



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE CIENCIAS**

**CARRERA DE INGENIERÍA EN BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL**

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

**Trabajo de Integración Curricular**

Tipo: Proyecto de Investigación

Presentado para optar al grado académico de:

**INGENIERA EN BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL**

**AUTORAS:**

**PAULINA ALEXANDRA ÁLVAREZ SALÁN**

**LISBETH ELIZABETH ANDRADE AVILA**

Riobamba - Ecuador

2021



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE CIENCIAS**

**CARRERA DE INGENIERÍA EN BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL**

**“EVALUACIÓN DE LA HUELLA HÍDRICA DE LA  
MICROCUCENCA DEL RÍO CEBADAS EN EL  
FORTALECIMIENTO DE SU GESTIÓN Y POLÍTICA  
COMUNITARIA”**

**Trabajo de Integración Curricular**

Tipo: Proyecto de Investigación

Presentado para optar al grado académico de:

**INGENIERA EN BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL**

**AUTORAS:** PAULINA ALEXANDRA ÁLVAREZ SALÁN

LISBETH ELIZABETH ANDRADE AVILA

**DIRECTORA:** Ing. SOFÍA CAROLINA GODOY PONCE MSc.

Riobamba - Ecuador

2021

**©2021, Paulina Alexandra Álvarez & Lisbeth Elizabeth Andrade Ávila**

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.

Nosotras, Paulina Alexandra Álvarez Salán y Lisbeth Elizabeth Andrade Ávila declaramos que el presente trabajo de integración curricular es de nuestra autoría y los resultados del mismo son auténticos.

Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autoras asumimos la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de integración curricular. El patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 26 de abril de 2021



**Paulina Álvarez Salán**  
**1803847225**



**Lisbeth Andrade Ávila**  
**1717406076**

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

El Tribunal del trabajo de integración curricular certifica que: el trabajo de integración curricular: Tipo Proyecto de Investigación. “**EVALUACIÓN DE LA HUELLA HÍDRICA DE LA MICROCUENCA DEL RÍO CEBADAS EN EL FORTALECIMIENTO DE SU GESTIÓN Y POLÍTICA COMUNITARIA**”, realizado por las señoritas **PAULINA ALEXANDRA ÁLVAREZ SALÁN** y **LISBETH ELIZABETH ANDRADE ÁVILA**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del trabajo de integración curricular, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal autoriza su presentación.

**FIRMA**

**FECHA**

Dr. Magdy Echeverria

**PRESIDENTE DEL TRIBUNAL**



Firmado electrónicamente por:

**MAGDY MILENI  
ECHEVERRIA  
GUADALUPE**

26 de abril de 2021

Ing. Sofia Godoy

**DIRECTORA DEL TRABAJO DE  
TITULACIÓN**



Firmado electrónicamente por:

**SOFIA  
CAROLINA  
GODOY  
PONCE**

26 de abril de 2021

Dr. Fausto Yaulema

**MIEMBRO DEL TRIBUNAL**



Firmado electrónicamente por:

**FAUSTO MANOLO  
YAULEMA  
GARCÉS**

26 de abril de 2021

## **DEDICATORIA**

Este trabajo dedico primeramente a Dios por ser mi guía y fortaleza en el transcurso de mi vida. A mi Abuelita Olivia por ser ejemplo de lucha, amor y ternura. A mis padres Paul Álvarez, Elena Salán por brindarme su apoyo incondicional, por creer en mí y darme las fuerzas necesarias para seguir adelante en momentos difíciles y sobre todo por el inmenso amor que han dado. A mi hermanita Emmy que desde su llegada ha sido mi motor y mi motivo de lucha. Se lo dedico al hombre que cambio mi vida desde el momento que lo conocí Leonardo por creer en mí y que, con su amor, apoyo incondicional y paciencia me ha ayudado a ser quien soy. A mis Tíos que siempre han estado pendientes con palabras de aliento y guiándome en cada momento de mi vida. A mis primos que me han apoyado siempre y que han sido parte de todo este proceso. A mi angelito, mi Ñaño Huguito que me enseñó el valor que tiene la vida, a disfrutar cada momento con los seres que amamos y a luchar por alcanzar nuestras metas a pesar de las adversidades que se presenten.

*Paulina*

Quiero dedicar este maravilloso logro a Dios, quien con su guía y bendición me supo encaminar a cumplir este gran sueño en mi vida. A mis luchadores y amorosos padres, el Sr. Hugo Andrade y la Sra. Elizabeth Ávila les entrego este triunfo con mi corazón lleno de algarabía. Gracias, padres amados por haberme ayudado a lo largo de todo este camino dándome sus sabios concejos, fuerza y sobre todo la mayor muestra de cariño que es el amor y la dedicación hacia sus hijos. Nunca tendré como pagarles todo lo me han dado más sin embargo quiero retribuirles en vida lo que han hecho por mí. A mi hermana quien ha sido la compañía idónea y por creer en mí durante todo este proceso de lucha y aprendizaje mis más sinceros agradecimientos por estar conmigo en cada momento. A toda mi familia gracias por ser partícipes de este triunfo.

*Lisbeth*

## **AGRADECIMIENTOS**

Nuestro sincero agradecimiento a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, por brindarnos la formación necesaria, una profesión y la oportunidad de servir a la sociedad y al país. A la Ing. Sofía Godoy tutora del trabajo, por su permanente asesoramiento, competencia, paciencia y apoyo durante el transcurso de la realización del trabajo de titulación y por la buena amistad establecida.

Al Ing Carlos Rosero por su apoyo y asesoramiento en el desarrollo del trabajo de titulación.

Un sincero agradecimiento por su colaboración y apoyo al Grupo de Investigación-Desarrollo para el Ambiente y Cambio Climático (GIDAC), dirigido por la Dra. Magdy Echeverria (directora), quienes son parte del Programa de investigación “Building a Resilient Future for the Andean Paramo Ecosystem of Ecuador”.

***Paulina & Lisbeth***

## TABLA DE CONTENIDOS

ÍNDICE DE TABLAS.....	X
ÍNDICE DE GRÁFICOS .....	XI
ÍNDICE DE ECUACIONES.....	XII
ÍNDICE DE ANEXOS.....	XIII
ABREVIATURAS.....	XIV
RESUMEN.....	XV
ABSTRACT.....	XVI
INTRODUCCIÓN.....	1

## CAPÍTULO I

<b>1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL.....</b>	<b>4</b>
<b>1.1. Antecedentes .....</b>	<b>4</b>
<b>1.2. Marco Conceptual .....</b>	<b>7</b>
<i>1.2.1. Cuenca Hidrográfica .....</i>	<i>7</i>
<i>1.2.2. Principales cuencas y subcuencas del Ecuador .....</i>	<i>7</i>
<i>1.2.3. Microcuencas como unidad hidrológica .....</i>	<i>9</i>
<i>1.2.4. Instituciones de Regulación.....</i>	<i>9</i>
<i>1.2.5. Mecanismos de evaluación de la huella hídrica en una cuenca .....</i>	<i>10</i>
<i>1.2.5.1. Normativas y mecanismos aplicables a nivel internacional y regional respecto a la evaluación de la huella hídrica .....</i>	<i>10</i>
<i>1.2.6. Componentes del análisis ciclo de vida.....</i>	<i>12</i>
<i>1.2.7. Fundamentos teóricos de la Huella Hídrica.....</i>	<i>13</i>
1.2.7.1. Evaluación de la Huella Hídrica .....	13
1.2.7.2. Componentes de la Huella Hídrica.....	14
<i>1.2.8. Gestión comunitaria y política pública para la evaluación de la Huella Hídrica.....</i>	<i>16</i>
<b>1.3. Marco Legal.....</b>	<b>17</b>
<i>1.3.1. Política pública para la gestión de recursos hídricos en el Ecuador .....</i>	<i>17</i>
1.3.1.1. Constitución De La República Del Ecuador .....	17
1.3.1.2. Código Orgánico De Organización Territorial, Autonomía Y Descentralización (COOTAD) .....	18
1.3.1.3. Ley Orgánica De Recursos Hídricos, Usos Y Aprovechamiento Del Agua .....	20
1.3.1.4. Código Orgánico Del Ambiente (COA).....	22
1.3.1.5. Código Orgánico Integral Penal (COIP) .....	22



<b>2.</b>	<b>METODOLOGÍA.....</b>	<b>24</b>
<b>2.1.</b>	<b>Fase I: Alcance de la Evaluación de la Huella Hídrica.....</b>	<b>24</b>
2.1.1.	<i>Recopilación de información.....</i>	24
2.1.2.	<i>Puntos de monitoreo.....</i>	25
2.1.3.	<i>Descripción de los puntos de muestreo.....</i>	25
2.1.3.1.	<i>Punto 1a.....</i>	25
2.1.3.2.	<i>Punto 2a.....</i>	25
2.1.3.3.	<i>Punto 3a.....</i>	25
2.1.4.	<i>Descripción de puntos de muestreo Agro climatológicos.....</i>	26
2.1.4.1.	<i>Punto 1b.....</i>	26
2.1.4.2.	<i>Punto 2b.....</i>	26
2.1.4.3.	<i>Punto 3b.....</i>	26
2.1.5.	<i>Parámetros Físicoquímicos.....</i>	26
<b>2.2.</b>	<b>Fase II: Cuantificación de la Huella Hídrica.....</b>	<b>27</b>
2.2.1.	<i>Huella Hídrica Verde.....</i>	27
2.2.1.1.	<i>Aplicación del Software CROPWAT 8.0.....</i>	27
2.2.1.2.	<i>Datos climáticos de la microcuenca.....</i>	27
2.2.1.3.	<i>Suelo.....</i>	28
2.2.1.4.	<i>Uso del suelo.....</i>	28
2.2.1.5.	<i>Huella Hídrica Verde Agrícola.....</i>	31
2.2.2.	<i>Huella Hídrica Azul.....</i>	32
2.2.2.1.	<i>Huella Hídrica Azul Agrícola.....</i>	32
2.2.2.2.	<i>Huella Hídrica Azul Pecuaria.....</i>	33
2.2.2.3.	<i>Huella Hídrica Azul Doméstica.....</i>	34
2.2.3.	<i>Huella Hídrica Gris.....</i>	34
2.2.3.1.	<i>Huella Hídrica Gris Agrícola.....</i>	34
2.2.3.2.	<i>Huella Hídrica Gris Pecuaria.....</i>	35
2.2.3.3.	<i>Huella Hídrica Gris Doméstica.....</i>	35
2.2.4.	<i>Cálculo de la Huella Hídrica total de la Microcuenca del río Cebadas.....</i>	36
<b>2.3.</b>	<b>Fase III: Análisis de la Sostenibilidad de la Huella Hídrica.....</b>	<b>36</b>
2.3.1.	<i>Sostenibilidad De La Huella Hídrica.....</i>	36
2.3.1.1.	<i>Sostenibilidad ambiental de la Huella Hídrica Azul.....</i>	37
2.3.1.2.	<i>Sostenibilidad ambiental de la Huella Hídrica Verde.....</i>	38
2.3.1.3.	<i>Sostenibilidad ambiental de la Huella Hídrica Gris.....</i>	39
2.3.2.	<i>Análisis de la Sostenibilidad Económica de la Huella Hídrica.....</i>	39
2.3.2.1.	<i>Sostenibilidad Económica de la Huella Hídrica en el Sector Agrícola.....</i>	39
2.3.2.2.	<i>Sostenibilidad Económica de la Huella Hídrica en el Sector Pecuario.....</i>	40

2.3.2.3.	<i>Sostenibilidad Económica de la Huella Hídrica en el Sector Doméstico.</i>	41
<b>2.4.</b>	<b>Sostenibilidad Social.</b>	<b>41</b>
<b>2.5.</b>	<b>Fase IV: Formulación de Estrategias de Respuesta para la Gestión de la Huella Hídrica.</b>	<b>41</b>
<b>3.</b>	<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN.</b>	<b>43</b>
<b>3.1.</b>	<b>Fase I: Alcance de la Evaluación de la Huella Hídrica.</b>	<b>43</b>
<b>3.1.1.</b>	<b>Descripción de los puntos de muestreo</b>	<b>43</b>
3.1.1.1.	<i>Punto 1a.</i>	43
3.1.1.2.	<i>Punto 2a.</i>	44
3.1.1.3.	<i>Punto 3a.</i>	44
<b>3.1.2.</b>	<b>Descripción de los puntos de muestreo agro climatológicos</b>	<b>44</b>
3.1.2.1.	<i>Punto 1b.</i>	44
3.1.2.2.	<i>Punto 2b.</i>	44
3.1.2.3.	<i>Punto 3b.</i>	44
<b>3.1.3.</b>	<b>Parámetros Fisicoquímicos</b>	<b>45</b>
3.1.3.1.	<i>pH</i>	45
3.1.3.2.	<i>Caudal</i>	46
3.1.3.3.	<i>Oxígeno Disuelto</i>	47
3.1.3.4.	<i>Nitratos</i>	48
3.1.3.5.	<i>Turbiedad.</i>	48
3.1.3.6.	<i>DBO<sub>5</sub>.</i>	48
<b>3.2.1.</b>	<b>Huella Hídrica Verde.</b>	<b>48</b>
3.2.1.1.	<i>Parámetros meteorológicos</i>	48
3.2.1.2.	<i>Requerimientos del Software.</i>	49
3.2.1.3.	<i>Huella Hídrica Verde Agrícola</i>	54
<b>3.2.2.</b>	<b>Huella Hídrica Azul.</b>	<b>55</b>
3.2.2.1.	<i>Sector Agrícola</i>	55
3.2.2.2.	<i>Sector Pecuario</i>	56
3.2.2.3.	<i>Sector Domestico</i>	56
<b>3.2.3.</b>	<b>Huella Hídrica Gris</b>	<b>57</b>
3.2.3.1.	<i>Sector Agrícola</i>	57
3.2.3.2.	<i>Sector Pecuario</i>	58
3.2.3.3.	<i>Sector Doméstico</i>	59
<b>3.2.4.</b>	<b>Huella Hídrica por Sectores</b>	<b>59</b>
<b>3.2.5.</b>	<b>Huella Hídrica Total por Colores</b>	<b>60</b>
<b>3.3.</b>	<b>Fase III: Análisis de la Sostenibilidad de la Huella Hídrica.</b>	<b>62</b>
<b>3.3.1.</b>	<b>Sostenibilidad Ambiental.</b>	<b>62</b>

3.3.1.1.	<i>Sostenibilidad Ambiental de la huella Hídrica Verde.</i>	62
3.3.1.2.	<i>Sostenibilidad Ambiental de la huella Hídrica Azul.</i>	62
3.3.1.3.	<i>Sostenibilidad Ambiental de la huella Hídrica Gris.</i>	63
3.3.1.4.	<i>Sostenibilidad Ambiental de la Huella Hídrica Verde, Azul y Gris.</i>	63
<b>3.3.2.</b>	<b><i>Sostenibilidad Económica de la Huella Hídrica.</i></b>	<b>64</b>
3.3.2.1.	<i>Sostenibilidad Económica de la Huella Hídrica Sector Agrícola.</i>	64
3.3.2.2.	<i>Sostenibilidad Económica de la Huella Hídrica Sector Pecuario.</i>	66
3.3.2.3.	<i>Sostenibilidad Económica de la Huella Hídrica Sector Doméstico.</i>	67
3.3.2.4.	<i>Sostenibilidad Económica total de la Huella Hídrica.</i>	67
<b>3.3.3.</b>	<b><i>Sostenibilidad Social de la Huella Hídrica.</i></b>	<b>68</b>
<b>3.4.</b>	<b>Fase IV: Formulación de Estrategias de Respuesta para la Gestión de la Huella Hídrica.</b>	<b>69</b>
	<b>CONCLUSIONES.</b>	<b>76</b>
	<b>RECOMENDACIONES.</b>	<b>77</b>
	<b>BIBLIOGRAFÍA.</b>	<b>78</b>
	<b>ANEXOS.</b>	<b>88</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1-1:</b> Principales cuencas hidrográficas del Ecuador.....	8
<b>Tabla 2-2:</b> Parámetros Físicoquímicos .....	26
<b>Tabla 3-2:</b> Parámetros climáticos de la microcuenca .....	28
<b>Tabla 4-2:</b> Variables edáficas .....	28
<b>Tabla 5-2:</b> Variable de cultivo.....	29
<b>Tabla 6-3:</b> Puntos de monitoreo de calidad del agua de la Microcuenca del Rio Cebadas. ....	43
<b>Tabla 7-3:</b> Puntos de monitoreo agro climatológicos de la Microcuenca del Rio Cebadas.....	43
<b>Tabla 8-3:</b> Parámetros de muestreo .....	45
<b>Tabla 9-3:</b> Parámetros de muestreo físicoquímicos.....	47
<b>Tabla 10-3:</b> Variables meteorológicas.....	49
<b>Tabla 11-3:</b> Variables climatológicas.....	50
<b>Tabla 12-3:</b> Datos de precipitación .....	50
<b>Tabla 13-3:</b> Kc de los cultivos.....	51
<b>Tabla 14-3:</b> Valores de profundidad radicular y altura de los cultivos .....	51
<b>Tabla 15-3:</b> Fecha de siembra y cosecha de los cultivos .....	52
<b>Tabla 16-3:</b> Etapas de crecimiento .....	52
<b>Tabla 17-3:</b> Fracción de agotamiento para cada cultivo .....	53
<b>Tabla 18-3:</b> Factor de respuesta de rendimiento de los cultivos .....	53
<b>Tabla 19-3:</b> Huella hídrica por sector.....	59
<b>Tabla 20-3:</b> Huella hídrica total por color .....	60
<b>Tabla 21-3:</b> Sostenibilidad de la Huella Hídrica Verde .....	62
<b>Tabla 22-3:</b> Sostenibilidad de la Huella Hídrica Azul .....	62
<b>Tabla 23-3:</b> Sostenibilidad de la Huella Hídrica Gris .....	63
<b>Tabla 24-3:</b> Productividad aparente del agua del sector agrícola.....	64
<b>Tabla 25-3:</b> Productividad aparente de la tierra del sector agrícola .....	65
<b>Tabla 26-3:</b> Productividad aparente del sector pecuario.....	66
<b>Tabla 27-3:</b> Productividad aparente del sector doméstico. ....	67
<b>Tabla 28-3:</b> Estrategias para la gestión y política comunitaria para el sector Agrícola.....	69
<b>Tabla 29-3:</b> Estrategias para la gestión y política comunitaria para el sector Pecuario.....	71
<b>Tabla 30-3:</b> Estrategias para la gestión y política comunitaria para el sector Doméstico. ....	73

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 1-1:</b> Fases de la evaluación de la huella hídrica.....	14
<b>Gráfico 2-3:</b> Datos de pH.....	45
<b>Gráfico 3-3:</b> Datos de caudal.....	46
<b>Gráfico 4-3:</b> Datos de caudal.....	47
<b>Gráfico 5-3:</b> Huella Hídrica Verde Agrícola .....	54
<b>Gráfico 6-3:</b> Huella Hídrica Azul Agrícola .....	55
<b>Gráfico 7-3:</b> Huella Hídrica Azul Pecuaria .....	56
<b>Gráfico 8-3:</b> Huella Hídrica Azul Doméstica .....	56
<b>Gráfico 9-3:</b> Huella Hídrica Gris Agrícola .....	57
<b>Gráfico 10-3:</b> Huella Hídrica Gris Pecuaria .....	58
<b>Gráfico 11-3:</b> Huella Hídrica Gris Doméstica .....	59
<b>Gráfico 12-3:</b> Huella Hídrica por sector .....	60
<b>Gráfico 13-3:</b> Huella Hídrica total por color .....	61
<b>Gráfico 14-3:</b> Huella Hídrica total por color en porcentajes.....	61
<b>Gráfico 15-3:</b> Sostenibilidad ambiental de la huella hídrica verde, azul y gris.....	63
<b>Gráfico 16-3:</b> Productividad aparente del agua del sector agrícola.....	65
<b>Gráfico 17-3:</b> Productividad aparente de la tierra en el sector agrícola .....	66
<b>Gráfico 18-3:</b> Sostenibilidad económica total .....	67

## ÍNDICE DE ECUACIONES

<i>Ecuación 1-2: Evapotranspiración</i> .....	30
<i>Ecuación 2-2: Radiación Solar Incidente</i> .....	31
<i>Ecuación 3-2: Evapotranspiración del Componente Verde</i> .....	31
<i>Ecuación 4-2: Huella Hídrica Verde del Sector Agrícola</i> .....	32
<i>Ecuación 5-2: Evapotranspiración del Componente Azul</i> .....	32
<i>Ecuación 6-2: Irrigación Efectiva</i> .....	33
<i>Ecuación 7-2: Huella Hídrica Azul Sector Agrícola</i> .....	33
<i>Ecuación 8-2: Huella Hídrica Azul Sector Pecuario</i> .....	33
<i>Ecuación 9-2: Huella Hídrica Azul Sector Doméstico</i> .....	34
<i>Ecuación 10-2: Huella Hídrica Gris Sector Agrícola</i> .....	34
<i>Ecuación 11-2: Huella Hídrica Gris Sector Pecuario</i> .....	35
<i>Ecuación 12-2: Huella Hídrica Gris Sector Doméstico</i> .....	36
<i>Ecuación 13-2: Huella Hídrica Total</i> .....	36
<i>Ecuación 14-2: Disponibilidad Ambiental de Agua Azul</i> .....	37
<i>Ecuación 15-2: Escasez de Agua Azul</i> .....	37
<i>Ecuación 16-2: Disponibilidad Ambiental de Agua Verde</i> .....	38
<i>Ecuación 17-2: Escasez de Agua Verde</i> .....	38
<i>Ecuación 18-2: Índice de Contaminación del Agua</i> .....	39
<i>Ecuación 19-2: Productividad Aparente del Agua Azul del Sector Agrícola</i> .....	40
<i>Ecuación 20-2: Productividad Aparente de la Tierra</i> .....	40
<i>Ecuación 21-2: Productividad Aparente del Agua Azul Pecuaria</i> .....	40
<i>Ecuación 22-2: Productividad Aparente de Agua Azul del Sector Doméstico</i> .....	41

## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>ANEXO A:</b> Tramos del Rio Cebadas .....	88
<b>ANEXO B:</b> Pastoreo cercano al rio .....	91
<b>ANEXO C:</b> Cultivos captados en la parroquia .....	92
<b>ANEXO D:</b> Nacimiento del Rio Cebadas.....	93
<b>ANEXO E:</b> Estación hidrológica CEBADAS AJ GUAMOTE .....	95
<b>ANEXO F:</b> Entrega oficial de las estrategias de respuesta a favor de la comunidad al GAD PARROQUIAL DE CEBADAS. ....	96
<b>ANEXO G:</b> Solicitud de autorización para el desarrollo del trabajo de titulación al GAD PARROQUIAL DE CEBADAS. ....	97
<b>ANEXO H:</b> Oficio de entrega de formulación de Estrategias al Gobierno Autónomo .....	98
<b>ANEXO I:</b> Correos de Entrega de la Formulación de Estrategias al GAD PARROQUIAL DE CEBDAS.....	99
<b>ANEXO J:</b> Software Power Nasa.....	100
<b>ANEXO K:</b> Software CROPWAT 8.0 .....	102

## ÍNDICE DE ABREVIATURAS

<b>PPNA</b>	Política Pública Nacional del Agua
<b>WFN</b>	Water Footprint Network
<b>IICA</b>	Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura
<b>HHV</b>	Huella Hídrica Verde
<b>DAV</b>	Disponibilidad de Agua Verde
<b>HH</b>	Huella Hídrica
<b>HHA</b>	Huella Hídrica Azul
<b>HHG</b>	Huella Hídrica Gris
<b>PROMAREN</b>	Proyecto: Manejo de Recursos Naturales
<b>GAD</b>	Gobierno Autónomo Descentralizado
<b>GIRH</b>	Gestión Integrada de los Recursos Hídricos
<b>ACV</b>	Análisis del Ciclo de Vida
<b>ISO</b>	Organización Internacional de Normalización
<b>FAO</b>	Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura
<b>COA</b>	Código Orgánico del Ambiente
<b>COOTAD</b>	Código Orgánico De Organización Territorial, Autonomía Y Descentralización
<b>COIP</b>	Código Orgánico Integral Penal
<b>MAG</b>	Ministerio de Agricultura y Ganadería
<b>INIAP</b>	Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias
<b>PDYOT</b>	Plan de desarrollo y Ordenamiento y Territorial
<b>THC</b>	Plan de Manejo y Cogestión del Territorio Hídrico de Cebadas
<b>INAMHI</b>	Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología
<b>NASA</b>	Administración Nacional de Aeronáutica y el Espacio
<b>GMAO</b>	Oficina de Modelado y Asimilación Global del Goddard
<b>TULSMA</b>	Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente
<b>NCA</b>	Índice de Contaminación del Agua



## RESUMEN

El proyecto de investigación tuvo como objetivo evaluar la Huella Hídrica de la microcuenca del río Cebadas, enmarcado en el fortalecimiento de su gestión y política comunitaria como instrumento de gestión para la valoración de la cantidad de agua requerida en cualquier bien o servicio. La evaluación se basó en cuatro fases y tres indicadores de huella por colores (verde, azul y gris) propuestos por la Guía Metodológica para la Evaluación de la Huella Hídrica en una Cuenca Hidrográfica (IICA). Además, se seleccionaron tres zonas de la microcuenca para obtener información meteorológica mediante el Software Power Nasa y parámetros fisicoquímicos procedentes de información bibliográfica. Para cuantificar la huella hídrica se emplearon también los Software Croptwat 8.0 y Climwat 2.0, programas que permitieron obtener información para el cálculo. Los valores que determinaron el uso y consumo del agua a través de este indicador fueron: para la Huella Hídrica verde un valor de 126.513,42 (m<sup>3</sup>/año), Huella Hídrica gris un valor de 3'510.671,26 (m<sup>3</sup>/año) y finalmente una huella Hídrica azul con 4'793.238,41(m<sup>3</sup>/año); esta evaluación determinó que en la microcuenca del río Cebadas predomina la huella azul con un 57%, lo cual expresa que la cantidad de agua utilizada por cada sector es mayor en comparación a las otras huellas. A partir de esta cuantificación se obtuvo como resultado que la microcuenca es sostenible en cuanto al manejo, uso y disponibilidad del agua. Partiendo de este análisis se recomienda al Gobierno Autónomo Descentralizado de la Parroquia de Cebadas, la ejecución de las estrategias de gestión propuestas del recurso hídrico, desechos y del suelo que permitan aprovechar el estado actual de la microcuenca de manera sostenible para la mejora de la calidad de vida de los habitantes y del ambiente.

**Palabras clave:** <BIOTECNOLOGÍA>, <HUELLA HÍDRICA>, <SOSTENIBILIDAD>, <MICROCUCENCA>, <RECURSO HÍDRICO>, <CONSUMO>.



Firmado electrónicamente por:

**ELIZABETH  
FERNANDA AREVALO  
MEDINA**



1092-DBRAI-UPT-2021

## SUMMARY/ABSTRACT

The purpose of the research project was to evaluate the Water Footprint of Cebadas river micro water shed, the one which is framed in its management strengthening as well as the communitarian policy as a management instrument to evaluate the amount of water required in any good or service. The evaluation was based on four stages and three footprint indicators determined by colors (green, blue and gray), these are proposed by the Methodological Guide for the Water Footprint Evaluation in a Hydrographic Basin (IICA). In addition, three areas of the watershed were selected to obtain meteorological information using Power Nasa Software and physicochemical parameters obtained from bibliographic information. In order to quantify the water footprint, Croptwat 8.0 and Climwat 2.0 Software were used, these allowed obtaining information for its further calculation. The values determining the use and consumption of water through this indicator were: the green Water Footprint reflected a value of 126,513.42 (m<sup>3</sup> / year), the gray Water Footprint 3'510,671.26 (m<sup>3</sup> / year) and the blue water footprint 4,793,238.41 (m<sup>3</sup> / year); This evaluation determined that the predominant Water Footprint in Cebadas river micro water shed is the blue one with 57%, it means that the amount of water used by each sector is higher compared with the other footprints. From this quantification, it was established that that the micro water shed is sustainable in terms of water management, use and availability. Based on this analysis, it is recommended for the Decentralized Autonomous Government of Cebadas Parish, to carry out the water resource, waste and soil management strategies to take advantage of the micro watershed current status in a sustainable way in order to improve the quality of life of the inhabitants and environment as well.

**Keywords:** <BIOTECHNOLOGY>, <WATER FOOTPRINT>, <SUSTAINABILITY>, <MICRO WATERSHED>, <WATER RESOURCE>, <CONSUMPTION>.

## INTRODUCCIÓN

Ecuador es un país en vías de desarrollo que cuenta con un enorme potencial rico en recursos naturales. El agua es uno de sus recursos con mayor potencial en todo el territorio. El Callejón Interandino que cruza de norte a sur al país funciona como divisoria de aguas de las dos cuencas vertientes: la vertiente Amazónica con siete sistemas hidrográficos y la vertiente del Pacífico con 24 sistemas hidrográficos abarcando 80 cuencas hidrográficas a nivel del país.

En la región interandina se encuentran las cuencas altas y de montaña asentándose en esta el 50% de la población del país. Estas cuencas son de vital importancia ya que son fuentes de nacientes de agua, yacimientos minerales aportando de manera sustancial en el desarrollo de cultivos agropecuarios (Mirassou, 2013, párr.10).

El agua es un recurso necesario para el desarrollo de la vida y el aumento de la productividad. Se lo considera un patrimonio natural y estratégico, por esta razón la Política Pública Nacional del Agua (PPNA) menciona dentro de sus objetivos; “El garantizar progresivamente el acceso al agua, segura y permanente para consumo humano, así como el suministro de agua para riego que asegure la soberanía alimentaria, caudal ecológico y actividades productivas; recuperar, conservar, proteger y gestionar de manera sostenible los ecosistemas generadores de agua” (Ministerio del Ambiente, 2016, párr.3).

Una de las principales amenazas a los sistemas hídricos está relacionada con el crecimiento indiscriminado de la frontera agrícola que ha excedido el límite de los 3.500 msnm hasta los 3.800 msnm por la falta de conocimiento y aplicación de las normativas en donde mencionan no superar la frontera de uso del suelo en cuanto a la altitud, la sobre explotación de la biodiversidad, el aumento excesivo de habitantes, pobreza, falta de educación ambiental y a las actividades ganaderas en general que son llevadas a cabo en las riberas de las fuentes hídricas y sus cauces naturales (Bravo, 2015, párr.2). Generando y ocasionando la modificación de los valores de calidad naturales del agua, incluso produciendo un elevado riesgo de contaminación. Además, el suelo también se puede ver afectado por la compactación de sus horizontes más próximos lo que disminuye su capacidad de retención. Razón por la cual, es necesario analizar del uso y consumo del recurso agua a través del análisis de huella hídrica, para verificar la afectación que puede estar sufriendo (Hofstede Segarra y Mena Vásquez, 2003, p.10).

La huella hídrica tiene como finalidad registrar los impactos que genera el ser humano directa o indirectamente, así como también su incidencia y contaminación a los recursos hídricos. Permitiendo analizar el volumen total de agua consumida por cada actividad y a su vez identificar la importancia de los cuerpos de agua (Alemán, 2015, p.15).

La huella hídrica se encuentra definida por un código cromático donde se emplean tres colores para la diferenciación del uso consuntivo que se le da al agua, los que permiten complementar significativamente la visión tradicional de la contabilidad del manejo del recurso hídrico,

aportando con información relevante que facilitaría que la gestión del recurso hídrico sea eficiente (Zárate Torres, Fernández Poulussen y Kuiper, 2017, p.9).

La importancia de la evaluación de huella hídrica para la microcuenca del Río Cebadas se sustenta en la identificación de los usos y abastecimientos generales de las fuentes hídricas presentes en la microcuenca. Diversas actividades agrícolas, ganaderas y de consumo humano, a través de factores como la escasez, la participación en políticas locales y nacionales, la contaminación del agua a su vez también mejora la gestión de la producción del recurso permitiendo establecer políticas y acciones concretas para preservar agua en el sector que presente mayor necesidad del recurso (Water Footprint Network, 2015, p.14).

Para el desarrollo del análisis de la huella hídrica, se consideraron los datos pertenecientes a la microcuenca del río Cebadas ubicada en la parte central del callejón interandino, a 35 Km de la ciudad de Riobamba, abarcando la parroquia un territorio de 570.78 km<sup>2</sup>. La microcuenca del río Cebadas cubre un área de 410,36 km<sup>2</sup>, superficie que territorialmente se encuentra dentro de la parroquia Rural. La red hídrica de Cebadas tiene procedencia en los cuerpos de agua que alimentan las lagunas de Atillo, vertientes y drenajes que provienen del sector oriental de la parroquia Cebadas; en el tramo de Tiug (vía a Macas) se unen los ríos Atillo y Ozogoché para dar origen al río Cebadas (Bonilla et al., 2014, p.16).

En su recorrido el caudal se incrementa por los ríos Macalete, Tingo, Pancún e Ichubamba; al llegar al sector de Ceceles, los ríos Cebadas y Guamote se unen y da origen al Río Chambo, del cual 1,5 km hacia abajo se encuentra la toma del canal de Riego Chambo Guano (Equipo Técnico del Gobierno Autónomo Descentralizado de Cebadas, 2015, párr.8).

Los principales ríos que aportan a la microcuenca del Río Cebadas y que suman 19,5 m<sup>3</sup>/seg son: el río Yasipan con el mayor aporte hídrico (5,0 m<sup>3</sup>/seg), y el río Guarguallá (3,5 m<sup>3</sup>/seg). El río Chilcayacu que aporta con una menor cantidad de caudal (1,5 m<sup>3</sup>/seg). Caudal que excede ampliamente el valor de demanda hídrica de la parroquia, quienes requieren de un caudal de 28,5 l/seg de dotación de agua para el consumo humano (Bonilla et al., 2014, p.16).

## **OBJETIVOS**

### **General**

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

### **Específicos**

- Contabilizar la huella hídrica en la microcuenca del río Cebadas.
- Evaluar el impacto de la huella hídrica en la microcuenca del río Cebadas.
- Formular estrategias para la gestión y política comunitaria en respuesta a la Huella Hídrica.

## CAPÍTULO I

### 1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

#### 1.1. Antecedentes

El análisis de la huella hídrica es una herramienta que permite determinar el uso directo e indirecto del agua, además de su uso para las distintas actividades y la cantidad de agua disponible, aplicable a una persona, a un producto o a un país que busca alternativas para que el recurso agua se conserve en un estado tolerable dentro de los límites máximos permisibles (Martínez, Marco 2013, párr.5).

En el año 2002 se introdujo por primera vez el término de huella hídrica por Arjen Hoekstra difundido de la mano por la organización Water Footprint Network (WFN). Los estudios realizados en Ecuador que buscan analizar la sostenibilidad del cuerpo de agua son escasos de los que se mencionan:

En el año 2012 Solange Isabel Pérez Arcos, realizó una investigación en la que analizó la huella hídrica y el agua virtual dentro de la producción agrícola en el Ecuador. En el estudio se determinó el impacto en la huella y el agua virtual mediante la selección de 12 cultivos presentes en el Ecuador, así como también de exportación, durante la investigación se utilizaron metodologías existentes como Hoekstra 2008 y el modelo CROPWAT 8.0 obteniendo resultados que intervienen directamente en la determinación como son clima, cantidad de riego, ciclo de cultivo etc. (Vallejo Guerrero y Cartagena Aguayo, 2019, p.4).

En el 2013 Erika Zarate & Derk Kuiper, determinaron que el valor promedio para una muestra de banano de productores ecuatorianos en relación con la huella hídrica fue de 576 m<sup>3</sup>/t (48% verde, 34% azul y 18% gris). En este estudio se utilizaron metodologías de evaluación propuesta por la Red Internacional del indicador ambiental en las que se tomaron como comparación producciones tanto de banano ecuatoriano como de Perú. En relación con el porcentaje de huella gris encontrado se debe a la presencia de Nitrógeno por procesos de lixiviación debido a prácticas convencionales (Zarate y Kuiper, 2013, p.25).

Otros estudios a nivel Regional realizados son:

En 2018 Berrones Jenny & Moreta Jorge determinaron la huella hídrica de la microcuenca del río Chimborazo, en la investigación se obtuvo una Huella Hídrica Verde de 453205.58 m<sup>3</sup>, 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. Concluyendo así que la microcuenca del Río Chimborazo si presenta sostenibilidad en relación con el consumo y disponibilidad en torno a la población de estudio.

En 2019 Jessica Chacha & Denisse Costa realizaron la evaluación de la huella hídrica de la microcuenca del río blanco en la provincia de Chimborazo, identificando que su distribución total es de: 41% para la verde, 47% la azul y 10% la gris. Presentando un valor alto de la Huella Hídrica Azul, debido a las grandes hectáreas de cultivos que necesitan agua de riego. Además, el análisis de sostenibilidad demostró que, si existe sostenibilidad, ya sea para consumo, disponibilidad y capacidad de depuración (Chacha y Costa, 2019, p.2).

En 2020 Lala Henry & Fernández María analizaron la sostenibilidad mediante la huella hídrica de la microcuenca del Río Pita partiendo de la metodología referencial propuesta por Arjen Hoekstra y difundida en el manual Water Footprint Network en la cual se obtuvo como resultado 20.4 millones de m<sup>3</sup> de huella azul, 36.1 millones de m<sup>3</sup> de huella verde y 45.8 millones de m<sup>3</sup> de huella gris, siendo los mayores aportantes en forma general los sectores doméstico, pecuario y agrícola. Concluyendo que la microcuenca del río Pita sí presenta sostenibilidad (Lala y Fernández, 2020, párr.1).

A nivel de Latinoamérica los estudios son los siguientes:

En 2013 Diego Arévalo Uribe realizó la evaluación de la huella hídrica en cuencas hidrográficas. Esta experiencia piloto en Latinoamérica fue de aporte en el proyecto euro clima. La investigación se realizó mediante la metodología establecida por el International Congress and Convention Association (IICA) en los cuales se seleccionaron cinco cuencas de países latinoamericanos, las selecciones de las cuencas se basaron en características sociales, económicas y naturales, fueran relevantes para que se implementara la evaluación del presente estudio y se lograra analizar la pertinencia de la aplicación de este indicador. Las cuencas incluidas dentro del estudio fueron: Cuenca del río Yaqui (México), Cuenca del río Polochic (Guatemala) Cuenca del río Reventazón (Costa Rica) Cuenca del río Mantaro (Perú), Cuenca del río Cachapoal (Chile) (Cascante, Moreira y Castro, 2017, p.14).

En 2014 Campuzano, Gonzáles, Guzmán & Rodríguez realizaron la evaluación de la huella hídrica multisectorial en la cuenca del Río Porce, Colombia, la metodología aplicada fue la descrita por Hoekstra et al., 2011. Los resultados de los análisis mostraron una huella hídrica azul a nivel nacional de 9.956,8 millones de m<sup>3</sup>/año (el sector agropecuario representa el 70,1%) y una disponibilidad de 1.126.905,0 millones de m<sup>3</sup>/año de agua azul, determinando así que poseen la suficiente cantidad de agua para abastecer las necesidades de los sectores. En relación con la huella hídrica verde su valor asciende a 300.453,0 millones de m<sup>3</sup> de agua, las actividades pecuarias asociadas a la ganadería extensiva representan el 81,7% de la Huella Hídrica Verde (HHV) y una disponibilidad de agua verde (DAV) estimada en 1.221.345,9 millones de m<sup>3</sup> de agua (Campuzano et al., 2015, p.14).

En el 2016 Amórtégui, Vega y & Guerrero determinaron a la huella hídrica como una herramienta de vital importancia para la gestión del recurso hídrico ya que al unirse con otros indicadores se transforma en un excelente instrumento integral de los posibles impactos que puede generar la

población al ecosistema y ambiente. Como elemento que favorece la gestión aporta a la toma de decisiones en el desarrollo de nuevas alternativas en la toma de decisiones para la gestión y política comunitaria siendo de gran ayuda en el cumplimiento de las necesidades actuales y futuras. En el 2016 se realizó una investigación en las provincias del centro y noreste de Argentina con el objetivo de estimar la Huella Hídrica (HH) verde y azul del maíz bajo tres condiciones (secano, riego y riego y fertilidad edáfica óptimos), en el estudio se utilizó el modelo de AquaCrop. Los resultados determinaron que las prácticas de riego y fertilización reducen la HH debido al incremento de la eficiencia; que la huella hídrica verde representa el 92% y que la huella hídrica calculada en secano alcanza un valor medio de 803 L/Kg. Concluyendo que esta información es de suma importancia para los productores en el sentido de mejorar el aprovechamiento del recurso hídrico y así poder diseñar políticas acordes a las necesidades de las comunidades y el ambiente (Álvarez, Morábito y Schilardi, 2016, párr.6).

En el 2018 se realizó la investigación de evaluación de huella en la cuenca del Combeima (Colombia) partiendo del análisis individual de cada una proveniente de fuentes superficiales. Los principales resultados indican que la Huella Azul (HA), se encuentra en una situación límite en términos de competencia por agua superficial y la Huella Gris (HG) indica que el Nivel de Contaminación del Agua sobrepasa la capacidad de asimilación del recurso hídrico, siendo el sector terciario, el que aporta más del 75% del recurso captado y cerca del 99% del recurso vertido en la cuenca del Combeima (Varón, 2018, p.19).

A nivel de Europa:

En el 2011 G Salmoral; A Dumont; M. Aldaya; R. Rodríguez; A. Garrido con el fin de mejorar la asignación y utilización del recurso hídrico realizaron la evaluación de la Huella Hídrica extendida de la cuenca del Guadalquivir, Sevilla España diferenciando entre agua verde y azul. Por otra parte, también introdujeron indicadores económicos para determinar el consumo de agua. Concluyendo que 36 % de las precipitaciones, con la mayoría asociada a la huella verde de la agricultura, con 144 mm (27 % de las precipitaciones). Y en la cuenca de del Guadalquivir la actividad agrícola fue la parte que más consume agua azul y verde. Así el manejo de recursos hídricos se vuelve de suma importancia para la conservación del ecosistema y el desarrollo sustentable de la agricultura (Samoral et al., 2011, p. 31-35).

En el 2013 Alfredo Tolón, Bolívar Lastra & José Fernández realizaron un estudio de huella hídrica y sostenibilidad en diferentes clases de alimentos tales como tomate, pimiento, pepino, calabacín, sandía, melón berenjena y judía verde en Almería, España. Para su determinación utilizaron la metodología propuesta por Champagain y Hoekstra (2004), concluyendo así que a pesar de que el consumo de agua en esa región sea intensivo, existe la presencia de agua virtual exportada lo que genera que los valores sean muy pequeños justificados mediante la alta eficiencia hídrica que existe en el lugar y aportes económicos sustanciales



## **1.2. Marco Conceptual**

### ***1.2.1. Cuenca Hidrográfica***

Una cuenca hidrográfica es un área formada por aguas subterráneas y superficiales que abastecen a gran parte de la población como fuente principal de ciertas actividades. Su formación es de vital importancia en todos los procesos ecosistémicos, aportando el desarrollo de sistemas hidrológicos completos y eficientes necesarios en el uso sostenible y sustentable del recurso hídrico. Tal como lo describe (Maas, 2005, párr.7), una cuenca es una especie de embudo natural, en donde los bordes de las montañas son los vértices y la boca es la salida del río. Su tamaño varía de acuerdo con su origen, las hay de grandes extensiones y también pequeñas proporciones con cierto volumen (Gaspari et al., 2013, p.48).

La cuenca hidrográfica es un espacio donde se generan cambios físicos, biológicos en conjunto con diversos factores que proporcionan sostenibilidad ecológica a nivel económico, social y cultural. Varios autores uno de ellos Dourojeanni, consideran que una cuenca hidrográfica es una zona en la cual se lleva un nicho idóneo en ciertas actividades biológicas de planeación conjunta entre los recursos naturales (Castro y Salas, 2014, p.212).

Una cuenca es unidad física con límites establecidos que pueden dividirse en subcuencas delimitada por una línea divisoria llamada parteaguas que marca el camino hacia donde escurrirá el agua (Gámez, 2010, p.57).

En función de la dinámica hidrológica se pueden reconocer tres zonas funcionales distintas al interior de una cuenca (Cotler et al., 2013, p.10):

- La zona de captación, de cabecera o cuenca alta. – en este sector se producen los primeros escurrimientos según su capacidad, luego que los suelos han impregnado y retenido toda el agua.
- La zona de almacenamiento, de transición o cuenca media. – en esta zona el río principal mantiene su trayecto, se presenta transformaciones entre la cuenca alta y la cuenca baja.
- La zona de descarga, de emisión o cuenca baja. – es el lugar donde el río principal afluye en el mar siendo alimentado por diversos cauces, siendo de gran importancia en la generación de espacios como humedales terrestres y costeros.

### ***1.2.2. Principales cuencas y subcuencas del Ecuador***

La división de cuencas hidrográficas en el Ecuador según su extensión y límites definitivos tiene un área de 256.370 Km<sup>2</sup>, el territorio está establecido por 72 cuencas, que contienen sus vertientes en donde su desemboque es el Amazonas con un área total de 131.726 Km<sup>2</sup>; 7 cuencas hidrográficas en donde sus vertientes afluyen en el Pacífico con un área total de 123.216 Km<sup>2</sup>. El

Ecuador cuenta con un total de 79 cuencas hidrográficas que recorren todo su territorio (Jurado et al., 2009, p.29). Las principales cuencas del hidrográficas del Ecuador son las mencionadas a continuación (Muñoz, Macías y García, 2014, p.34):

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

N.º	Nombre	Ubicación Política	Extensión	Vertiente
1	Catamayo - Chira	Limita: Norte: Cuenca del río Puyango, Sur: Las cuencas de los ríos Piura y Huancabamba, Este: Las cuencas de Zamora y Chinchipe (Ecuador) Oeste: Océano Pacífico.	7178 km <sup>2</sup>	Pacífico
2	Santiago	Limita: Norte: Cantón Limón Indaza, Sur: Cantón Gualaquiza, Este: República del Perú Oeste: Cantón Gualaceo.	24.957,37 km <sup>2</sup>	Amazonas
3	Jubones	Está ubicada al sur occidente del Ecuador, abarca las provincias del Azuay, El Oro y Loja, gran parte de su territorio se encuentra en la provincia del Azuay.	4.361,27 km <sup>2</sup>	Pacífico
4	Pastaza	Está situada totalmente dentro de la zona del Llano Amazónico en la provincia del mismo nombre.	23.184,27 km <sup>2</sup>	Amazonas
5	Tigre	El río Tigre se forma de la confluencia de los ríos Cunambo y Pintoyacu que tienen sus nacientes en los andes de la república del Ecuador.	9149 km <sup>2</sup>	
6	Paute	Se localiza en la región centro sur del Ecuador, en las provincias Azuay, Cañar.	5.186 km <sup>2</sup>	
7	Mira	La cuenca binacional se encuentra cubriendo las provincias de Carchi e Imbabura.	6.555,09 km <sup>2</sup>	Pacífico
8	Guayas	Limita: Norte: una estribación de la misma cordillera que se extiende hacia el Oeste y que separa la vertiente del Guayas, que desemboca hacia el Sur. Este: la línea divisoria de aguas de la Cordillera Occidental de los Andes.	40.000 km <sup>2</sup>	Pacífico
9	Esmeraldas	Baña la provincia de Esmeraldas.	19.680 km <sup>2</sup>	Pacífico
10	Cañar	Se ubica en las provincias de Cañar y Guayas.	2.454,93 km <sup>2</sup>	Pacífico
11	Putumayo	Se localiza en la parte norte y nororiente de la provincia de Sucumbíos y geopolíticamente forma parte de una cuenca binacional. En la parte nororiental, el cauce del río Putumayo marca el límite con Colombia.	160.500 km <sup>2</sup>	Amazonas
12	Napo	Su curso medio ocupa la parte sur de la provincia en el límite actual con la provincia de Orellana.	59.581,79 km <sup>2</sup>	Amazonas
13	Puyango	La cuenca del río Puyango Tumbes se ubica en las provincias de El Oro y Loja en la República del Ecuador y en el departamento de Tumbes en la República del Perú.	4,800 km <sup>2</sup>	Pacífico
14	Chone	La cuenca del río Chone se encuentra ubicada en la provincia de Manabí.	2.697,67 km <sup>2</sup>	Pacífico
15	Cojimíes	Limita: Norte: la provincia de Esmeraldas. Sur: el cantón Sucre. Este: el cantón Chone. Oeste: el Océano Pacífico.	813,70 km <sup>2</sup>	Pacífico
16	Portoviejo	La cuenca del Río Portoviejo, localizada en la región central de la provincia de Manabí, ocupa de manera total o parcial cuatro cantones.	2.133,83 km <sup>2</sup>	Pacífico
17	Carchi	Se encuentra bañando la provincia de Carchi.	368,74 km <sup>2</sup>	Pacífico
18	Zarumilla	Se encuentra ubicado como límite con la República de Perú.	809,87km <sup>2</sup>	Pacífico
19	Morona	Se encuentra ubicada en la parte centro oriental del país, en la provincia que lleva su nombre.	6.589,55km <sup>2</sup>	Amazonas

20	Cayapas	Tiene su origen fuera de la reserva cayapas y recorre un tramo de 344 Km. por el suroeste de la reserva, que representa el 4.5% del área total de la cuenca.	6.343,29 km <sup>2</sup>	Pacífico
21	El Ángel	La Cuenca se encuentra ubicada en la Provincia de Carchi, específicamente, dentro de los límites de los Cantones Espejo, Mira y Bolívar; en el Norte de la Sierra Andina del Ecuador.	291.2 km <sup>2</sup>	Amazonas

Fuente: Adaptado del: Informe Final De Caracterización Hidrológica (Muñoz, Macías y García 2014).

Realizado por: (Álvarez, P; Andrade, L. 2020).

### **1.2.3. Microcuencas como unidad hidrológica**

Una microcuenca es un área delimitada en la que se dinamiza la mayoría de las actividades agrícolas y agropecuarias esenciales para interrelación e interdependencia económica, sociocultural y ambiental. Es una zona de suma importancia ya que interactúan ecosistemas tanto acuáticos como terrestres indispensables para el equilibrio de la biota siendo delimitada por un parteaguas donde el agua transcurre y precipita en un área hasta llegar a un punto final de desembocadura (Segrelles, 2009, párr.26).

Las microcuencas son unidades de terreno delimitadas por un cauce principal, son consideradas de criterio definido como unidades hidrológicas con las cuales se consigue una administración de agua racional y eficaz y no como unidades hidrográficas constituyéndose, así como unidades integrales agrupadas como un todo (Dourojeanni, Jouravlev y Chávez, 2002, p.32).

Según el PROMAREN (Proyecto: Manejo de Recursos Naturales) se establece importante las cuencas hidrográficas del Río Chimborazo correspondiente a la parroquia de San Juan cantón Riobamba; Río Blanco parroquias Quimiag cantón Riobamba y La Candelaria cantón Penipe; Atapo – Pomachaca parroquia de Palmira cantón Guamote; Zula parroquia de Achupallas cantón Alausí y el Territorio Hídrico de Cebadas que comprende el margen derecho del río Cebadas en cuatro microcuencas Yasipán, Tingo, Ichubamba y Guarguallá, en el cantón Guamote de la provincia de Chimborazo (GAD Chimborazo, 2017, p.17).

### **1.2.4. Instituciones de Regulación**

*Subsecretaria de Calidad Ambiental.* – Es una entidad que busca mejorar la condición de vida de las personas, controlando los procesos naturales de los sistemas biológicos asegurando la prevención y control sin permitir la fragmentación de ecosistemas a través de la aplicación de herramientas de gestión ambiental (Ministerio del Ambiente, 2019, p.30).

*Agencia de regulación y control de agua.* - Es la entidad que tiene como objetivo la gestión integral del recurso hídrico, la calidad desde la fuente hasta su zona de descarga además también la entidad busca garantizar la calidad del servicio y su útil aprovechamiento (Ministerio del Ambiente, 2016, p.41).

*Empresa pública del agua.* - Tiene el propósito de controlar y manejar todos los proyectos relacionados con planes de infraestructura hídrica con competencia del Gobierno Nacional (Del Pozo, 2014, p.15).

### ***1.2.5. Mecanismos de evaluación de la huella hídrica en una cuenca***

Los mecanismos para la cuantificación de la huella hídrica constan de dos etapas: la recolección de los datos y la cuantificación de la huella en sí. La metodología por utilizar para la cuantificación es indispensable tomar en cuenta ya que será eje primordial para determinar cada una de las huellas en los sectores (Arévalo y Campuzano, 2013, p.23).

Una de las primeras medidas para la determinación de la huella hídrica es la interpretación clara de los objetivos a lograr, el alcance de aplicación como ubicación geográfica, etapas y procesos, tipos de productos, cadenas de suministro incluidas y sus límites de estudio (Martínez, Marco Antonio, 2013, p.17).

Además, los distintos componentes que permiten cuantificar claramente de manera precisa la huella. Con esto se abarca la fase I y II de la evaluación en base a la metodología del Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA) (Zárate Torres, Fernández Poulussen y Kuiper, 2017, p.9).

El siguiente paso es el análisis de la sostenibilidad de la huella en cada una de sus etapas relacionado dentro de un contexto ambiental, económico y social esta cuantificación viene de la mano con las características geográficas y datos del estudio para su posible determinación. Finalmente se establece estrategias de respuesta en favor a la comunidad que son orientadas a propuestas de política pública esperando convertirse en una herramienta favorable de gestión en el área ambiental optimizando la concientización del ambiente como base de inclusión multisectorial dentro de las acciones de la política de Gestión Integrada de los Recursos Hídricos (GIRH) en cuencas relacionadas al estudio realizado (Murillo et al., 2018, p.24).

#### ***1.2.5.1. Normativas y mecanismos aplicables a nivel internacional y regional respecto a la evaluación de la huella hídrica***

- Norma ISO 14046

Esta Norma Internacional especifica los principios, los requisitos y las directrices en relación con la evaluación de la huella hídrica de actividades productivas basada en el análisis del ciclo de vida (ACV) (Organización del Normalización, 2014, párr.4).

La ISO 14046 es de suma importancia, ya que proporciona de manera eficaz los mecanismos para realizar una evaluación ambiental más integral en conjunto con el análisis de la huella hídrica,

siendo un análisis individual de los resultados del indicador o del impacto (Organización Internacional del Normalización, 2014, párr.8).

La norma ratifica el compromiso con el cambio y la gestión del agua puesto que es considerada como un recurso esencial para el desarrollo de la vida, es así, que la norma ISO proporciona información con sustento científico obteniendo resultados fiables en torno a la Huella Hídrica.

- FAO

Otro de los instrumentos importantes dentro de la evaluación de la huella Hídrica es la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), aquella institución determina que el agua es de vital importancia para la producción agrícola y la seguridad alimentaria (Organización de las Naciones Unidas para la agricultura y la Ganadería, 2019, párr.2). Esta organización impulsa mejorar la eficiencia en el uso del agua y la productividad agrícola. La FAO se encuentra directamente relacionada a proyectos de evaluación de huella hídrica aportando de manera sustancial a la reducción eficaz del consumo de agua mediante la implementación de sistemas integrados que evitan el uso excesivo de los recursos hídricos asegurando el abastecimiento seguro a las futuras generaciones (Villalobos y Basso, 2013, p.23).

Dentro de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), se encuentra directamente relacionado el Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA), el cual es una entidad con especialización en agricultura logrando un desarrollo agrícola y a su vez el bienestar rural (FAO y IICA, 2008, p.19). Esta organización contiene una guía metodológica para la evaluación de la huella hídrica en una cuenca hidrográfica llamado proyecto EUROCLIMA-IICA, siendo de suma importancia dentro del estudio ya que fortalece las capacidades de evaluación de la huella en las cuencas de América Latina cuantificando el uso del agua y su composición (verde, azul y gris) para la obtención de bienes y servicios, aportando de manera sustancial el manejo sostenible e integral de los recursos hídricos (Zárate Torres, Fernández Poulussen y Kuiper, 2017, p.10).

A nivel regional se encuentran los entes reguladores de cumplimiento de los parámetros permisibles de los cuerpos hídricos aportando de manera sustancial a las investigaciones de evaluación de la huella hídrica brindando un sustento científico a la fiabilidad de los datos. Para el desarrollo de la evaluación de la Huella Hídrica se encuentran normativas tales como la Constitución que ampara el uso y manejo del recurso, la Ley Orgánica de Recursos Hídricos para la protección del agua, el Código Orgánico del Ambiente para la gestión sostenible de paisajes naturales (Becerra et al., 2013, p.13).

### ***1.2.6. Componentes del análisis ciclo de vida***

Según la Sociedad de Toxicología y Química Ambientales, el análisis ciclo de vida se define como un procedimiento que permite estimar la explotación de los recursos estrechamente relacionadas con las actividades productivas que son desarrolladas alrededor de la zona de estudio y sus respectivas descargas determinando aspectos que aporten al beneficio, progreso y optimización ambiental (Sánchez, Cardona y Sánchez, 2007, p.62).

El análisis ciclo de vida está estrechamente relacionado con la huella hídrica. La unión en conjunto de estos dos instrumentos permitiendo elevar su efectividad así como la capacidad productiva del agua, encaminando hacia una mejor gestión de los recursos y promoviendo la concienciación de los usuarios sobre la sostenibilidad de sus actividades (Baspineiro, 2012, p.54).

El uso del agua implica un consumo de energía, entre el 2 y el 3% de la energía consumida en el mundo, siendo utilizada para el bombeo y tratamiento de agua para las poblaciones urbanas y el sector industrial. Además, el recurso hídrico, aunque sea renovable es limitado debido a que en cada zona del planeta no hay la misma disponibilidad de agua. Aunque los cuerpos de agua sigan su ciclo, la escasez o abundancia de este va a depender del uso antropogénico de los recursos hídricos. El consumo del agua ya sea para tratamientos, utilización y los impactos que puede generar a partir de su uso forman una estrecha relación entre la Huella y el análisis ciclo de vida (Sevilla, 2013, p.6).

La evaluación de la huella hídrica y el análisis ciclo de vida son esenciales y su relación es sustancial, ya que el uso del agua interviene en el desarrollo sostenible del planeta. Por ello el estudio del consumo del agua a través de la huella hídrica nos da la pauta de cómo se lleva la gestión de los recursos hídricos y el análisis ciclo de vida analiza los impactos ambientales generados de procesos o actividades provenientes del consumo del agua. La relación conjunta de estas herramientas brinda equidad en el desarrollo sostenible y el correcto uso de los recursos (Sevilla, 2013, p.8).

El desarrollo del procedimiento se debe considerar un compendio de información obtenida de actividades que son realizadas en el ingreso del proceso de estudio, así como también en la salida; se cuantificará las principales fuentes de alteraciones en el medio ambiente y finalmente se procede al análisis de la cuantificación obtenida y su respectiva interpretación (Muñoz y Pedreros, 2004, p.16).

Según la norma UNE-EN ISO 14040 el análisis ciclo de vida debe abarcar con las siguientes fases: “

- *Definición del objetivo y alcance del ACV.* Los objetivos son una muestra de cada avance que se llevara a cabo dentro del área de estudio, determinando su ejecución. Así mismo el alcance se refiere al proceso de estudio tomando en cuenta cada detalle que se llevara a cabo.

- *Análisis de inventario de ciclo de vida.* En este punto se debe precisar y calcular la cantidad de procesos tales como ingresos, consumos, emisiones y salidas que se presentan dentro de cada sistema que se identifican como el procedimiento que se realiza a través de cada función.
- *Evaluación de impacto de ciclo de vida.* En esta fase caracterizamos el inventario analizado anteriormente para identificar los daños ambientales más prominentes que se han generado durante los procesos de cada sistema.
- *Interpretación y Deducción de resultados,* que ayuda con las decisiones que serán tomadas conforme a las fases estipuladas dentro del análisis ciclo de vida, los cuales permiten adquirir guías para el desarrollo de su metodología.” (Organización Internacional de Normalización, 2006, párr.12).

### **1.2.7. Fundamentos teóricos de la Huella Hídrica**

#### *1.2.7.1. Evaluación de la Huella Hídrica*

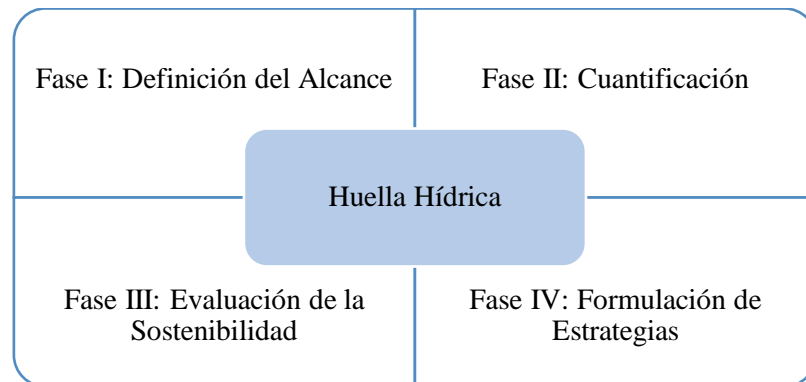
Es una técnica de estimación de los recursos hídricos sostenibles permitiendo identificar el tipo de uso y el impacto generado por la contaminación del recurso. Así la huella hídrica se mide por la cantidad de agua consumida dentro de la microcuenca o del área de estudio, considerando también la evapotranspiración. Adquiriendo información de las consecuencias que han causado el estilo de vida que llevan las personas, las costumbres adquiridas en cada población o comunidad, los métodos aplicados para el desarrollo productivo agrícola e industrial existente en la zona de estudio (Becerra et al., 2013, p.55).

La evaluación de la huella hídrica enfocada en cuencas o microcuenca tiene como fin la búsqueda de información que permita sumar la huellas hídricas identificadas dentro de una zona de estudio con características cuantificables dentro de los cuales se determina todos los procesos productivos facilitando el entendimiento de una parte del balance hídrico y la relación entre los diferentes tipos de agua disponibles frente a los requerimientos existentes para un periodo de tiempo determinado que permita el avance de la evaluación y no altere sus datos (Zárate Torres, Fernández Poulussen y Kuiper, 2017, p.9).

La evaluación de la huella hídrica comprende, además de la fase de contabilidad, las fases de análisis de sostenibilidad y de formulación de respuestas, el diseño de estrategias de respuesta para realizar una asignación del agua sostenible (Zárate Torres, Fernández Poulussen y Kuiper, 2017, p.10). La evaluación de la huella hídrica es una herramienta que brinda el apoyo para desarrollar métodos eficaces para la determinación de todos usos del recurso hídrico, realizando un análisis con relación a las características de oferta y calidad hídrica presentes en la unidad de análisis definido, para proponer las estrategias de intervención en donde se pueda establecer parámetros

de preservación y guías de buen uso del agua donde se identifiquen puntos críticos y se disminuyan los puntos de mayor impacto presentes en la microcuenca (Water Footprint Network, 2015, p.238).

La metodología de evaluación de la huella hídrica se resume:



**Gráfico 1-1:** Fases de la evaluación de la huella hídrica

**Fuente:** (Zárate Torres, Fernández Poulussen y Kuiper 2017)

**Realizado por:** Álvarez, P; Andrade, L. 2020

#### 1.2.7.2. Componentes de la Huella Hídrica

En la evaluación de la huella hídrica se presentan diferentes fenómenos que facilitan la identificación de la cantidad de agua consumida o usada y el agua que no regresa a su vertiente (Zárate Torres, Fernández Poulussen y Kuiper, 2017, p.10).

Para la cuantificación de la huella hídrica, se parte de la identificación y caracterización de los procesos antrópicos que afectan la cantidad de agua verde o de agua azul, lo que da origen a dos huellas hídricas: la huella hídrica azul y la huella hídrica verde. Para el componente que muestra la afectación en términos de calidad del agua, se identifican los procesos antrópicos que devuelven parte del agua usada en forma de vertimiento con una calidad diferente al agua captada antes del proceso, dando origen a una reducción de la disponibilidad por afectación de la calidad del agua generando una huella hídrica gris (Water Footprint Network, 2015, p. 238-239).

Según la (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, 2017, p.16) la evaluación de la huella hídrica se clasifica en:

- *Huella hídrica verde (HHV):* Hace referencia al agua almacenada en el suelo, y se cuantifica mediante la estimación del agua evapotranspirada por la vegetación asociada a un proceso antrópico (cultivos) que no tiene como origen el agua de riego (agricultura en secano).



En el análisis de esta huella también se determina lo siguiente:

#### *Huella hídrica verde agrícola*

Expresa el volumen de agua necesaria para los cultivos en forma de precipitación que no es transformada en escorrentía.

- *Huella hídrica azul (HHA)*: Aquella que se la identifica mediante la estimación del volumen del agua asociada a una extracción o retención de fuente superficial y/o subterránea para satisfacer el requerimiento hídrico de un proceso antrópico y que no retorna a la cuenca de origen. La huella hídrica azul está presente en el sector agrícola como riego, y en todos los otros sectores, como la parte del agua usada que no retorna a la cuenca (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, 2017, p.16)

En el análisis de esta huella también se determina lo siguiente:

#### *Huella Hídrica Azul Agrícola*

La determinación de la huella hídrica azul del sector agrícola es considerada como el requerimiento de agua de un cultivo que se ha almacenado por el suelo en forma de humedad a través de las lluvias.

#### *Huella Hídrica Azul Pecuaria*

Permite evaluar el volumen de agua consumida por los animales y designada para su crianza.

#### *Huella Hídrica Azul Doméstica*

Es el consumo de los recursos hídricos proveniente de aguas superficiales o subterráneas utilizada por los usuarios para sus diferentes actividades.

- *Huella hídrica gris (HHG)*: es el volumen teórico de agua dulce necesario para asimilar la carga contaminante vertida a un cuerpo receptor con base en las normas de calidad ambiental; y se entiende que contiene los valores necesarios para garantizar agua de buena calidad para el ambiente y para las personas (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, 2017, p.16)

En el análisis de esta huella también se determina lo siguiente:

### *Huella Hídrica Gris Agrícola*

La huella hídrica gris del sector agrícola es conocida como la cantidad de agua que se necesita para incorporar la masa contaminante en relación con los valores estipulados por los índices de calidad de agua establecidos por la normativa. Es una carga contaminante proveniente de fuentes de contaminación difusa y puntual derivado de distintos procesos industriales (Estrada et al., 2010, p.46).

### *Huella Hídrica Gris Pecuaria*

Considera los valores de contaminantes de N contenidos en las excretas fecales del ganado y la cantidad de alimento ingerido.

### *Huella Hídrica Gris Doméstica*

Es el volumen de agua dulce asimilado por la carga contaminante en relación con el volumen de los vertimientos domésticos. (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, 2017, p.16)

## **1.2.8. Gestión comunitaria y política pública para la evaluación de la Huella Hídrica**

La política pública para la gestión del agua es la consecuencia del análisis del servicio ecosistémico que ejerce un papel de vital importancia para la subsistencia de la población que depende de su gestión (Venancio y Bernal, 2019, párr.26).

Gestión comunitaria para que los conflictos que se han sido emitidos por el análisis de la huella hídrica se resuelvan a partir del reconocimiento del beneficio propio de los actores interesados y posteriormente se desarrolle un ambiente de relaciones sociales de confianza entre organizaciones locales y organizaciones no gubernamentales creando nuevos medios de comunicación y generando información útil en el establecimiento de políticas ambientales para la prevención y resolución de conflictos en el territorial (Gobierno Autónomo Descentralizado de la Provincia de Chimborazo, 2012, párr. 14).

Una política pública bien ordenada contribuye en la gestión integrada del recurso hídrico y evita la inadecuada provisión del servicio principalmente a los grupos sociales de las comunidades (Hantke-Domas y Jouravlev, 2011, p.12).

Esta dotación equitativa incide directamente en la gestión del recurso ya que permite el acceso a los servicios de buena calidad, produce estabilidad y contribuye a la eliminación de las necesidades insatisfechas de los pobladores (Hantke-Domas y Jouravlev, 2011, p.12)

### **1.3. Marco Legal**

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

##### *1.3.1.1. Constitución De La República Del Ecuador*

**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 (Constitución de la Republica del Ecuador, 2008, p.13).

**Art. 282.-** El Estado normará el uso y acceso a la tierra que deberá cumplir la función social y ambiental. Un fondo nacional de tierra, establecido por ley, regulará el acceso equitativo de campesinos y campesinas a la tierra (Constitución de la Republica del Ecuador, 2008, p.91).

Se prohíbe el latifundio y la concentración de la tierra, así como el acaparamiento o privatización del agua y sus fuentes (Constitución de la Republica del Ecuador, 2008, p.91).

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 (Constitución de la Republica del Ecuador, 2008, p.91).

**Art. 314.-** El Estado será responsable de la provisión de los servicios públicos de agua potable y de riego, saneamiento, energía eléctrica, telecomunicaciones, vialidad, infraestructuras portuarias y aeroportuarias, y los demás que determine la ley (Constitución de la Republica del Ecuador, 2008, p.98).

El Estado garantizará que los servicios públicos y su provisión respondan a los principios de obligatoriedad, generalidad, uniformidad, eficiencia, responsabilidad, universalidad, accesibilidad, regularidad, continuidad y calidad. El Estado dispondrá que los precios y tarifas de los servicios públicos sean equitativos, y establecerá su control y regulación (Constitución de la Republica del Ecuador, 2008, p.98).

**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 (Constitución de la Republica del Ecuador, 2008, p.99).

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 (Constitución de la Republica del Ecuador, 2008, p.99).

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 (Constitución de la Republica del Ecuador, 2008, p.99).

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 (Constitución de la Republica del Ecuador, 2008, p.99).

**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 (Constitución de la Republica del Ecuador, 2008, p.124).

La sustentabilidad de los ecosistemas y el consumo humano serán prioritarios en el uso y aprovechamiento del agua (Constitución de la Republica del Ecuador, 2008, p.124).

### *1.3.1.2. Código Orgánico De Organización Territorial, Autonomía Y Descentralización (COOTAD)*

**Art. 99.-** Competencias. - Las circunscripciones territoriales de las nacionalidades y pueblos indígenas, afroecuatorianos y montubios ejercerán las competencias del gobierno territorial autónomo correspondiente a fin de garantizar la aplicación de los derechos colectivos señalados en la Constitución; y, se regirán por el principio del Sumak Kawsay o buen vivir (Pozo Barrezueta, 2010, p.46).

En el caso en que asuman las competencias de las juntas parroquiales, de los municipios o de los consejos provinciales, estos niveles de gobierno dejarán de existir en la circunscripción correspondiente. (Pozo Barrezueta, 2010, p.46).

**Art. 132.-** Ejercicio de la competencia de gestión de cuencas hidrográficas.- La gestión del ordenamiento de cuencas hidrográficas que de acuerdo a la Constitución corresponde a los gobiernos autónomos descentralizados regionales, comprende la ejecución de políticas, normativa, la planificación hídrica con participación de la ciudadanía, especialmente de las juntas de agua potable y de regantes, así como la ejecución subsidiaria y recurrente con los otros gobiernos autónomos descentralizados, de programas y proyectos, en coordinación con la autoridad única del agua en su circunscripción territorial, de conformidad con la planificación, regulaciones técnicas y control que esta autoridad establezca (Pozo Barrezueta, 2010, p.53).

## Capítulo IV

### Parroquias Rurales

**Art. 24.-** Parroquias rurales. - Las parroquias rurales constituyen circunscripciones territoriales integradas a un cantón a través de ordenanza expedida por el respectivo concejo municipal o metropolitano (Pozo Barrezueta, 2010, p.24).

**Art. 137.-** Ejercicio de las competencias de prestación de servicios públicos. - Las competencias de prestación de servicios públicos de agua potable, en todas sus fases, las ejecutarán los gobiernos autónomos descentralizados municipales con sus respectivas normativas y dando cumplimiento a las regulaciones y políticas nacionales establecidas por las autoridades correspondientes. Los servicios que se presten en las parroquias rurales se deberán coordinar con los gobiernos autónomos descentralizados de estas jurisdicciones territoriales y las organizaciones comunitarias del agua existentes en el cantón (Pozo Barrezueta, 2010, p.24).

Los gobiernos autónomos descentralizados municipales planificarán y operarán la gestión integral del servicio público de agua potable en sus respectivos territorios, y coordinarán con los gobiernos autónomos descentralizados regional y provincial el mantenimiento de las cuencas hidrográficas que proveen el agua para consumo humano. Además, podrán establecer convenios de mancomunidad con las autoridades de otros cantones y provincias en cuyos territorios se encuentren las cuencas hidrográficas que proveen el líquido vital para consumo de su población (Pozo Barrezueta, 2010, p.24).

Los servicios públicos de saneamiento y abastecimiento de agua potable serán prestados en la forma prevista en la Constitución y la ley. Se 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 lo comunitario (Pozo Barrezueta, 2010, p.24).

Las competencias de prestación de servicios públicos de alcantarillado, depuración de aguas residuales, manejo de desechos sólidos, y actividades de saneamiento ambiental, en todas sus fases, las ejecutarán los gobiernos autónomos descentralizados municipales con sus respectivas normativas. Cuando estos servicios se presten en las parroquias rurales se deberá coordinar con los gobiernos autónomos descentralizados parroquiales rurales (Pozo Barrezueta, 2010, p.24).

De manera complementaria y sin perjuicio de lo anterior, los gobiernos autónomos descentralizados parroquiales rurales gestionarán, coordinarán y administrarán los servicios públicos que le sean delegados por los gobiernos autónomos descentralizados municipales. Vigilarán con participación ciudadana la ejecución de las obras de infraestructura y la calidad de los servicios públicos existentes en su jurisdicción (Pozo Barrezueta, 2010, p.24).

Los gobiernos autónomos descentralizados municipales realizarán alianzas con los sistemas comunitarios para gestionar juntamente con las juntas administradoras de agua potable y alcantarillado existentes en las áreas rurales de su circunscripción. Fortaleciendo el funcionamiento de los sistemas comunitarios. Los gobiernos autónomos descentralizados municipales podrán delegar las competencias de gestión de agua potable y alcantarillado a los gobiernos parroquiales rurales (Pozo Barrezueta, 2010, p.24-25).

Todas las instancias responsables de la prestación de los servicios deberán establecer mecanismos de control de calidad y los procedimientos de defensa de los consumidores y consumidoras; y las sanciones por vulneración de estos derechos, la reparación e indemnización por deficiencias, daños o mala calidad de bienes y servicios, y por la interrupción de los servicios públicos que no fuera ocasionada por caso fortuito o fuerza mayor (Pozo Barrezueta, 2010, p.25).

### *1.3.1.3. 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. (Del Pozo, 2014, p.4-5)

#### 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 (Del Pozo, 2014, p.5-6)

**Art.13.-** Formas de conservación y protección de fuentes de agua. Constituyen formas de conservación y protección de fuentes de agua: las servidumbres de uso público, zonas de protección hídrica y las zonas de restricción (Del Pozo, 2014, p.6)

**Art. 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 (Del Pozo, 2014, p.11).

**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 (Del Pozo, 2014, p.13).

### 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 (Del Pozo, 2014, p.18).

**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 (Del Pozo, 2014, p.18)

**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, afroecuatorianas y montubio y se respetan sus propias formas, usos y costumbres para el reparto interno y distribución de caudales autorizados sobre el agua (Del Pozo, 2014, p.21).

### 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 (Del Pozo, 2014, p.36).

#### *1.3.1.4. Código Orgánico Del Ambiente (COA)*

**Art. 30.-** Objetivos del Estado. Los objetivos del Estado relativos a la biodiversidad son:

Adoptar un enfoque integral y sistémico que considere los aspectos sociales, económicos, y ambientales para la conservación y el uso sostenible de cuencas hidrográficas y de recursos hídricos, en coordinación con la Autoridad Única del Agua (Del Pozo, 2017, p.20).

Incorporar criterios de sostenibilidad del patrimonio natural en la planificación y ejecución de los planes de ordenamiento territorial, en los planes de uso del suelo y en los modelos de desarrollo, en todos los niveles de gobierno (Del Pozo, 2017, p.20).

#### CAPITULO IV GESTIÓN SOSTENIBLE DE PAISAJES NATURALES Y SEMINATURALES

**Art. 62.-** Gestión sostenible de paisajes naturales y seminaturales. La gestión sostenible de paisajes naturales y seminaturales procurará la consolidación del Sistema Nacional de Áreas Protegidas, el Patrimonio Forestal Nacional y las áreas especiales para la conservación de la biodiversidad, bajo criterios de representatividad ecosistémica, bioseguridad, conectividad biológica e integridad de paisajes terrestres, marinos y marino-costeros (Del Pozo, 2017, p.26).

#### CAPITULO VI RESTAURACION ECOLOGICA, PLANTACIONES FORESTALES Y SISTEMAS AGROFORESTALES

**Art. 122.-** Prohibiciones para el establecimiento de plantaciones forestales. En ningún caso las plantaciones forestales con fines de conservación y producción afectarán o reemplazarán las áreas cubiertas con bosques naturales, vegetación nativa y arbustiva, ecosistemas frágiles, servidumbres ecológicas o zonas de protección permanente de agua, áreas bajo un esquema de incentivos para la conservación y áreas del Sistema Nacional de Áreas Protegidas (Del Pozo, 2017, p.40).

#### *1.3.1.5. Código Orgánico Integral Penal (COIP)*

**Art. 188.-** Aprovechamiento ilícito de servicios públicos.- La persona que altere los sistemas de control o aparatos contadores para aprovecharse de los servicios públicos de energía eléctrica, agua, derivados de hidrocarburos, gas natural, gas licuado de petróleo o de telecomunicaciones, en beneficio propio o de terceros, o efectúen conexiones directas, destruyan, perforen o manipulen las instalaciones de transporte, comunicación o acceso a los mencionados servicios, será sancionada con pena privativa de libertad de seis meses a dos años (Del Pozo, 2018, p.66).

La persona que ofrezca, preste o comercialice servicios públicos de luz eléctrica, telecomunicaciones o agua potable sin estar legalmente facultada, mediante concesión,



autorización, licencia, permiso, convenios, registros o cualquier otra forma de contratación administrativa, será sancionada con pena privativa de libertad de uno a tres años (Del Pozo, 2018, p.66).

## CAPITULO II

### 2. METODOLOGÍA

#### 2.1. Fase I: Alcance de la Evaluación de la Huella Hídrica.

La estimación de la huella hídrica se realizó a través de la recopilación de información climatológica, usos de suelo, vegetación local, actividades agropecuarias y antropogénicas en la época seca del año de la microcuenca del río Cebadas. En la cuantificación de los datos se empleó como referencia la guía metodológica para la evaluación de la huella hídrica en una cuenca hidrográfica del Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA), metodología adaptada en las condiciones del área objeto de estudio. Investigación de carácter descriptivo, de trabajo en campo y de un fuerte componente de revisión documentada el cual ha permitido observar, describir, e identificar los diferentes componentes necesarios para el desarrollo de la evaluación de la huella hídrica, y las propuestas para el manejo, uso y consumo del agua correspondiente a la microcuenca del río Cebadas (Equipo Técnico del Gobierno Autónomo Descentralizado de Cebadas, 2015, p.5).

##### 2.1.1. *Recopilación de información*

En el Proceso de levantamiento de información se consideraron fuentes documentadas como: IICA cuya metodología fue el referente para la evaluación de la Huella hídrica, Plan de desarrollo y Ordenamiento y Territorial del Gobierno Autónomo descentralizado Parroquial de Cebadas (PDYOT), Plan de Manejo y Cogestión del Territorio Hídrico de Cebadas (THC) que suministraron gran parte de la información requerida para el desarrollo de la investigación como: cultivos representativos, actividad pecuaria, clasificación y usos de suelo, manufactura, consumo doméstico, entre otros, la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), al igual que el Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG) y el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), instituciones que permitieron identificar las características de los cultivos representativos de la zona e información de la crianza de los diferentes tipos de ganado existentes en la parroquia, el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI) que proporcionó con información meteorológica relevante, Gobierno Autónomo descentralizado Provincial de Chimborazo, así como el aporte de varias investigaciones que sirvieron como base informativa.

### **2.1.2. Puntos de monitoreo**

Los puntos de monitoreo fueron seleccionados con base en recorridos y la revisión documentada del trabajo de titulación “Análisis de la Calidad de Agua de la Microcuenca del Río Cebadas Mediante Indicadores Ecológicos” elaborado por Esparza Richard y Tibanquiza Fernanda, información que frente a la dificultosa condición de la pandemia que la humanidad está sobrellevando permitió una clara identificación de la zona de estudio.

Los puntos de monitoreo se seleccionaron en tres secciones de la microcuenca: Zona alta, media y baja, pues cada una de ellas presentó características importantes y representativas de la zona que comprende la microcuenca del río cebadas, aportando datos significativos para el desarrollo de la investigación.

### **2.1.3. Descripción de los puntos de muestreo**

#### **2.1.3.1. Punto 1a**

La ubicación de este punto se definió en la zona más alta, denominado páramo. Se encontró después de unos kilómetros de la unión del río Atillo y el Ozogoche y posteriormente con el río Yasipan (Tibanquiza F, Esparza R., 2020, p.40).

#### **2.1.3.2. Punto 2a**

La localización de este punto se encontró en el punto medio del trayecto del río con actividades agrícolas y pecuarias predominantes (Tibanquiza F, Esparza R., 2020, p.40).

#### **2.1.3.3. Punto 3a**

Localizado después de la parroquia el cual lleva el mismo nombre que el río y a unos kilómetros del final del cauce en donde se une el río Cebadas con el río Guamote para dar inicio al Río Chambo (Tibanquiza F, Esparza R., 2020, p.40).

#### **2.1.4. Descripción de puntos de muestreo Agro climatológicos**

##### **2.1.4.1. Punto 1b**

Localizado al inicio la microcuenca del Rio Cebadas, debido a que se encuentra en una zona donde las características climáticas son altas, ya que se encuentra ubicado en el páramo, así mismo su ubicación se encuentra unos kilómetros después del nacimiento del Rio Cebadas.

##### **2.1.4.2. Punto 2b**

Ubicado en el trayecto del cauce del rio se lo considerado como el punto medio, puesto las características climáticas en esta zona descendieron.

##### **2.1.4.3. Punto 3b**

Punto ubicado metros antes de la desembocadura del rio Cebadas con el Guamote para dar inicio al rio Chambo. Considera el tercer punto ya que es un punto en donde su altitud es menor, por lo que es notable el cambio de las características climáticas de la zona.

#### **2.1.5. Parámetros Fisicoquímicos**

Los parámetros Fisicoquímicos fueron aquellos que permitieron la determinación de la composición del agua, así como también la cantidad de carga contaminante existente en el agua debido a las actividades antropogénicas desarrolladas dentro de la microcuenca, por lo que la información obtenida de estos parámetros es primordial para cuantificación de la Huella hídrica.

**Tabla 2-2:** Parámetros Fisicoquímicos

Parámetros Fisicoquímicos	Unidades
Oxígeno Disuelto	mg O <sub>2</sub> /l
Nitratos	mg/l
Turbiedad	FTU-NTU
DBO5	mg O <sub>2</sub> /l
pH	-
Caudal	(m <sup>3</sup> /s)

Realizado por: Álvarez Paulina; Andrade Lisbeth (2020).

## **2.2. Fase II: Cuantificación de la Huella Hídrica.**

En este apartado se realizó el reconocimiento y la identificación de sectores con mayor uso y consumo del agua. Los sectores identificados fueron: Agrícola, Pecuario, Domestico.

### **2.2.1. Huella Hídrica Verde**

La cuantificación de la Huella hídrica verde permitió determinar el manejo y la disponibilidad que tiene el recurso hídrico asociado a la evaporación presente en la microcuenca. Permitiendo determinar la cantidad de agua que permanece en el suelo en tiempos de sequía (Zárate Torres, Fernández Poulussen y Kuiper, 2017, p.15).

#### **2.2.1.1. Aplicación del Software CROPWAT 8.0**

La estimación de la huella hídrica fue realizada mediante la aplicación de este software, permitiendo el ingreso de datos meteorológicos, los cultivos representativos del sector, datos de los suelos, y finalmente permitiendo tener un análisis de la cantidad de agua evapotranspirada requerida por un cultivo mediante las necesidades hídricas y de riego (Serrano Vincenti et al., 2012, p.35). A continuación, se especificará que datos fueron de gran importancia para desarrollar la evaluación de la huella hídrica:

#### **2.2.1.2. Datos climáticos de la microcuenca**

Durante el proceso de ejecución del programa se requirió de datos climáticos que se encontraron estrechamente relacionados con temperatura, humedad relativa, viento, insolación, radiación, evapotranspiración que pertenecieron directamente a la microcuenca del Rio Cebadas, datos que fueron obtenidos a través del Programa de Investigación en Ciencias de la Tierra desarrollado por fueron tomados de la Administración Nacional de Aeronáutica y el Espacio (NASA), los cuales, con sus sistemas de satélites proporcionaron datos Agro-climatológicos que están basados en un formato de serie de tiempo; Este modelo y satélite proporciona datos confiables ya que se fundamentaron en el modelo de asimilación de la Oficina de Modelado y Asimilación Global del Goddard (GMAO) generando datos que son organizados en una cuadrícula global que presenta una resolución espacial de 0. 5° de latitud y 0. 5° de Longitud.

Los parámetros solares de igual manera son generados a diario, dando como resultado productos confiables que suelen estar listos en un periodo máximo de 4 días, que es considerado un tiempo casi real, y de la misma manera los parámetros meteorológicos son obtenidos en un máximo de 2

días y se van actualizando constantemente. A continuación, se exponen los parámetros climáticos que se requirieron para la aplicación en el programa CROPWAT 8.0.

**Tabla 3-2:** Parámetros climáticos de la microcuena

<b>Parámetros Climáticos</b>	<b>Unidades</b>
Temperatura	°C
Humedad	%
Viento	Km/día
Insolación	Horas
Radiación	MJ/m <sup>2</sup> /día
Evapotranspiración	mm/día

**Realizado por:** Álvarez Paulina; Andrade Lisbeth (2020).

#### 2.2.1.3. Suelo

Para la obtención de esta información fue de carácter bibliográfico donde cada cultivo representativo se diferenció según el tipo de suelo al que pertenecen. Todos los datos obtenidos fueron necesarios para la aplicación en el software CROPWAT.

**Tabla 4-2:** Variables edáficas

<b>VARIABLE</b>	<b>ELEMENTO</b>
Agua disponible total	cm/cm
Tasa de Infiltración	Valor del suelo en saturación
Profundidad Radicular máxima	Profundidad de los perfiles del suelo
Agotamiento inicial de la humedad del suelo	- 0% para cultivos en meses húmedos - 50% para meses secos

**Realizado por:** Álvarez Paulina; Andrade Lisbeth (2020).

#### 2.2.1.4. Uso del suelo

- *Cultivo*

A partir de la información proporcionada del Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial (PDyOT) elaborado por el GAD Parroquial de Cebadas se identificó la distribución de los cultivos más representativos de la zona que aportan un beneficio económico a las familias de la zona de estudio (Cabezas Rodríguez y González Zambrano, 2017, p.73).

Una vez definidos los cultivos más representativos se determinaron variables que fueron obtenidas a través de investigación bibliográfica contempladas durante el proceso de manejo del programa CROPWAT 8.0 (Arteaga Ramírez, Ángeles Montiel y Vázquez Peña, 2011, párr.14).

Estas variables son detalladas a continuación:

**Tabla 5-2:** Variable de cultivo

<b>VARIABLE</b>	<b>ELEMENTO</b>
Fecha de siembra y cosecha del cultivo	Calendario agrícola
Coefficiente del cultivo	K <sub>c</sub> inicial, medio y final
Profundidad radicular	cm de raíz
Agotamiento crítico	Variación de 0,4 a 0,6
Factor de respuesta del rendimiento	Específico para cada cultivo
Altura del cultivo	cm

Realizado por: Álvarez Paulina; Andrade Lisbeth (2020)

Los cultivos tuvieron variables representativas para su análisis, de los cuales se puede destacar coeficientes de cultivo que determinaron la necesidad de agua requerida, la variedad de cultivo, condiciones de siembra, estación climática y la temperatura. Esta información fue obtenida de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) en el estudio: “Respuesta del rendimiento de los cultivos al agua” referente a Riego y Drenaje (Steduto et al., 2012, párr.8).

- *Profundidad radicular y altura*

Fue necesario determinar la profundidad radicular puesto que presenta la capacidad que tiene la planta para introducirse sin ningún problema para absorber el agua del suelo y los nutrientes requeridos por la misma, facilitando así el crecimiento de la planta estos datos fueron utilizados para su posterior integración en el programa (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, 2013, p.10).

- *Siembra y Cosecha.*

La obtención de la fecha de siembra y cosecha tuvo gran importancia pues permitió conocer una buena implantación de los cultivos que dependieron del clima y el tipo de suelo, cantidad de agua necesaria para el adecuado crecimiento de las plantas, cantidad de fertilizantes empleados y agroquímicos (Eyhérbide, 2011, p.79-85).

- *Etapas de Crecimiento*

Fueron consideradas cada uno de los cultivos que eran representativos en la zona de estudio para determinar cada una de las etapas de crecimiento de los cultivos dentro de los cuales se consideraron a la etapa inicial en la que se considera la fecha en la que se sembró el cultivo y su posterior desarrollo; la etapa de desarrollo del cultivo comprendido en su desarrollo y su florecimiento; etapa de mediados de temporada considerado como el inicio de la vejez es decir el amarillamiento de las hojas y por último la etapa de finales de temporada donde el producto final es cosechado (FAO, 2012, p.104-111).

- *Fracción de agotamiento crítico y respuesta de rendimiento*

Los factores que simbolizan el punto crítico del nivel de humedad, que muestra las dificultades que tienen los cultivos por la escasez del agua. Así como también evalúa la disminución del rendimiento de los cultivos. Estos datos fueron obtenidos a partir de las investigaciones que presenta la FAO basándose especialmente en el artículo de *riego y drenaje*; que después serán ingresados en el software CROPWAT, para con ello determinar las características específicas para cada tipo de cultivo (FAO, 2012, p.153-154).

- *Evapotranspiración*

Según la (FAO, 2012, p.87) define a la evapotranspiración como: “la perdida de humedad de la superficie del suelo por evaporación y a través de la transpiración del suelo” Para la cuantificación de la huella hídrica se aplicó el método de Hargreaves en donde se necesita de temperatura máxima y mínima, determinando la evapotranspiración a partir de la siguiente ecuación:

*Ecuación 1-2: Evapotranspiración*

$$E_{T0} = 0,0135 (t_{med} + 17,78)R_s$$

Fuente: (Trezza, 2008, párr.10)

Donde:

$E_{T0}$ : Evapotranspiración potencial diaria, mm/día

$t_{med}$ : Temperatura media, °C

$R_s$ : Radiación solar incidente, convertida en mm/día.



Cálculo de la Radiación Solar incidente  $R_s$

*Ecuación 2-2: Radiación Solar Incidente*

$$R_s = R_0 * KT * (t_{max} - t_{min})^{0,5}$$

Fuente: (Trezza, 2008, párr.10)

Donde:

$R_s$ : Radiación Solar incidente.

$R_0$ : Radiación solar extraterrestre.

$KT$ : Coeficiente.

$t_{max}$ : Temperatura diaria máxima.

$t_{min}$ : Temperatura diaria mínima.

#### 2.2.1.5. Huella Hídrica Verde Agrícola

Conociendo que la huella hídrica verde es aquella que estima la cantidad de agua que ha sido reservada en el suelo, que toleran los cultivos en tiempos de sequía y, que este recurso es aquel que no se transforma en escorrentía, sino que se integra junto con los implementos agrícolas a los procesos de cultivos de la parroquia Cebadas (Becerra et al., 2013, párr.15). La Huella hídrica verde se estableció mediante la siguiente ecuación:

*Ecuación 3-2: Evapotranspiración del Componente Verde*

$$Evapt_{verde} = \min(Req_{HC}, P_{Efectiva})$$

Fuente: (Zárate Torres, Fernández Poulussen y Kuiper, 2017, p.28)

Donde:

$Evapt_{verde}$ : Evapotranspiración del componente verde

$\min$ : mínimo

$Req_{HC}$ : Requerimiento hídrico del cultivo

$P_{Efectiva}$ : Precipitación efectiva

La información que se obtuvo al aplicar la ecuación fue expresada en  $m^3/año$ , valor obtenido de la transformación de mm; a esta respuesta obtenida se realizó una división con la información proporcionada por el INIAP (rendimiento del cultivo), esta información también fue facilitada por el MAG (Chacha y Costa, 2019, p.35). Estos datos fueron obtenidos mediante la aplicación de la siguiente expresión:

*Ecuación 4-2: Huella Hídrica Verde del Sector Agrícola*

$$HH_{VA} = \frac{H_2O U_{C_{VERDE}}}{RC}$$

Fuente: (Zárate Torres, Fernández Poulussen y Kuiper, 2017, p.28-29)

Donde:

$HH_{VA}$ : Huella Hídrica verde del sector agrícola ( $m^3/año$ )

$H_2O U_{C_{VERDE}}$ : agua utilizada por el cultivo.

RC: Rendimiento del cultivo.

## **2.2.2. Huella Hídrica Azul**

### *2.2.2.1. Huella Hídrica Azul Agrícola*

Para el cálculo de la huella hídrica azul de sector agrícola se considera la cantidad de agua utilizada para actividades como riego. Es decir, el agua que necesita un cultivo para suplir su necesidad hídrica a través de la precipitación efectiva teniendo en cuenta que si existe precariedad del cuerpo de agua esta se implementará mediante riego (Steduto et al., 2012, p.15).

A continuación, se expresa la ecuación para obtener la huella hídrica azul:

*Ecuación 5-2: Evapotranspiración del Componente Azul*

$$Evapt_{azul} = \min(R_{neto}, Req RR)$$

Fuente: (Zárate Torres, Fernández Poulussen y Kuiper, 2017, p.60)

Donde:

$Evapt_{azul}$ : Evapotranspiración del componente Azul.

$\min$ : mínimo.

$R_{neto}$ : Riego neto total.

$Req RR$ : Requerimiento de Riego.

La irrigación efectiva se obtuvo mediante la diferencia del uso real de agua de cultivo y la precipitación efectiva, datos obtenidos al aplicar la información meteorológica, climática, las características de los cultivos representativos de la zona y suelos en el programa CROPWAT 8.0 (FAO, 2012, p.158). Se calculó a través de la siguiente ecuación:

$$Irr_{Efectiva} = (H_2O U_{CVERDE} - P_{Efectiva})$$

Fuente: (Zárate Torres, Fernández Poulussen y Kuiper, 2017, p.61)

Donde:

$Irr_{Efectiva}$ : Irrigación efectiva.

$H_2O U_{CVERDE}$ : Uso real de agua de cultivo.

$P_{Efectiva}$ : Precipitación efectiva.

Una vez aplicada la ecuación de Irrigación efectiva se procedió a determinar la evapotranspiración de la huella hídrica azul siguiendo el mismo procedimiento y aplicado en la determinación de la huella verde, a través de la siguiente fórmula:

$$HH_{AA} = \frac{H_2O U_{CAZUL}}{RC}$$

Fuente: (Zárate Torres, Fernández Poulussen y Kuiper, 2017, p.61)

Donde:

$HH_{AA}$ : Huella Hídrica azul del sector agrícola (m<sup>3</sup>/año).

$H_2O U_{CAZUL}$ : agua utilizada por el cultivo.

$RC$ : Rendimiento del cultivo.

#### 2.2.2.2. Huella Hídrica Azul Pecuaria

Para su cálculo se requirió del volumen de agua consumido por el ganado diariamente y el número de cabezas de ganado más representativos de la zona, datos proporcionados por el PDyOT de la parroquia Cebadas.

$$HH_{AP} = (Req H_2O_{Ganado})(\#C_{Ganado})$$

Fuente: (Zambrano, Montenegro y Reyes, 2018, p.241)

Donde:

$HH_{AP}$ : Huella Hídrica azul pecuaria (m<sup>3</sup>/año).

$Req H_2O_{Ganado}$ : Requerimiento de agua del ganado (m<sup>3</sup>/día).

$\#C_{Ganado}$ : Número de cabezas de ganado.

### 2.2.2.3. Huella Hídrica Azul Doméstica

La obtención de la huella hídrica para el sector doméstico tomo en cuenta fallas y descuidos directos desde la fuente de abastecimiento, estimación o identificación de las bocatomas artesanales. Es decir, uso directo que tuvo el agua para las diferentes actividades antropogénicas ya sea de consumo y su abastecimiento mediante los sistemas establecidos por los GAD`s (huella hídrica azul) o determinando los sistemas de depuración o la contaminación generada (huella hídrica gris) (Castillo et al., 2018, p. 4-5).

La huella hídrica azul relacionó directamente el consumo del agua presente en la microcuenca ya sea superficial o subterránea. Cantidad de agua perdida desde la fuente de abastecimiento, en un tiempo establecido de consumo (Dirección General de Aguas, 2016, párr.18).

#### *Ecuación 9-2: Huella Hídrica Azul Sector Doméstico*

$$HH_{AD} = Afl - Efl$$

Fuente: (Castillo et al., 2018, p. 4-5)

Donde:

$HH_{AD}$  : Huella Hídrica Azul Doméstica (m<sup>3</sup> /año).

$Afl$ : Volumen de agua destinada a la actividad doméstica.

$Efl$ : Volumen de agua calculada.

### 2.2.3. Huella Hídrica Gris

#### 2.2.3.1. Huella Hídrica Gris Agrícola

Para el cálculo de esta huella se tomaron datos obtenidos de la cantidad aplicada de fertilizante de cada cultivo, las concentraciones de nitrato amoniacal y los límites máximos permisibles se establecieron a través del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente (TULSMA) libro VI anexo 1.

#### *Ecuación 10-2: Huella Hídrica Gris Sector Agrícola*

$$HH_{GA} = \frac{(CAF_{na})(F_{Lixiviación})}{\frac{[ ]_{max} - [ ]_{nat}}{RC}}$$

Fuente: (Zárate Torres, Fernández Poulussen y Kuiper, 2017, p.62)

Donde:

$HH_{GA}$ : Huella hídrica gris agrícola ( $m^3/año$ ) .

$CAF_{ha}$ : Cantidad aplicada de fertilizante por hectárea.

$F_{LIXIVIACIÓN}$ : fracción de lixiviación (0.1).

$[\ ]_{max}$ : concentración máxima permisible del contaminante en el agua.

$[\ ]_{nat}$ : Concentración natural del contaminante en el agua.

RC: rendimiento del cultivo

### 2.2.3.2. Huella Hídrica Gris Pecuaria

En el cálculo de esta huella se consideró como factor importante la cantidad de las excretas fecales y de orina que genera cada animal, a su vez se requirió considerar primordialmente la concentración de nitrógeno amoniacal existente de forma natural en este sector y el límite máximo permisible del elemento estipulado por la normativa vigente (Mariscal Landín, 2007, p.4).

El cálculo se lo pudo realizar considerando la cantidad de excremento o de orina generado por los animales en función de la siguiente ecuación:

*Ecuación 11-2: Huella Hídrica Gris Sector Pecuario*

$$HH_{GP} = \frac{(Exc_{Fecal})(V_{Lix})}{[\ ]_{max} - [\ ]_{nat}}$$

Fuente: (Zambrano, Montenegro y Reyes, 2018, p.238-239)

Donde:

$HH_{GP}$ : Huella Hídrica Gris del sector pecuario.

$Exc_{Fecal}$ : Excreta fecal.

$V_{Lix}$ : Valor de lixiviación (0,1).

$[N]_{nat}$ : Concentración de nitrógeno amoniacal natural.

$[N]_{max}$ : Concentración de nitrógeno amoniacal máximo expresado por la normativa.

### 2.2.3.3. Huella Hídrica Gris Doméstica

Estimación de la cantidad de agua necesaria para equiparar las concentraciones de los contaminantes, es decir, mención a la cantidad de contaminantes diluidos en un volumen de agua los cuales alteran los estándares de su calidad establecidos por la normativa vigente, para su evaluación las concentraciones de  $DBO_5$  y las concentraciones naturales de los mismos (Arango Ochoa, 2013, p.23).

$$HH_{GD} = \frac{(Qsal_{Doméstico})([ ]_{Contaminante})}{[ ]_{Contaminante} - [ ]_{nat}}$$

Fuente: (Zárate Torres, Fernández Poulussen y Kuiper, 2017, p.73)

Donde:

$HH_{GD}$ : Huella hídrica gris domestica ( $m^3/año$ ).

$Qsal_{Doméstico}$ : Caudal de salida del sector doméstico.

$[ ]_{Contaminante}$ : Concentración del contaminante  $DBO_5$ .

$c$ : Concentración máxima  $DBO_5$ .

$[ ]_{nat}$ : Concentración natural de un cuerpo de agua.

#### 2.2.4. Cálculo de la Huella Hídrica total de la Microcuenca del río Cebadas

La huella hídrica total fue considerada como una guía de identificación de los estándares que posee el agua, recurso que reciben las comunidades aldeanas al Río Cebadas; permitiendo el desarrollo de actividades cotidianas como de trabajo, así también, la contaminación que estas actividades generan con cada uno de sus procesos (Becerra et al., 2013, p.31).

$$HH_{Total} = (HH_{Verde} + HH_{Azul} + HH_{Gris})$$

Fuente: (Zárate Torres, Fernández Poulussen y Kuiper, 2017, p.75)

Donde:

$HH_{Agricola}$ : Huella hídrica del sector Agrícola.

$HH_{Pecuaria}$ : Huella hídrica del sector Pecuario.

$HH_{Doméstica}$ : Huella hídrica del sector Doméstica.

### 2.3. Fase III: Análisis de la Sostenibilidad de la Huella Hídrica.

#### 2.3.1. Sostenibilidad De La Huella Hídrica

Dentro de esta etapa se definió el porcentaje de sostenibilidad de la microcuenca en cuanto al manejo y uso. Se determinó luego de la cuantificación total de la Huella Hídrica de la microcuenca, con el fin de determinar una mejor asignación posible del recurso en la parte social, económica y ambiental (Zárate Torres, Fernández Poulussen y Kuiper, 2017, p.34).

Para la determinación de la sostenibilidad ambiental se consideraron parámetros que han sido establecidos por el Manual de evaluación de huella hídrica (Hoekstra et al., 2011, p.65), facilitando la obtención de este ítem. Los criterios que permitieron identificar en qué condiciones se encontró la microcuenca fueron (Campuzano et al., 2015, p.15):

- Crítico: valores > 1
- Muy alto: entre 0,5 y 1
- Alto: entre 0,2 y 0,5
- Moderado: entre 0,1 y 0,2
- Bajo y muy bajo: valores menores a 0,1

### 2.3.1.1. Sostenibilidad ambiental de la Huella Hídrica Azul

La sostenibilidad ambiental de la Huella Hídrica Azul se efectuó mediante la combinación de las huellas azules de los sectores considerados en esta investigación, permitiendo así, describir la facilidad de acceso, uso y consumo del recurso para los habitantes de la microcuenca (Zárate Torres, Fernández Poulussen y Kuiper, 2017, p.34).

#### *Ecuación 14-2: Disponibilidad Ambiental de Agua Azul*

$$DispAmb_{H_2O\ Azul} = Of_{Esc\ Nat} - Q_{Ecológico}$$

Fuente: (Zárate Torres, Fernández Poulussen y Kuiper, 2017, p.34)

Donde:

$DispAmb_{H_2O\ Azul}$ : Disponibilidad ambiental de agua azul.

$Of_{Esc\ Nat}$ : Oferta que representa la escorrentía natural.

$Q_{Ecológico}$ : Caudal ecológico.

- *Escasez de agua Azul*

La escasez de agua azul se refirió al vínculo que posee la huella hídrica total azul relacionada con la microcuenca, esto dividido para la disponibilidad de agua azul (Campuzano et al., 2015, p.15-16).

#### *Ecuación 15-2: Escasez de Agua Azul*

$$ESC_{Azul} = \Sigma \frac{(HH_{Azul\ Total})}{(Disp_{H_2O\ Azul})}$$

Fuente: (Zárate Torres, Fernández Poulussen y Kuiper, 2017, p.35)

Donde:

$ESC_{Azul}$ : Escasez de Agua Azul.

$HH_{Azul\ Total}$ : huella hídrica azul total.

$Disp_{H_2O\ Azul}$ : Disponibilidad de agua Azul.

### 2.3.1.2. Sostenibilidad ambiental de la Huella Hídrica Verde

El análisis de sostenibilidad de la huella hídrica fue determinado mediante el cálculo del agua verde que se relacionó directamente con el empleo de este recurso en actividades antropogénicas, considerando la cantidad de agua que fue evaporada del suelo y que se presentó en forma de humedad ocasionada por las precipitaciones presentes en la microcuenca, tomando como referencia dicha evapotranspiración en la Microcuenca (Hoekstra et al., 2011, p.65).

#### *Ecuación 16-2: Disponibilidad Ambiental de Agua Verde*

$$DispAmb_{H_2O\ Verde} = Evapt_{verde} - Evapt_{Zonas\ Prot} - Evapt_{No\ Prod}$$

Fuente: (Zárate Torres, Fernández Poulussen y Kuiper, 2017, p.37)

Donde:

$DispAmb_{H_2O\ Verde}$ : Disponibilidad ambiental de agua verde.

$Evapt_{verde}$ : Evapotranspiración de la vegetación.

$Evapt_{Zonas\ Prot}$  : Vegetación en ecosistemas considerados como protegidos.

$Evapt_{No\ Prod}$ : Evapotranspiración en zonas no productivas.

#### - Escasez de agua Verde

La escasez de agua verde presenta un vínculo muy estrecho con el uso y manejo de los suelos. Es decir, se consideró el porcentaje de agua usada en las actividades productivas, teniendo como fin la preservación de estos ecosistemas (Seguí Amórtgui, García Vega y Guerrero, 2016, p.95).

#### *Ecuación 17-2: Escasez de Agua Verde.*

$$ESC_{Verde} = \Sigma \frac{HH_{Verde\ Total}}{Disp_{H_2O\ Verde}}$$

Fuente: (Zárate Torres, Fernández Poulussen y Kuiper, 2017, p.37)

Donde:

$ESC_{Verde}$ : Escasez de agua verde.

$HH_{Verde\ Total}$ : huella hídrica verde total.

$Disp_{H_2O\ Verde}$ : Disponibilidad de agua Verde.



### 2.3.1.3. Sostenibilidad ambiental de la Huella Hídrica Gris

La sostenibilidad de agua gris determinó la capacidad que posee la microcuenca para contener distintas concentraciones de contaminantes que fueron llevados a través de precipitaciones, estas concentraciones no correspondieron a la normativa puesto que tienden a alterar la calidad del cuerpo de agua, valorado mediante la aplicación del Índice de Contaminación del Agua, NCA(CTA; GSI-LAC; COSUDE; IDEAM, 2015, p.34), aplicado en la siguiente expresión:

*Ecuación 18-2: Índice de Contaminación del Agua*

$$IC_{H2O} = \frac{HH_{GA}}{ESC_{Real}}$$

Fuente: (Zárate Torres, Fernández Poulussen y Kuiper, 2017, p.39)

Donde:

$IC_{H2O}$ : Índice de Contaminación del Agua.

$HH_{GA}$ : Huella hídrica Gris.

$ESC_{Real}$ : Escorrentía Real.

Un valor mayor a 1 de NCA indica que la situación es insostenible y que la capacidad de asimilación de la microcuenca ha sido excedida y sobrepasada (CTA; GSI-LAC; COSUDE; IDEAM, 2015, p.34).

### 2.3.2. Análisis de la Sostenibilidad Económica de la Huella Hídrica.

El análisis de sostenibilidad económica permitió conocer el volumen de agua no usado dentro de un enfoque económico eficaz. Debido a esto, la capacidad económica que presenta el recurso hídrico entorno a la actividad económica que se genera en la microcuenca se definió según las actividades productiva de consumo o de uso que se realizan en los diferentes sectores analizados en la investigación (Zárate Torres, Fernández Poulussen y Kuiper, 2017, p.41).

#### 2.3.2.1. Sostenibilidad Económica de la Huella Hídrica en el Sector Agrícola

Este análisis permite determinar la eficiencia económica que presenta el manejo del agua en el desarrollo de las actividades primordiales que posee la microcuenca del Río Cebadas (Barragán y Siachoque, 2017, p.51-52).

Para evaluar la productividad aparente del agua azul se usó la siguiente fórmula.

*Ecuación 19-2: Productividad Aparente del Agua Azul del Sector Agrícola*

$$PA_{H2O\ azul} = \frac{(\text{Precio mercado}_{cultivo})}{(HH_{AA})}$$

Fuente: (Zárate Torres, Fernández Poulussen y Kuiper, 2017, p.41)

Donde:

$PA_{H2O\ azul}$ : Productividad Aparente de agua azul agrícola (\$/ha).

$\text{Precio mercado}_{cultivo}$ : precio del mercado del cultivo.

$HH_{AA}$ : Huella Hídrica Azul agrícola del cultivo (m<sup>3</sup>/año).

Para la obtención de la sostenibilidad económica de la Huella Hídrica en el sector Agrícola se consideró necesario determinar la productividad aparente de la tierra expresado en hectáreas cultivadas.

*Ecuación 20-2: Productividad Aparente de la Tierra*

$$PA_{tierra} = (\text{Precio mercado}_{cultivo})(Rend_{cultivo * Ha})$$

Fuente: (Zárate Torres, Fernández Poulussen y Kuiper, 2017, p.41)

Donde:

$PA_{tierra}$ : Productividad aparente de la tierra (\$/ha).

$\text{Precio mercado}_{cultivo}$ : precio de mercado del cultivo (\$/t).

$Rend_{cultivo * Ha}$ : rendimiento de un cultivo en una hectárea (t/ha).

*2.3.2.2. Sostenibilidad Económica de la Huella Hídrica en el Sector Pecuario*

La productividad aparente del agua azul sector pecuario, se calculó según la ecuación:

*Ecuación 21-2: Productividad Aparente del Agua Azul Pecuaria*

$$PA_{H2O\ azul\ pecuaria} = \frac{(\text{Valor prod}_{carne})}{(HH_{AP})}$$

Fuente: (Zárate Torres, Fernández Poulussen y Kuiper, 2017, p.41)

Donde:

$PA_{H2O\ azul\ pecuaria}$ : Productividad Aparente de agua azul pecuaria (\$/ha).

$\text{Valor prod}_{carne}$ : Valor producción de carne (\$/año).

$HH_{AP}$ : Huella Hídrica Azul pecuaria del cultivo (m<sup>3</sup>/año).

### 2.3.2.3. Sostenibilidad Económica de la Huella Hídrica en el Sector Doméstico.

Para conocer la productividad aparente del sector doméstico se lo cálculo de la siguiente manera

*Ecuación 22-2: Productividad Aparente de Agua Azul del Sector Doméstico*

$$PA_{H2O\ azul\ Doméstico} = \frac{Valor\ prod_{H2O\ potable}}{HH_{AD}}$$

Fuente: (Zárate Torres, Fernández Poulussen y Kuiper, 2017, p.41)

Donde:

$PA_{H2O\ azul\ Doméstico}$ : Productividad Aparente de agua azul doméstico(\$/ha).

$Valor\ prod_{H2O\ potable}$ : Valor producción de agua potable (\$/año).

$HH_{AD}$ : Huella Hídrica Azul doméstico (m<sup>3</sup>/año).

## 2.4. Sostenibilidad Social

El análisis de la sostenibilidad social permitió recabar información referente al uso igualitario y al correcto manejo del recurso hídrico, tomando en cuenta criterios sociales mediante información recopilada en el desarrollo de la investigación (Zárate Torres, Fernández Poulussen y Kuiper, 2017, p.42). Así también tiene como interés primordial el construir y mantener la calidad de vida de cada uno de los habitantes de la microcuenca (Campuzano et al., 2015, p.19).

Para desarrollar el análisis de la sostenibilidad social se consideraron tres escalafones de priorización que permitieron reasignar el agua correctamente según las condiciones existentes: Escalafón, cantidad de agua asignada para el desarrollo de actividades ecosistémicas y necesidades humanas escalafón 2, la cantidad de agua dirigida para personas con nivel alto de pobreza y como último escalafón, la cantidad de agua destinada para el desarrollo de actividades productivas (agrícolas, pecuarias) (Campuzano et al., 2015, p.19).

## 2.5. Fase IV: Formulación de Estrategias de Respuesta para la Gestión de la Huella Hídrica.

Para la formulación de estrategias de respuesta para la gestión de la huella hídrica de la microcuenca del río Cebadas se necesitaron alternativas que permitan aumentar la eficiencia en cuanto a uso y manejo del agua, así como también al uso igualitario que se le da al recurso en toda la microcuenca, se incluyó dentro de las alternativas, el desarrollo de la economía basada en el recurso, a su protección y de sus ecosistemas (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA), 2018, p.43-45).

Información obtenida del Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de la parroquia de Cebadas y en el Plan Nacional de Desarrollo “Toda una Vida”. Se tomó en consideración aspectos ambientales, económicos y sociales que los sectores agrícolas, pecuario y doméstico presentaron, estas consideraciones permitieron determinar las estrategias para la búsqueda compleja del desarrollo de las comunidades existentes en la zona de estudio.(Hoyos, 2020, p.17).

## CAPITULO III

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 3.1. Fase I: Alcance de la Evaluación de la Huella Hídrica.

**Tabla 6-3:** Puntos de monitoreo de calidad del agua de la Microcuenca del Rio Cebadas.

PUNTOS DE MUESTREO	UBICACIÓN	WGS 1984 UTM ZONA 17S		ALTITUD (m.s.n.m)
		Longitud (X)	Latitud (Y)	
Punto 1a	CEBADAS	765819	9772185	3179
Punto 2a		762940	9784927	2974
Punto 3a		763305	9791660	2854

Fuente: Tibanquiza F, Esparza R. 2020

Realizado por: Álvarez, Paulina; Andrade, Lisbeth, 2020.

**Tabla 7-3:** Puntos de monitoreo agro climatológicos de la Microcuenca del Rio Cebadas.

PUNTOS DE MUESTREO	UBICACIÓN	WGS 1984 UTM ZONA 17S		ALTITUD (m.s.n.m)
		Longitud (X)	Latitud (Y)	
Punto 1b	CEBADAS	-78,59959	-2,07679	3179
Punto 2b		-78,64079	-1,92869	2974
Punto 3b		-78,63249	-1,88169	2854

Fuente: Software Power NASA

Realizado por: Álvarez, Paulina; Andrade, Lisbeth, 2020

#### 3.1.1. Descripción de los puntos de muestreo

##### 3.1.1.1. Punto 1a

Su ubicación precisa se encuentra en las coordenadas 765819 de longitud y 9772185 de latitud y a una altitud 3179 m.s.n.m., este sector se caracteriza por su producción agrícola, en especial al cultivo de pastizales y a la producción netamente ganadera; estas actividades se ven representadas por la utilización del recurso agua procedente del río. Este punto fue localizado en el páramo.

#### *3.1.1.2. Punto 2a*

Sus coordenadas: 762940 de longitud y 9784927 de latitud y una altitud 2974 m.s.n.m., su principal característica es que las comunidades aledañas al punto se dedican con gran relevancia a la producción agrícola y en un porcentaje mínimo a la actividad pecuaria, usando al recurso hídrico como fuente primordial de Riego.

#### *3.1.1.3. Punto 3a*

Con coordenadas 763305 de longitud y 9791660 de latitud y a una altitud 2854 m.s.n.m., su característica principal al igual que los otros puntos de muestreo es que las comunidades presentes dentro de esta zona se dedican a producción agrícola, a la ganadería y con una leve inclinación a la producción pecuaria, utilizando el recurso agua para el desarrollo de estas actividades.

### ***3.1.2. Descripción de los puntos de muestreo agro climatológicos***

#### *3.1.2.1. Punto 1b*

La estimación del punto se basó en relación con la zona de muestreo de calidad del agua debido a la importancia climatológica que presenta el sector en cuanto a su altitud y relieve, generando variaciones de temperatura propias de la zona.

#### *3.1.2.2. Punto 2b*

La ubicación de este punto se basa en las actividades agrícolas y pecuarias netamente del sector debido a las condiciones climáticas que presenta, favoreciendo el desarrollo de los cultivos y la crianza de animales y generando diversidad económica en la zona.

#### *3.1.2.3. Punto 3b*

La principal característica es la disminución de altitud que presenta este punto variando su piso climático y de esta manera facilitando el desarrollo de actividades agrícolas y pecuarias dentro del sector, así como también el transporte de sus productos hacia otras ciudades.

### 3.1.3. Parámetros Fisicoquímicos

Para el desarrollo de este apartado se consideraron puntos de muestreo que fueron tomados bibliográficamente determinando los parámetros de pH y cauda:

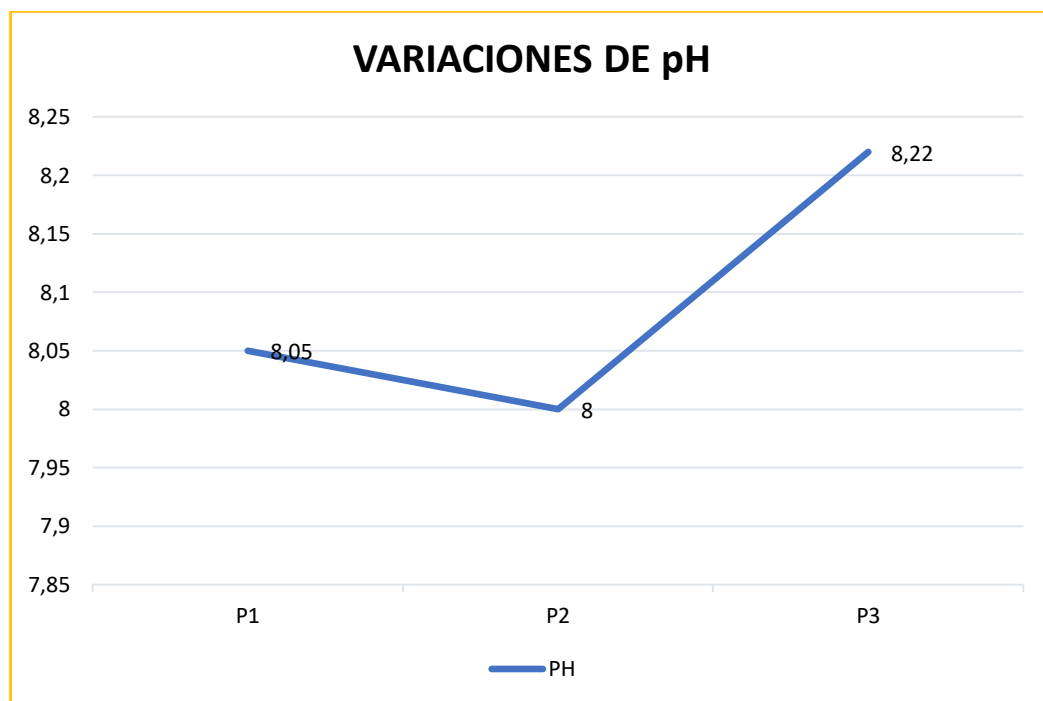
**Tabla 8-3:** Parámetros de muestreo

PUNTOS	PARÁMETROS	
	PH	CAUDAL (m <sup>3</sup> /s)
P1	8,05	1,91
P2	8	1,54
P3	8,22	1,77

Fuente: Tibanquiza F, Esparza R. 2020

Realizado por: Álvarez, Paulina; Andrade, Lisbeth, 2020

#### 3.1.3.1. pH



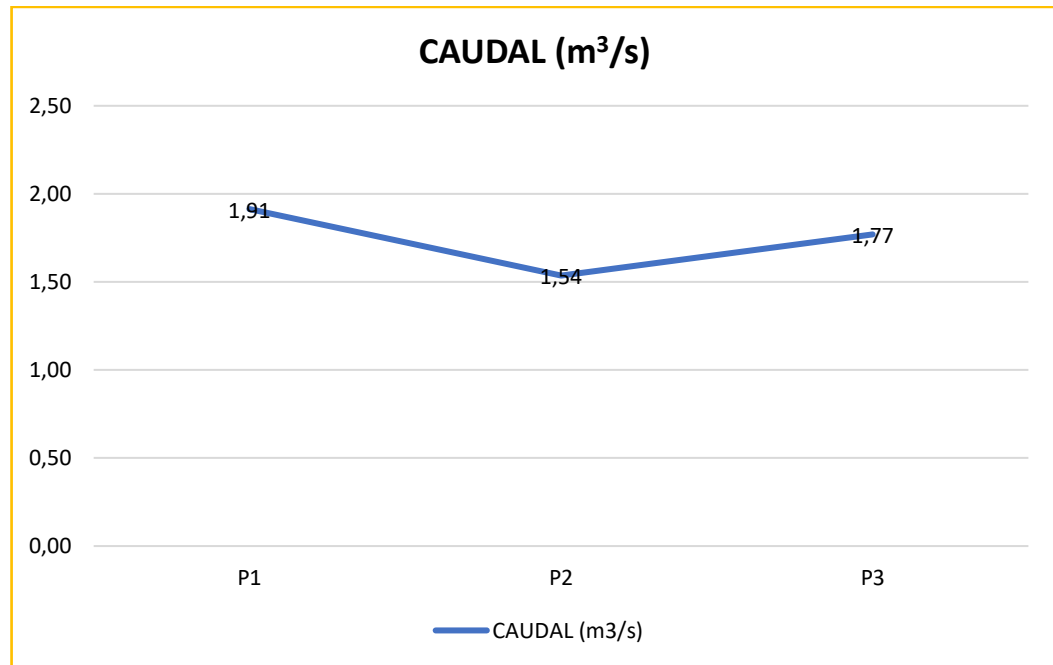
**Gráfico 2-3:** Datos de pH

Realizado por: Álvarez, Paulina; Andrade, Lisbeth, 2020

Los datos obtenidos de pH en la microcuenca del Rio Cebadas presentaron una media de 8,09, como valor más alto 8,22 perteneciente al punto 3 mismo que se encuentra ubicado en la desembocadura del cuerpo hídrico, este valor es el resultado de las actividades agrícolas (Cultivos de papa, haba, maíz, trigo, cebada), pecuarias (Crianza de ganado bovino, ovino, porcino) y

domésticas presentes en la zona. De la misma manera el valor más bajo lo presentó el punto 2 con un pH de 8, debido a que existe menor producción pecuaria y menor actividad antropogénica. Como menciona el TULSMA en el libro 6 Anexo 1, el valor permisible “*para aguas de consumo humano y uso doméstico, que únicamente requieren de un tratamiento habitual de desinfecciones entre 6 y 9*”, los valores de pH se encuentran en los límites permisibles.

### 3.1.3.2. Caudal



**Gráfico 3-3:** Datos de caudal

Realizado por: Álvarez, Paulina; Andrade, Lisbeth, 2020

La microcuenca del Río Cebadas al presentar diferentes altitudes afecta los caudales en el trayecto de su cauce. El caudal del punto 1 fue de 1,91 m<sup>3</sup>/s, al ser el punto de su nacimiento, este valor se constituyó en el más alto dentro de todo su recorrido, puesto que se encuentra ubicado en un sistema de almacenamiento de agua continuo actuando como almohadilla absorbente.

Para el análisis de la investigación se requirieron parámetros de laboratorio que facilitaron el desarrollo de la cuantificación de la Huella Hídrica.

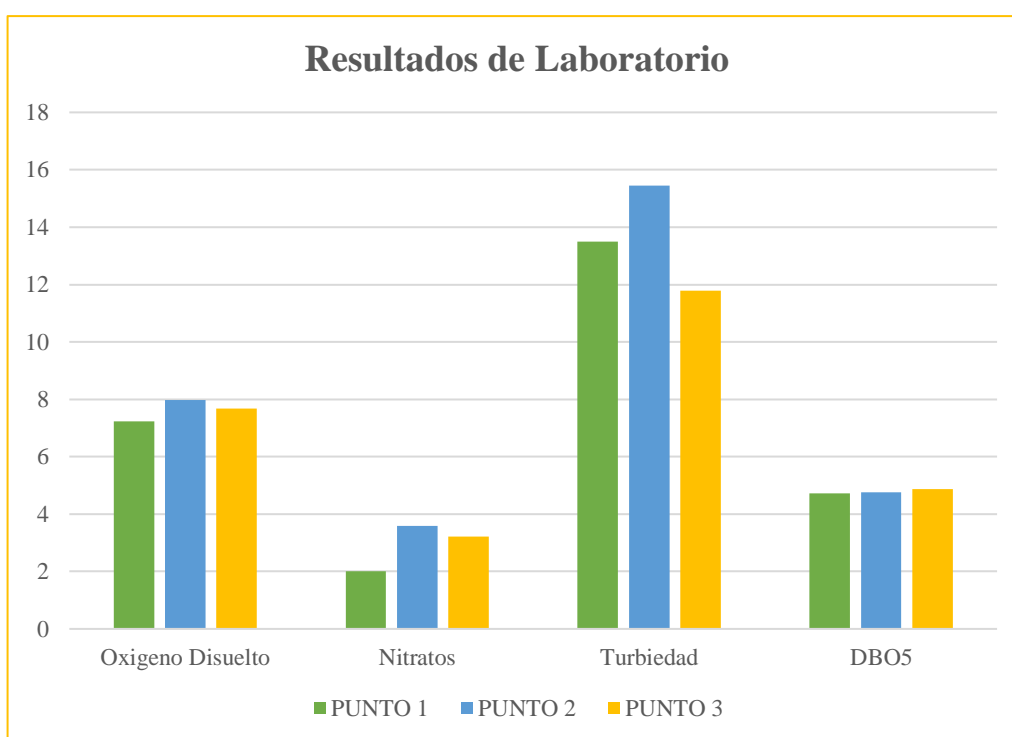


**Tabla 9-3:** Parámetros de muestreo fisicoquímicos.

Parámetros	Unidades	Puntos		
		Punto 1	Punto 2	Punto 3
Oxígeno Disuelto	mg O <sub>2</sub> /L	7,24	7,98	7,68
Nitratos	mg/L	2	3,58	3,22
Turbiedad	FTU-NTU	13,5	15,44	11,79
DBO5	mg O <sub>2</sub> /L	4,72	4,76	4,88

Fuente: Tibanquiza F, Esparza R. 2020

Realizado por: Álvarez, Paulina; Andrade, Lisbeth, 2020



**Gráfico 4-3:** Datos de caudal

Fuente: Tibanquiza F, Esparza R. 2020

Realizado por: Álvarez, Paulina; Andrade, Lisbeth, 2020

### 3.1.3.3. Oxígeno Disuelto

En este parámetro se observó que el punto 1 presentó menor oxígeno disuelto con 7,24 mgO<sub>2</sub>/L a causa de temperaturas relativamente bajas y su elevada altitud. El punto 2 tuvo un valor mayor de 7,98 mgO<sub>2</sub>/L por el decrecimiento de altitud lo que generó mejor oxigenación de agua en este sector. El punto 3 tuvo un valor de 7,68 mgO<sub>2</sub>/L ocasionado por el incremento de temperatura y el decrecimiento de su altitud, otro factor que influye en este valor fue la cantidad de desechos provenientes de animales y actividades antropogénicas.

#### *3.1.3.4. Nitratos*

De acuerdo con el TULSMA libro VI, el límite máximo permisible de nitratos para consumo humano o de uso doméstico y uso pecuario es de 10 mg/L; por lo que los valores obtenidos en los tres puntos muestreados se encontraron dentro de los límites establecidos.

#### *3.1.3.5. Turbiedad*

Los datos de turbiedad obtenidos se encontraron dentro de los límites permisibles para las aguas de origen natural con un valor de 100 NTU, donde, el punto 1 presentó un valor de 13,5 NTU, esto con base en la escasa actividad antropogénica. El punto 2 presenta un valor de 15,44 NTU ya que las actividades pecuarias representan un incremento significativo en este sector, mientras que, el punto 3 se vió representado con un valor de 11, 79 NTU por la presencia de lluvias durante las fechas de muestreo lo que ocasionó que el valor de turbiedad haya disminuido.

#### *3.1.3.6. DBO<sub>5</sub>*

De acuerdo con el TULSMA el límite máximo permisible para aguas de consumo humano es de 2.0 mg/L, determinando que el valor promedio de los 3 puntos es de 4,78 mg/L valor que se encuentra fuera de los límites máximos permisibles, por causa de la carga orgánica vertida al efluente.

### **3.2. Fase II: Cuantificación de la Huella Hídrica por Sectores.**

#### *3.2.1. Huella Hídrica Verde*

##### *3.2.1.1. Parámetros meteorológicos*

**Tabla 10-3:** Variables meteorológicas

AÑO	MES	PRECIPITACIÓN	WS2M		Humedad Relativa	T° máx.	T° min.	T°
			m/s	Km/día				
2019	Noviembre	3,94	1,55	133,70	83,08	14,80	8,11	12,03
2019	Diciembre	4,59	1,79	154,43	83,37	14,88	8,42	12,22
2020	Enero	3,64	2,13	184,41	82,75	14,95	8,31	12,27
2020	Febrero	3,68	1,75	150,87	85,16	15,19	8,81	12,57
2020	Marzo	2,51	1,49	129,01	85,92	15,05	9,07	12,60
2020	Abril	6,56	1,88	162,50	85,37	14,68	8,19	12,08
2020	Mayo	5,80	2,47	213,84	85,30	14,49	8,13	11,89
2020	Junio	4,40	2,52	217,33	83,71	13,52	6,87	10,82
2020	Julio	2,81	2,80	241,67	82,76	13,06	6,23	10,33
2020	Agosto	0,98	2,61	225,55	77,15	13,71	6,17	10,92
2020	Septiembre	1,49	2,66	229,59	78,21	14,09	6,71	11,23
2020	Octubre	2,05	2,55	220,35	77,91	14,56	7,02	11,73
2020	Noviembre	20,08	1,42	122,52	86,66	13,81	7,81	11,49

Fuente: CROPWAT 8.0

Realizado por: Álvarez, Paulina; Andrade, Lisbeth, 2020

Los datos obtenidos del satélite facilitaron el desarrollo de la investigación, proporcionando información de precipitación, velocidad del viento, humedad relativa, temperatura, temperatura máxima y mínima en un periodo de 365 días en los 3 puntos de interés. Favoreciendo el ingreso de datos en el software.

### 3.2.1.2. Requerimientos del Software

El manejo del software CROPWAT se basó en la utilización de las siguientes variables:

- *Datos climatológicos de la microcuena*

**Tabla 11-3:** Variables climatológicas

Mes	T° Min	T° Max	Humedad	Viento	Insolación	Rad	ET <sub>o</sub>
	°C	°C	%	km/día	horas	MJ/m <sup>2</sup> /día	mm/día
<b>Enero</b>	8.3	14.9	83	184	12.1	26.9	4.14
<b>Febrero</b>	8.8	15.2	85	151	12.1	27.9	4.40
<b>Marzo</b>	9.1	15.1	86	129	12.0	28.3	4.56
<b>Abril</b>	8.2	14.7	85	163	12.0	27.7	4.32
<b>Mayo</b>	8.1	14.5	85	214	11.9	26.3	3.96
<b>Junio</b>	6.9	13.5	84	217	11.9	25.4	3.72
<b>Julio</b>	6.2	13.1	83	242	11.9	25.7	3.67
<b>Agosto</b>	6.2	13.7	77	226	11.9	26.9	4.04
<b>Septiembre</b>	6.7	14.1	78	230	12.0	27.9	4.23
<b>Octubre</b>	7.0	14.6	78	220	12.0	27.7	4.26
<b>Noviembre</b>	8.1	14.8	83	134	12.1	27.0	4.21
<b>Diciembre</b>	8.4	14.8	83	154	12.1	26.4	4.09
<b>Promedio</b>	7.7	14.4	83	189	12.0	27.0	4.13

Fuente: CROPWAT 8.0

Realizado por: Álvarez, Paulina; Andrade, Lisbeth, 2020

Los datos obtenidos del POWER NASA aportaron principalmente a la ejecución del programa CROPWAT, ya que se partió de estos datos para el desarrollo de la huella hídrica del sector agrícola.

- Precipitación

**Tabla 12-3:** Datos de precipitación

MES	Precipitación	Precipitación efectiva
	mm	mm
<b>Enero</b>	3.9	3.9
<b>Febrero</b>	3.6	3.6
<b>Marzo</b>	2.5	2.5
<b>Abril</b>	6.5	6.4
<b>Mayo</b>	5.8	5.7
<b>Junio</b>	4.4	4.4
<b>Julio</b>	2.8	2.8
<b>Agosto</b>	0.9	0.9
<b>Septiembre</b>	1.4	1.4
<b>Octubre</b>	2.1	2.1
<b>Noviembre</b>	3.9	3.9

<b>Diciembre</b>	4.5	4.5
<b>Total</b>	42.3	42.0

Fuente: CROPWAT 8.0

Realizado por: Álvarez, Paulina; Andrade, Lisbeth, 2020

Este parámetro se determinó a partir de la toma de datos del satélite y posteriormente del ingreso de datos al programa CROPWAT, debido a la escasa accesibilidad de información de la estación meteorológica perteneciente a la parroquia Cebadas.

- *Cultivo*

**Tabla 13-3:** Kc de los cultivos

<b>Cultivo</b>	<b>Kc Inicial</b>	<b>Kc medio</b>	<b>Kc final</b>
<b>Papa</b>	0,5	1,15	1,75
<b>Maíz</b>	0,7	1,2	0,6
<b>Haba</b>	0,5	1,15	1,1
<b>Cebada</b>	0,3	1,15	0,25
<b>Trigo</b>	0,7	1,15	0,3

Fuente: CROPWAT 8.0

Realizado por: Álvarez, Paulina; Andrade, Lisbeth, 2020

Para el desarrollo de este parámetro fue importante identificar los cultivos más representativos dentro de la microcuenca. Estos valores fueron obtenidos a partir de la FAO con el propósito de obtener datos de mayor precisión.

- *Profundidad Radicular y altura*

**Tabla 14-3:** Valores de profundidad radicular y altura de los cultivos

<b>Cultivo</b>	<b>Profundidad Radicular</b>		<b>Altura de Cultivo</b>
	<b>Mínima</b>	<b>Máxima</b>	<b>(m)</b>
<b>Papa</b>	0,25	0,6	1
<b>Maíz</b>	0,25	0,5	3
<b>Haba</b>	0,5	0,79	0,8
<b>Cebada</b>	1	1,15	1
<b>Trigo</b>	1,6	1,8	0,9

Fuente: CROPWAT 8.0

Realizado por: Álvarez, Paulina; Andrade, Lisbeth, 2020

Estas características difieren según el tipo de cultivo. El cual es causado por diferentes factores como la altitud de la zona, el tipo de suelo y el requerimiento de agua que cada cultivo necesita. Además, esta información permitió identificar que el maíz presenta mayor altura con 1m y el trigo mayor profundidad radicular.

- *Siembra y Cosecha*

**Tabla 15-3:** Fecha de siembra y cosecha de los cultivos

<b>Cultivo</b>	<b>Fecha de Siembra</b>	<b>Fecha de Cosecha</b>
<b>Papa</b>	Mayo y Octubre	Octubre, noviembre y Diciembre
<b>Maíz</b>	Octubre y Noviembre	Julio a Septiembre
<b>Haba</b>	Todo el año	Todo el año
<b>Cebada</b>	Septiembre a Enero	Junio a Julio
<b>Trigo</b>	Diciembre	Septiembre

Fuente: CROPWAT 8.0

Realizado por: Álvarez, Paulina; Andrade, Lisbeth, 2020

Para el desarrollo de este apartado se utilizó información bibliográfica del PDyOT y del Plan de manejo y cogestión del territorio hídrico de Cebadas, el cual menciona las fechas óptimas de siembra y cosecha de los cultivos más representativos de la parroquia.

- *Etapas de Crecimiento*

**Tabla 16-3:** Etapas de crecimiento

<b>Cultivo</b>	<b>Etapas de Crecimiento</b>				
	<b>Inicial</b>	<b>Desarrollo</b>	<b>Med</b>	<b>fin de temporada</b>	<b>total</b>
<b>Papa</b>	21	80	70	29	200
<b>Maíz</b>	20	35	40	30	125
<b>Haba</b>	15	25	35	15	90
<b>Cebada</b>	40	30	40	20	130
<b>Trigo</b>	20	60	70	30	180

Fuente: CROPWAT 8.0

Realizado por: Álvarez, Paulina; Andrade, Lisbeth, 2020

La información fue obtenida a partir de investigaciones realizadas por la FAO, MAG y el INIAP proporcionando datos requeridos por el software. Además, dentro de estos cultivos se encuentra:

la papa como el cultivo de mayor proporción en la microcuenca, y el haba como el producto que presentó un rápido desarrollo debido a que su etapa de crecimiento toma 90 días.

- *Agotamiento Crítico*

**Tabla 17-3:** Fracción de agotamiento para cada cultivo

Cultivo	Agotamiento Crítico(fracción)		
	Inicial	Medio	Final
<b>Papa</b>	0,36	0,4	0,44
<b>Maíz</b>	0,51	0,55	0,59
<b>Haba</b>	0,41	0,45	0,49
<b>Cebada</b>	0,51	0,55	0,59
<b>Trigo</b>	0,47	0,55	0,63

Fuente: CROPWAT 8.0

Realizado por: Álvarez, Paulina; Andrade, Lisbeth, 2020

En la tabla 12-3 se encuentra el factor de agotamiento crítico que representó el grado de humedad que hay en el suelo generado por el estrés que ocasiona la escasez de agua, afectando a la evapotranspiración del cultivo y el desarrollo de su producción.

- *Factor de Rendimiento*

**Tabla 18-3:** Factor de respuesta de rendimiento de los cultivos

Cultivo	F. Respuesta rendimiento				
<b>Papa</b>	1,1	1	0,95	0,9	0,9
<b>Maíz</b>	1,25	1,2	1,18	1,15	1,11
<b>Haba</b>	1,05	0,96	0,95	0,85	0,85
<b>Cebada</b>	1,05	1	0,95	0,9	0,9
<b>Trigo</b>	1,05	1	0,98	0,95	0,95

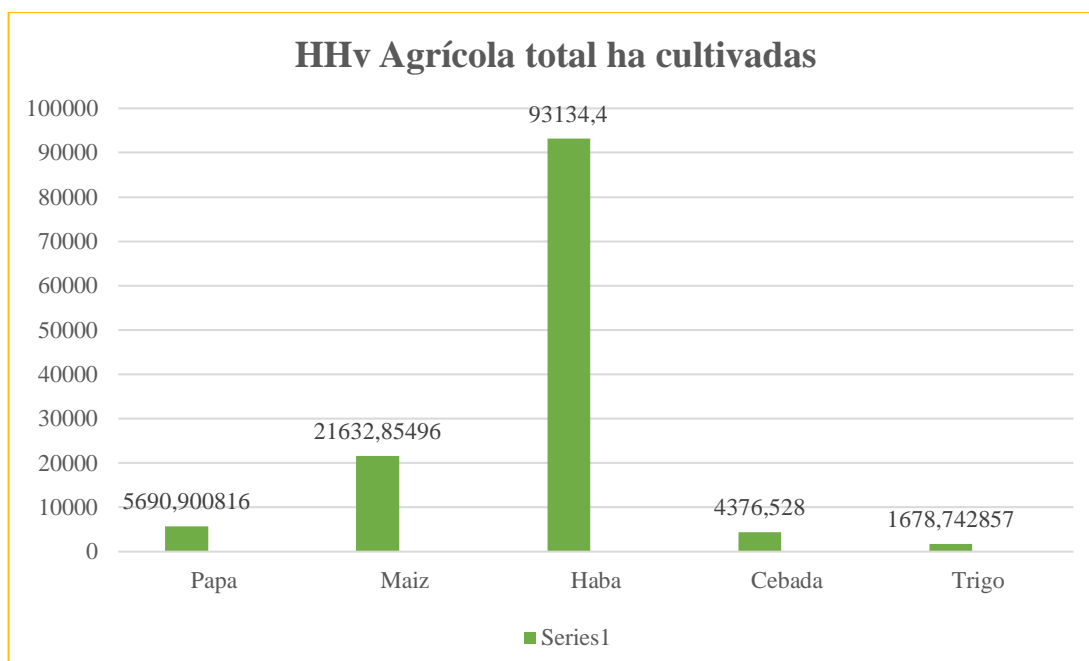
Fuente: CROPWAT 8.0

Realizado por: Álvarez, Paulina; Andrade, Lisbeth, 2020

El factor de respuesta de rendimiento consiste en identificar la baja producción en los cultivos debido a la limitación de humedad en el suelo. Esta información se obtuvo a partir del estudio de riego y drenaje que detalla la respuesta del rendimiento de los cultivos de agua propuesto por la FAO. El cual aportó datos esenciales para el manejo del software y posteriormente la obtención de la huella hídrica.

### 3.2.1.3. Huella Hídrica Verde Agrícola

La huella hídrica verde es la disponibilidad de agua en forma de precipitación para los cultivos y que no se transforma en escorrentía.



**Gráfico 5-3:** Huella Hídrica Verde Agrícola

**Realizado por:** Álvarez, Paulina; Andrade, Lisbeth, 2020

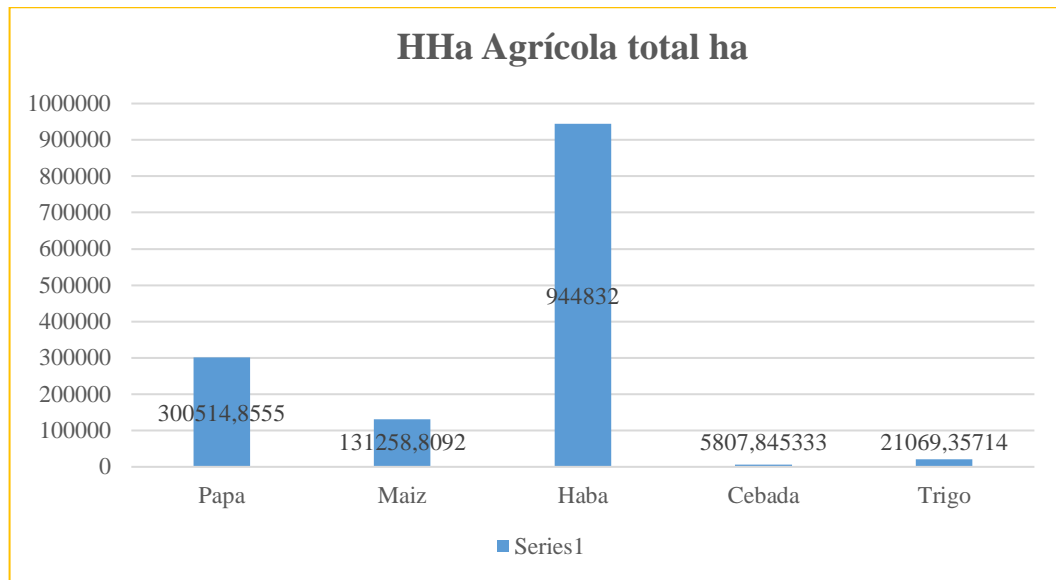
Los resultados de la huella hídrica verde del sector agrícola determinaron que dentro de los cultivos representativos de la microcuenca; el trigo presentó la huella más baja con un valor de  $1678,74\text{m}^3/\text{t}$  debido al poco requerimiento de agua que necesita el cultivo después de haber preparado el suelo y posterior a su siembra por lo que las plantas no necesitan de un sistema de riego continuo. El siguiente cultivo con una huella hídrica baja es la cebada con  $4376,528\text{ m}^3/\text{t}$ , al igual que trigo, es un cultivo que necesita poca cantidad de agua en su desarrollo. La papa con un valor de  $5690,90\text{ m}^3/\text{t}$  presenta un requerimiento medio de agua en la etapa de germinación y crecimiento del tubérculo necesitando riegos suplementarios durante los periodos de sequía. El maíz con una huella de  $21632,85\text{ m}^3/\text{t}$  superior a la de la papa, es un cultivo que necesita un aporte periódico del recurso hídrico durante su ciclo de vida y, finalmente el haba con una huella hídrica mayor a los demás cultivos con un valor de  $93134,4\text{ m}^3/\text{t}$  indicando que la demanda hídrica se debe a que es un cultivo muy sensible a la falta de agua durante la etapa de florecimiento hasta la formación de sus vainas.



### 3.2.2. Huella Hídrica Azul

Es el volumen de agua dulce obtenida a partir de aguas lóaticas y lénticas incluyendo a las fuentes subterráneas para ser utilizadas en un proceso de producción agrícola, pecuario o doméstico.

#### 3.2.2.1. Sector Agrícola

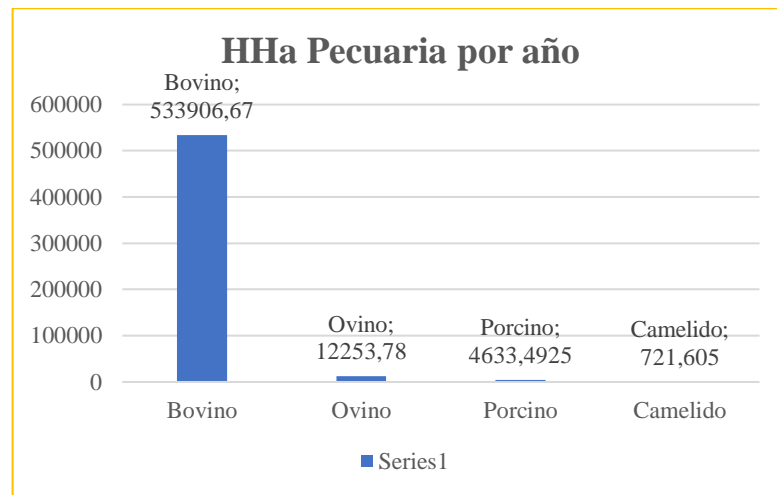


**Gráfico 6-3:** Huella Hídrica Azul Agrícola

Realizado por: Álvarez, Paulina; Andrade, Lisbeth, 2020

La huella hídrica azul agrícola permitió identificar la cantidad de agua consumida por cada cultivo cebada, trigo y maíz, cultivos que presentaron menor huella hídrica con 5807,85 m<sup>3</sup> /t\*año, 21069,35 m<sup>3</sup> /t\*año y 131258,80 m<sup>3</sup> /t\*año, respectivamente, estos valores con base en que son cultivos que se siembran en época con menor cantidad de precipitación. La papa con una huella de 300514,85 m<sup>3</sup> /t\*año, seguido del haba con mayor huella hídrica son cultivos que para su desarrollo requiere de una cantidad considerable de agua.

### 3.2.2.2. Sector Pecuario

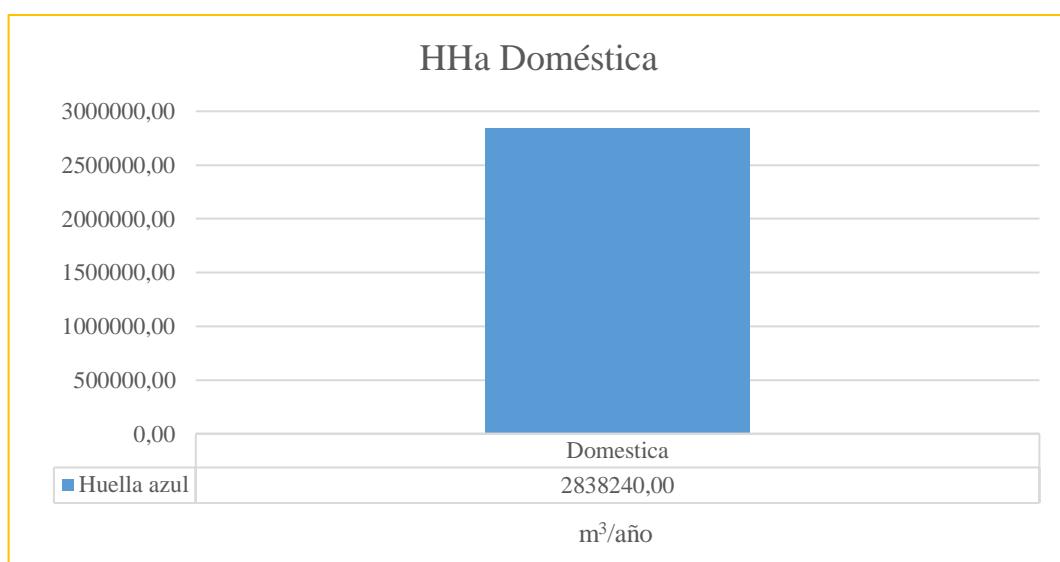


**Gráfico 7-3:** Huella Hídrica Azul Pecuaria

**Realizado por:** Álvarez, Paulina; Andrade, Lisbeth, 2020

En el resultado de la huella hídrica azul del sector pecuario el ganado ovino, porcino y camélido presentaron valores bajos de 12253,78 m<sup>3</sup>/año, 4633,49 m<sup>3</sup>/año y 721,60 m<sup>3</sup>/año respectivamente porque en la microcuenca existe poca producción de estos animales y por ende el consumo de agua y alimentos es menor en comparación al ganado bovino que presenta el valor mayor de huella azul con 533906,67 m<sup>3</sup>/año cuya producción es elevada y por lo tanto el consumo de agua como de alimento se incrementa considerablemente.

### 3.2.2.3. Sector Domestico



**Gráfico 8-3:** Huella Hídrica Azul Doméstica

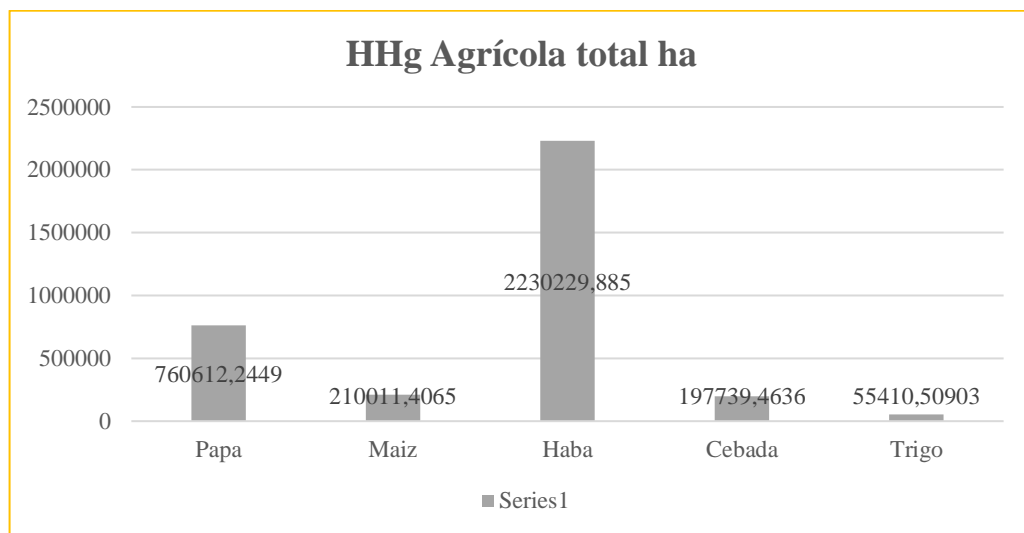
**Realizado por:** Álvarez, Paulina; Andrade, Lisbeth, 2020

La huella hídrica azul del sector doméstico presentó un valor de 2838240 m<sup>3</sup>/año, refiriéndose al consumo de agua por habitante de la microcuenca determinando que el consumo de agua en la zona es elevado ya que no existe una cultura fomentada en el cuidado del recurso, referente al consumo diario.

### 3.2.3. Huella Hídrica Gris

La determinación de la huella hídrica gris se basó en: la cantidad de agua requerida y su posible contaminación generada por actividades antropogénicas.

#### 3.2.3.1. Sector Agrícola

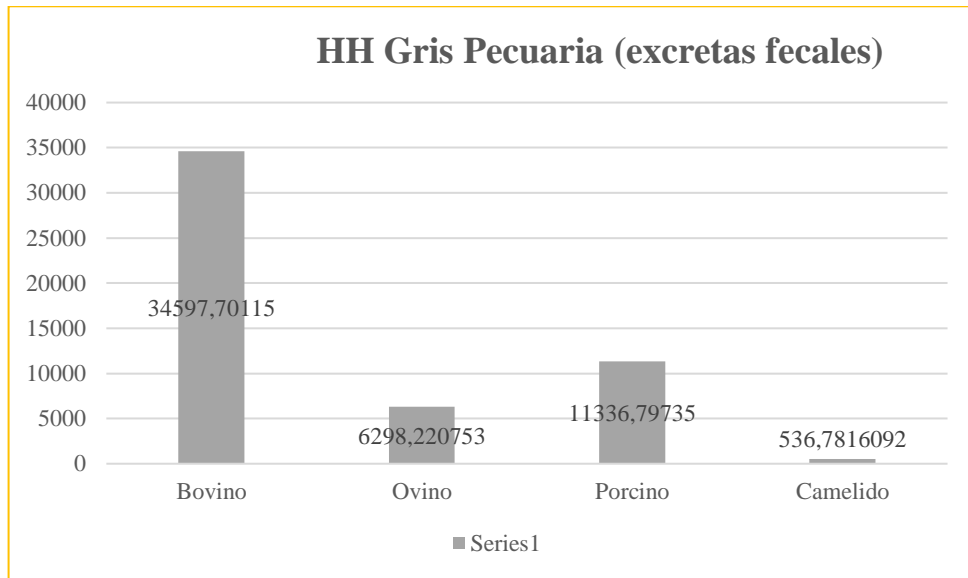


**Gráfico 9-3:** Huella Hídrica Gris Agrícola

**Realizado por:** Álvarez, Paulina; Andrade, Lisbeth, 2020

La huella hídrica gris agrícola presentó valores bajos en los cultivos de trigo, cebada y maíz con 55410,51 m<sup>3</sup>/ton\*año, 197739,47 m<sup>3</sup>/ton\*año y 210011,41 m<sup>3</sup>/ton\*año, respectivamente, causado por el bajo requiriendo de agua que necesita cada cultivo. Posteriormente la papa presentó valores medios de 760612,24 m<sup>3</sup>/ton\*año y el haba con 2230229,88 m<sup>3</sup>/ton\*año, mostró una huella hídrica gris elevada debido a que su demanda hídrica es alta facilitando la asimilación de la carga contaminante presente en este cultivo.

### 3.2.3.2. Sector Pecuario

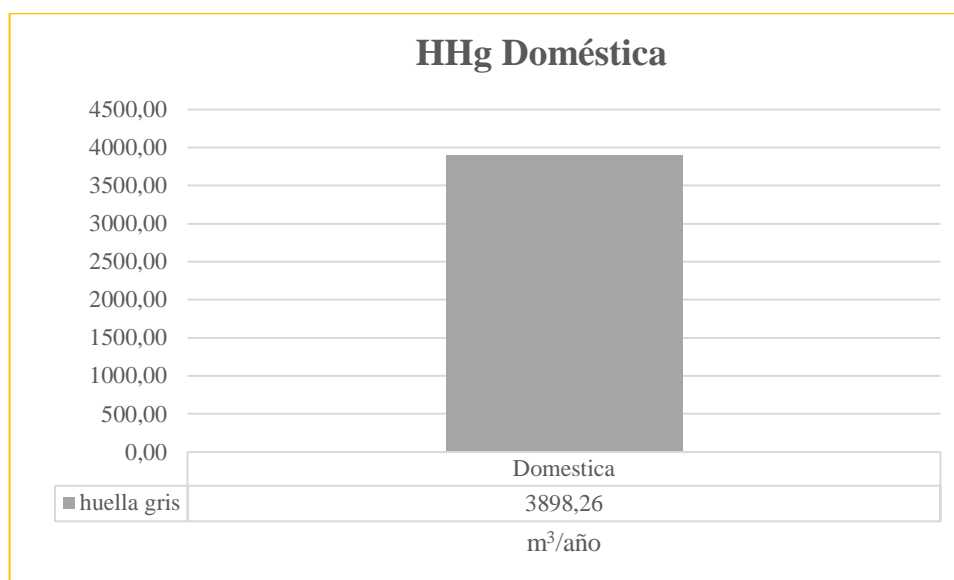


**Gráfico 10-3:** Huella Hídrica Gris Pecuaria

**Realizado por:** Álvarez, Paulina; Andrade, Lisbeth, 2020

La huella hídrica gris pecuaria del ganado camélido con 536,78 m<sup>3</sup>/año, ovino con 6298,22 m<sup>3</sup>/año y porcino con 11336,79 m<sup>3</sup>/año fue menor en comparación al bovino con un valor mayor de 34597,70 m<sup>3</sup>/año relacionado con la cantidad de alimento ingerido y el contenido de nitrógeno en sus excretas, además este valor también es elevado por causa de la producción animal con fines comerciales y por los subproductos que el ganado genera.

### 3.2.3.3. Sector Doméstico



**Gráfico 11-3:** Huella Hídrica Gris Doméstica

**Realizado por:** Álvarez, Paulina; Andrade, Lisbeth, 2020

Para el cálculo de la huella gris doméstica se consideró la DBO<sub>5</sub> como indicador de contaminación en la microcuenca, respecto a que la carga contaminante en el agua es menor en relación con la huella hídrica azul, lo mencionado indica que la disponibilidad de agua para consumo es alta.

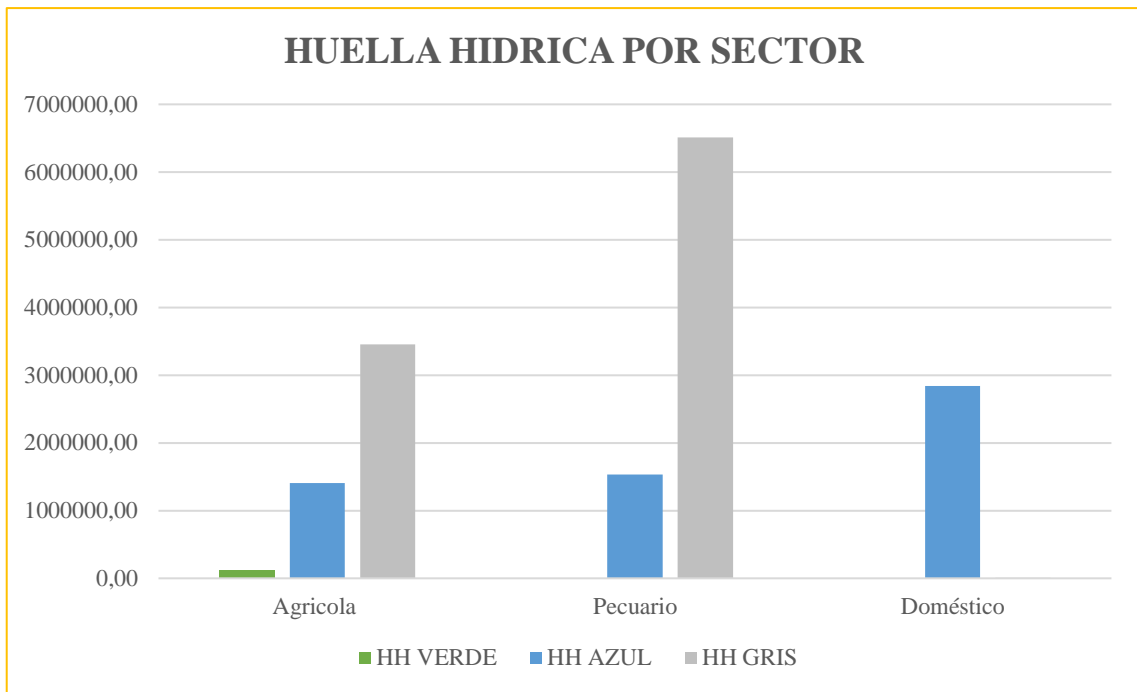
### 3.2.4. Huella Hídrica por Sectores

**Tabla 19-3:** Huella hídrica por sector

	<b>HH VERDE</b> (m <sup>3</sup> /t*año)	<b>HH AZUL</b> (m <sup>3</sup> /año)	<b>HH GRIS</b> (m <sup>3</sup> /año)
<b>Agrícola</b>	126513,43	1403482,87	3454003,51
<b>Pecuario</b>		1529996,29	2860395,462
<b>Doméstico</b>		2838240,00	3898,26

**Fuente:** CROPWAT 8.0

**Realizado por:** Álvarez, Paulina; Andrade, Lisbeth, 2020



**Gráfico 12-3:** Huella Hídrica por sector

**Realizado por:** Álvarez, Paulina; Andrade, Lisbeth, 2020

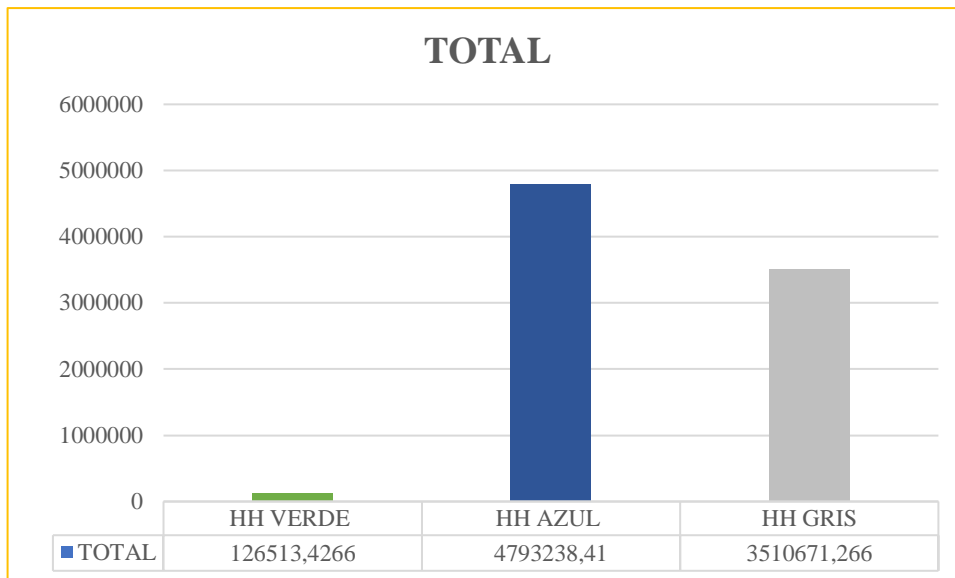
En esta huella hídrica el sector pecuario y agrícola presentaron una huella gris superior ya que sus procesos productivos generaron cargas contaminantes como la cantidad de nitrógeno presente en las excretas fecales originados en el sector pecuario y la cantidad de nitrógeno amoniacal existente en los fertilizantes utilizados para el desarrollo de los cultivos en el sector agrícola. Posteriormente el sector doméstico, pecuario y agrícola presentaron huellas hídricas azules cercanas determinando que la disponibilidad de agua para cada sector es la apropiada permitiendo el desarrollo de sus actividades.

### 3.2.5. Huella Hídrica Total por Colores

**Tabla 20-3:** Huella hídrica total por color

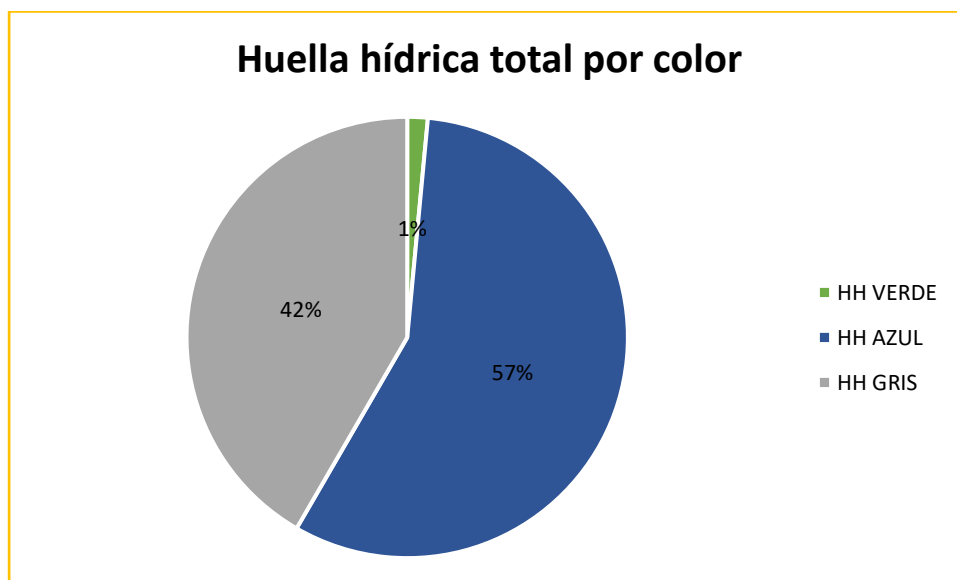
	HH VERDE (m³/t*año)	HH AZUL (m³/año)	HH GRIS (m³/año)
<b>TOTAL</b>	126513,42	4793238,41	3510671,27

**Realizado por:** Álvarez, Paulina; Andrade, Lisbeth, 2020



**Gráfico 13-3:** Huella Hídrica total por color

**Realizado por:** Álvarez, Paulina; Andrade, Lisbeth, 2020



**Gráfico 14-3:** Huella Hídrica total por color en porcentajes

**Realizado por:** Álvarez, Paulina; Andrade, Lisbeth, 2020

El resultado de la huella hídrica total de la microcuenca del Río Cebadas establece que predomina la huella azul con un 57 % indicando que la cantidad de agua superficial es mayor, beneficiando el desarrollo de sus actividades ya que es una zona de la microcuenca en la que se acumula el agua a manera de almohadilla. En segundo lugar se encuentra la huella hídrica gris con 42% representando la cantidad de agua contaminada durante los procesos productivos. Por último la huella hídrica verde presentó un 1% resultado del consumo total de agua lluvia que no se ha transformado en escorrentía.

### 3.3. Fase III: Análisis de la Sostenibilidad de la Huella Hídrica.

El alcance del análisis de sostenibilidad requirió del cálculo total de la huella hídrica, el cual permitió determinar la sostenibilidad de la atribución del agua en la microcuenca, con el fin de conocer el equilibrio existente en cuanto a la disponibilidad del agua en las diferentes actividades llevadas a cabo dentro del área de estudio. Las perspectivas que se consideraron fundamentales para evaluar la sostenibilidad fueron: ambiental, económica y social.

#### 3.3.1. Sostenibilidad Ambiental.

##### 3.3.1.1. Sostenibilidad Ambiental de la huella Hídrica Verde.

**Tabla 21-3:** Sostenibilidad de la Huella Hídrica Verde

<b>ANÁLISIS DE SOSTENIBILIDAD HUELLA HÍDRICA VERDE</b>	
Disponibilidad De Agua Verde (m <sup>3</sup> /año)	4668350
Huella Hídrica Verde (m <sup>3</sup> /año)	126000
Escasez	0,026

Realizado por: Álvarez, Paulina; Andrade, Lisbeth, 2020

La cuantificación de la sostenibilidad ambiental de la huella hídrica verde se basó en la relación entre la huella hídrica verde y la disponibilidad de agua verde que fue obtenido de la evapotranspiración de la huella hídrica verde dato que fue proporcionado por el software CROPWAT 8.0. El resultado entre estas cifras dio como producto el índice de escasez con un valor de 0,026 indicando que la cantidad de agua presente en la microcuenca es sostenible por lo que beneficia a todas las actividades agrícolas desarrolladas en la zona.

##### 3.3.1.2. Sostenibilidad Ambiental de la huella Hídrica Azul.

El cálculo de la sostenibilidad ambiental de la huella hídrica azul se obtuvo a partir de la disponibilidad del agua azul cuantificada a través de la oferta hídrica que fue estimada mediante la precipitación anual y el caudal ecológico.

**Tabla 22-3:** Sostenibilidad de la Huella Hídrica Azul

<b>ANÁLISIS DE SOSTENIBILIDAD HUELLA HÍDRICA AZUL</b>	
Oferta (m <sup>3</sup> /año)	718000000
Caudal Ecológico (m <sup>3</sup> /año)	525000000
Disponibilidad De Agua Azul (m <sup>3</sup> /año)	665500000
Escasez	0,007

Realizado por: Álvarez, Paulina; Andrade, Lisbeth, 2020



Para la obtención de la sostenibilidad de la huella hídrica azul se realizó una diferencia entre la oferta y el caudal ecológico permitiendo tener una disponibilidad de agua azul de 665500000 (m<sup>3</sup>/año). Posteriormente se obtuvo el índice de escasez a partir del cálculo entre la huella hídrica azul y la disponibilidad de agua calculada anteriormente, generando un resultado de 0,007 que indica la existencia de condiciones favorables del recurso en la microcuenca demostrando que el agua azul presentó una buena sostenibilidad debido a que la zona en la que se encuentra la microcuenca corresponde a una amplia extensión de páramos permitiendo el abastecimiento de agua a toda la población.

### 3.3.1.3. Sostenibilidad Ambiental de la huella Hídrica Gris.

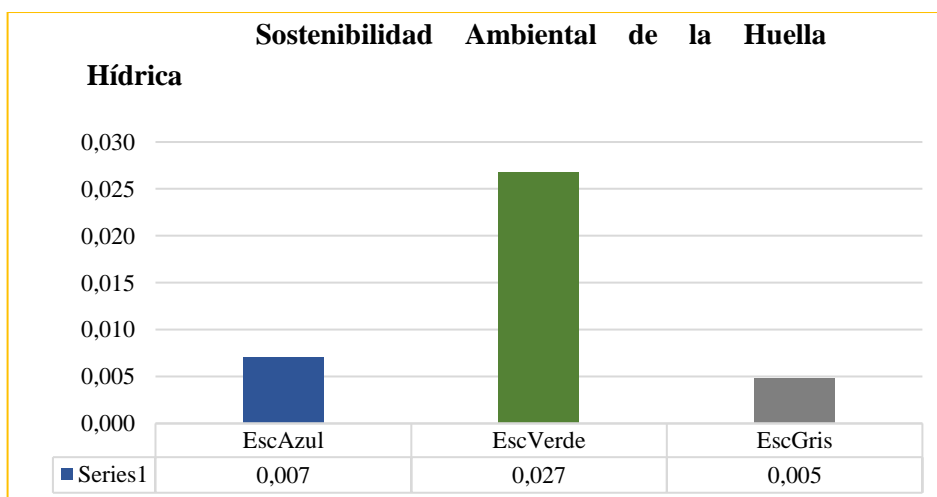
**Tabla 23-3:** Sostenibilidad de la Huella Hídrica Gris

Huella Hídrica Gris (m <sup>3</sup> /año)	3110671
Escorrentía Real (m <sup>3</sup> /año)	718000000
Nivel de contaminación ambiental	0,0048

**Realizado por:** Álvarez, Paulina; Andrade, Lisbeth, 2020

En la determinación de la sostenibilidad ambiental de la huella hídrica gris se necesitó del valor total de la huella hídrica gris y la escorrentía real dando como resultado el nivel de contaminación ambiental de 0,0048 mencionando que la sostenibilidad de la microcuenca es alta ya que la capacidad de asimilación de las cargas contaminantes generadas por los sectores agrícola, pecuario y doméstico no afectan de gran manera las condiciones del afluente.

### 3.3.1.4. Sostenibilidad Ambiental de la Huella Hídrica Verde, Azul y Gris.



**Gráfico 15-3:** Sostenibilidad ambiental de la huella hídrica verde, azul y gris.

**Realizado por:** Álvarez, Paulina; Andrade, Lisbeth, 2020

La determinación de la sostenibilidad ambiental de la huella hídrica permite establecer la disponibilidad y calidad del agua de la microcuenca para el desarrollo de las actividades en los sectores agrícola, pecuario y doméstico. Los resultados de este análisis fueron 0,007 índice de escasez azul; 0,027 índice de escasez verde; 0,005 nivel de contaminación del agua. Con los datos obtenidos se puede apreciar que la microcuenca es sostenible ya que sus valores no sobrepasaron los criterios establecidos por el IICA (Hoekstra *et al.*, 2011, p.19) en el cual detalla que valores mayores a 1 son insostenibles.

### 3.3.2. *Sostenibilidad Económica de la Huella Hídrica.*

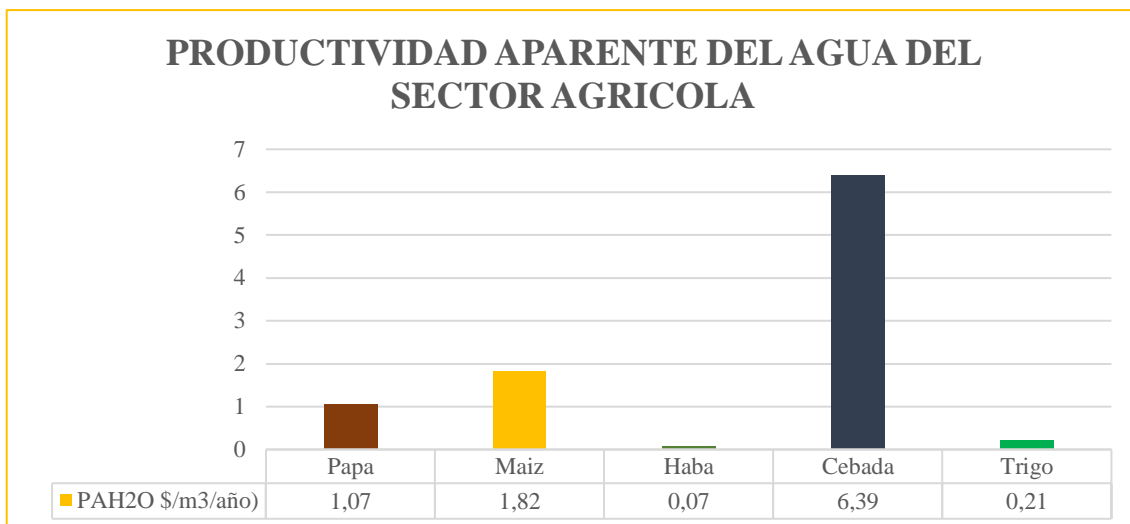
El análisis de la sostenibilidad económica de la huella hídrica permite estimar la rentabilidad económica del manejo del recurso hídrico en el desarrollo de las actividades en los sectores agrícola, pecuario y doméstico de la microcuenca del Río Cebadas, además, facilita la identificación de productos benéficos en términos de economía y productividad. La sostenibilidad económica se ve representada a través de dos indicadores: la productividad aparente del agua y la productividad aparente (PA) de la tierra.

#### 3.3.2.1. *Sostenibilidad Económica de la Huella Hídrica Sector Agrícola.*

**Tabla 24-3:** Productividad aparente del agua del sector agrícola

<b>PRODUCTIVIDAD APARENTE DEL AGUA DEL SECTOR AGRICOLA</b>	
<b>CULTIVO</b>	<b>PAH<sub>2</sub>O (\$/m<sup>3</sup>/año)</b>
Papa	1,07
Maíz	1,82
Haba	0,07
Cebada	6,39
Trigo	0,21
<b>TOTAL</b>	<b>9,56</b>

**Realizado por:** Álvarez, Paulina; Andrade, Lisbeth, 2020



**Gráfico 16-3:** Productividad aparente del agua del sector agrícola

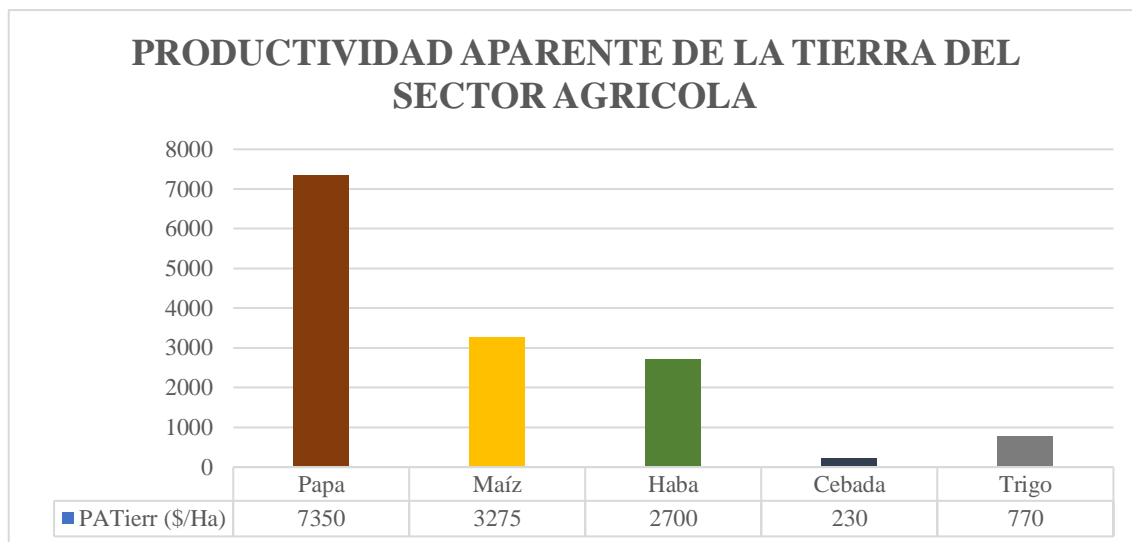
Realizado por: Álvarez, Paulina; Andrade, Lisbeth, 2020

La cuantificación de la productividad aparente del agua se basó en información proporcionada por el Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG) que facilitó la identificación de los valores económicos de cada cultivo que junto con la huella hídrica azul dio un resultado de 0,07 \$/m<sup>3</sup>/año para el haba; 0,21 \$/m<sup>3</sup>/año para el trigo; 1,07 \$/m<sup>3</sup>/año para la papa; 1,82 \$/m<sup>3</sup>/año para el maíz y para la cebada 6,39 \$/m<sup>3</sup>/año, siendo la cebada el que tiene el mayor valor de productividad aparente, por lo que es uno de los productos que genera mayor aporte económico por m<sup>3</sup> de agua utilizada (Lala y Fernández, 2020, p.221-222).

**Tabla 25-3:** Productividad aparente de la tierra del sector agrícola

PRODUCTIVIDAD APARENTE DE LA TIERRA DEL SECTOR AGRICOLA	
CULTIVO	PATierra (\$/ha)
Papa	7350
Maíz	3275
Haba	2700
Cebada	230
Trigo	770
<b>TOTAL</b>	<b>14325</b>

Realizado por: Álvarez, Paulina; Andrade, Lisbeth, 2020



**Gráfico 17-3:** Productividad aparente de la tierra en el sector agrícola

**Realizado por:** Álvarez, Paulina; Andrade, Lisbeth, 2020

En la productividad aparente de la tierra se obtuvo como resultado total 14325 \$/ha donde el cultivo de la papa con 7350 \$/ha presentó el valor más alto de productividad en 1080,83 hectáreas sembradas, siendo uno de los productos de mayor producción y versatilidad a las diferentes condiciones climáticas que existe en la microcuenca.

### 3.3.2.2. Sostenibilidad Económica de la Huella Hídrica Sector Pecuario.

**Tabla 26-3:** Productividad aparente del sector pecuario.

<b>PRODUCTIVIDAD APARENTE DEL AGUA DEL SECTOR PECUARIO</b>				
<i>Ganado</i>	<i>Peso vivo del animal (Kg)</i>	<i>precio (\$/kg)</i>	<i>Hhazul (m<sup>3</sup>/año)</i>	<i>PAA azul \$/m<sup>3</sup></i>
Bovino	720	5,06	533906,67	2,49
Ovino	60	3,74	12253,78	6,68

**Realizado por:** Álvarez, Paulina; Andrade, Lisbeth, 2020

Se determinó la productividad aparente del sector pecuario con base en el peso vivo del animal, el precio de la carne en el mercado y la huella hídrica azul, dando como resultado una productividad aparente del ganado bovino por metro cúbico de 2,49 \$, debido a que la crianza de vacas como de toros constituye la mayor población de ganado, 62,5% en la microcuenca, mientras que el ganado ovino tuvo una productividad aparente por metro cúbico de 6,68 \$ con una población del 26,5% de toda la microcuenca. Se tomó en consideración estos dos tipos de ganado al serlos más representativos dentro del sector pecuario en la zona de estudio.

### 3.3.2.3. Sostenibilidad Económica de la Huella Hídrica Sector Doméstico.

**Tabla 27-3:** Productividad aparente del sector doméstico.

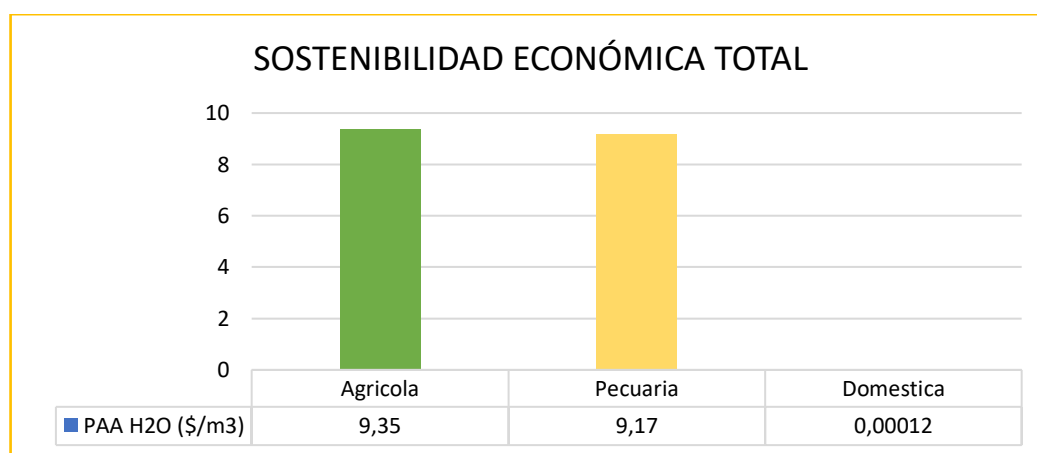
<b>PRODUCTIVIDAD APARENTE DEL AGUA DEL SECTOR DOMÉSTICO</b>	
Valor anual de agua (\$/m <sup>3</sup> )	35
Huella Hídrica Azul (m <sup>3</sup> /año)	2838240,00
APP Azul (\$/m <sup>3</sup> )	0,00012

**Realizado por:** Álvarez, Paulina; Andrade, Lisbeth, 2020

La estimación aparente del agua del sector doméstico partió del valor anual de la planilla de agua de 35\$/m<sup>3</sup>, junto con la huella hídrica azul de este sector, obteniendo un resultado de productividad aparente azul del sector doméstico de 0,00012 \$/m<sup>3</sup>, este valor está relacionado a que la tarifa de pago en el sector rural es baja en comparación a la de los sectores urbanos (Guambo Lema, 2016, p.108).

### 3.3.2.4. Sostenibilidad Económica total de la Huella Hídrica.

**Gráfico 18-3:** Sostenibilidad económica total



**Realizado por:** Álvarez, Paulina; Andrade, Lisbeth, 2020

En el análisis final de la sostenibilidad económica se compararon los 3 sectores que fueron los de mayor interés de estudio, esto indicó que el sector agrícola y pecuario presentan valores de 9,35 \$/m<sup>3</sup> y 9,17 \$/m<sup>3</sup> respectivamente, debido a que son sectores en donde el consumo de agua por metro cúbico es mayor tanto para los cultivos como para la producción ganadera.

### **3.3.3. Sostenibilidad Social de la Huella Hídrica**

La sostenibilidad social de la huella hídrica permite determinar la correcta asignación del recurso hídrico para satisfacer las necesidades básicas de los habitantes generando igualdad a todos los grupos de interés del territorio, bienestar físico y la provisión de servicios esenciales.

La calidad del agua de la microcuenca para la producción agrícola, pecuaria y doméstica se encontró dentro de los límites permisibles estipulados por la normativa (Guambo Lema, 2016, p.114). En la microcuenca del Rio Cebadas no se determinaron zonas que presenten niveles de escasez en la oferta hídrica teniendo relación con los resultados obtenidos en la huella hídrica total, donde la huella hídrica azul presentó una buena disponibilidad de agua para el desarrollo de las actividades llevadas a cabo por la población. La huella hídrica verde presentó una cantidad adecuada de agua para la producción agrícola (sembríos, sistemas de riego, cosecha), por lo que no se ve afectado este sector. Y por último la huella hídrica gris dio a conocer que existe una buena asimilación de carga contaminante que se emanan a partir de las actividades realizadas en torno a la microcuenca.

Por otra parte, se identificó que las comunidades de la microcuenca no presentan un sistema de alcantarillado ni red de agua potable asociada a la baja cobertura del servicio de saneamiento debido a la falta de atención de los actores políticos y su gestión pública, generando un desequilibrio en cuanto al bienestar social y ambiental.

### 3.4. Fase IV: Formulación de Estrategias de Respuesta para la Gestión de la Huella Hídrica.

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

SECTOR	CONFLICTOS	PLAN NACIONAL DE DESARROLLO TODA UNA VIDA	PLAN DE DESARROLLO Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL (PARROQUIA CEBADAS)	ESTRATEGIAS FORMULADAS	RESPONSABLES
AGRICOLA	Zonas con niveles bajos de precipitación presentan un déficit de humedad para el desarrollo de los cultivos con escasa cantidad de agua de riego para sus actividades.	<p>b.3. Incentivar la gestión equitativa y responsable del recurso hídrico, asegurando la calidad, correcta disponibilidad y la utilización competente del uso al agua, mediante acciones de protección, conservación y recuperación de las fuentes naturales.</p> <p>b.11. Prevenir la expansión de la frontera agrícola sobre todo en áreas ecológicas vulnerables.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Promover actividades de preservación y protección del ambiente.</li> <li>- Conservar los recursos naturales para el bienestar de las comunidades dentro de la circunscripción parroquial.</li> </ul>	<p>Implementar charlas con los actores sociales de la comunidad para garantizar el acceso y uso del agua en las prácticas agrícolas para una mejor producción de los cultivos.</p>	GAD Parroquial de Cebadas.
	Heladas, desplazamientos en la zona provocan un gran daño a la producción agrícola, a causa del exterminio total o parcial de los diferentes cultivos que se producen en la parroquia.	<p>b.3. Incentivar la gestión equitativa y responsable del recurso hídrico, asegurando la calidad, correcta disponibilidad y la utilización competente del uso al agua, mediante acciones de protección, conservación y recuperación de las fuentes naturales.</p> <p>b.11. Prevenir la expansión de la frontera agrícola sobre todo en áreas ecológicas vulnerables.</p> <p>b.12. Detener la acelerada degradación de los ecosistemas naturales en zonas rurales e incentivar a la población incorporando medidas y prácticas que fortalezcan el mejoramiento de estos recursos.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Promover actividades de preservación y protección del ambiente.</li> <li>- Contribuir a garantizar los derechos de la naturaleza y promover un ambiente sano y sustentable.</li> <li>- Impulsar una economía endógena para el buen vivir, sostenible y territorialmente equilibrada, que propenda a la garantía de derechos y a la transformación, diversificación y especialización productiva a partir del fomento a las diversas formas de producción.</li> </ul>	<p>Impulsar talleres de buenas prácticas de cultivo a través de herramientas tecnológicas (presentaciones visuales, videos autodidácticos), participación grupal y trabajos de campo</p>	<p>Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG).</p> <p>GAD Provincial de Chimborazo</p>
				<p>Impulsar programas sobre el manejo responsable del agua y la importancia que tiene este recurso en el diario vivir.</p>	<p>Ministerio del Ambiente y Agua</p> <p>Técnicos ambientales del GAD Provincial de Chimborazo</p>

El avance de la frontera agrícola en el ecosistema del páramo ha provocado la disminución de caudales de fuentes hídricas.	<p>b.3. Incentivar la gestión equitativa y responsable del recurso hídrico, asegurando la calidad, correcta disponibilidad y la utilización competente del uso al agua, mediante acciones de protección, conservación y recuperación de las fuentes naturales.</p> <p>b.11. Prevenir la expansión de la frontera agrícola sobre todo en áreas ecológicas vulnerables.</p> <p>b.12. Detener la acelerada degradación de los ecosistemas naturales en zonas rurales e incentivar a la población incorporando medidas y prácticas que fortalezcan el mejoramiento de estos recursos.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Conservar los recursos naturales para el bienestar de las comunidades dentro de la circunscripción parroquial.</li> <li>- Incentivar una educación ambiental en todos los ciudadanos de la parroquia.</li> <li>- Contribuir a garantizar los derechos de la naturaleza y promover un ambiente sano y sustentable.</li> </ul>		
			Promover la mejora de técnicas de riego para minimizar el uso excesivo del agua en los cultivos.	Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG)
Grandes cantidades del recurso hídrico aguas abajo han permitido la utilización del mismo en importantes áreas agrícolas, pero no a toda la parroquia.	<p>a.7. Implementar una herramienta de gestión de desechos sólidos, descargas líquidas, daños ambientales y emisiones a la atmósfera, además también de desechos peligrosos y tóxicos que afectan el ambiente y son provenientes de sectores urbanos, industriales y de la extracción de bienes naturales no reutilizables.</p> <p>b.3. Incentivar la gestión equitativa y responsable del recurso hídrico, asegurando la calidad, correcta disponibilidad y la utilización competente del uso al agua, mediante acciones de protección, conservación y recuperación de las fuentes naturales.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Promover actividades de preservación y protección del ambiente.</li> <li>- Conservar los recursos naturales para el bienestar de las comunidades dentro de la circunscripción parroquial.</li> <li>- Incentivar una educación ambiental en todos los ciudadanos de la parroquia.</li> <li>- Contribuir a garantizar los derechos de la naturaleza y promover un ambiente sano y sustentable.</li> <li>- Impulsar una economía endógena para el buen vivir, sostenible y territorialmente equilibrada, que propenda a la garantía de derechos y a la transformación, diversificación y especialización productiva a partir del fomento a las diversas formas de producción.</li> </ul>	Implementar sistemas de información que ayuden al agricultor a disminuir el uso de fertilizantes a través de la práctica de la agricultura ecológica para minimizar la contaminación del agua.	Técnicos ambientales del GAD Provincial de Chimborazo

Fuente: Plan Nacional para el Buen Vivir (2017); Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial “GAD CEBADAS” (2015).

Realizado por: Álvarez, Paulina; Andrade, Lisbeth, 2020



**Tabla 29-3:** Estrategias para la gestión y política comunitaria para el sector Pecuario.

SECTOR	CONFLICTOS	PLAN NACIONAL DE DESARROLLO TODA UNA VIDA	PLAN DE DESARROLLO Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL (PARROQUIA CEBADAS)	ESTRATEGIAS FORMULADAS	RESPONSABLES
PECUARIA	El avance de la superficie dedicada a pastizales para la crianza del ganado a provocado la disminución de retención del agua en el suelo afectando las actividades productivas del sector pecuario.	b.11. Prevenir la expansión de la frontera agrícola sobre todo en áreas ecológicas vulnerables. b.18. Impulsar la realización de actividades participativas para la preservación y el manejo de la diversidad biológica y genética, al igual que el fortalecimiento de los medios de vida de los sectores comunitarios en zonas ambientalmente vulnerables.	Promover actividades de preservación y protección del ambiente. Conservar los recursos naturales para el bienestar de las comunidades dentro de la circunscripción parroquial. Incentivar una educación ambiental en todos los ciudadanos de la parroquia. Contribuir a garantizar los derechos de la naturaleza y promover un ambiente sano y sustentable.	Instruir a los pobladores de la comunidad sobre las condiciones adecuadas para la eliminación de desechos sólidos y líquidos proveniente del ganado. Capacitar a los pobladores sobre el consumo de agua de calidad o segura que deben beber los animales de acuerdo con los parámetros establecidos por la ley.	Técnicos ambientales del GAD Provincial de Chimborazo . Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG). GAD Provincial de Chimborazo .
	Modificación en los ecosistemas de paramo limitando la generación para agua de riego a causa de la incorporación de áreas de pajonal a actividades agro-productivas: agricultura y ganadería.	b.3. Incentivar la gestión equitativa y responsable del recurso hídrico, asegurando la calidad, correcta disponibilidad y la utilización competente del uso al agua, mediante acciones de protección, conservación y recuperación de las fuentes naturales. b.11. Prevenir la expansión de la frontera agrícola sobre todo en áreas ecológicas vulnerables. b.18. Impulsar la realización de actividades participativas para la preservación y el manejo de la diversidad biológica y genética, al igual que el fortalecimiento de los medios de vida de los sectores comunitarios en zonas ambientalmente vulnerables.	Promover actividades de preservación y protección del ambiente. Conservar los recursos naturales para el bienestar de las comunidades dentro de la circunscripción parroquial. Incentivar una educación ambiental en todos los ciudadanos de la parroquia. Contribuir a garantizar los derechos de la naturaleza y promover un ambiente sano y sustentable.	Potenciar campañas dirigidas a los productores, referente a que las reservas de agua deben estar protegidas de cualquier tipo de contaminación como sustancias químicas y orgánicas que alteren la calidad del agua.	Técnicos ambientales del GAD Provincial de Chimborazo .
	Heladas, desplazamientos en la zona provocan un gran daño a	b.11. Prevenir la expansión de la frontera agrícola sobre todo en áreas ecológicas vulnerables. b.18. Impulsar la realización de actividades participativas	Promover actividades de preservación y protección del ambiente. Conservar los recursos naturales para el bienestar de las comunidades dentro		

<p>la producción pecuaria minimizando el consumo de agua para la crianza.</p>	<p>para la preservación y el manejo de la diversidad biológica y genética, al igual que el fortalecimiento de los medios de vida de los sectores comunitarios en zonas ambientalmente vulnerables.</p>	<p>de la circunscripción parroquial.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Incentivar una educación ambiental en todos los ciudadanos de la parroquia.</li> <li>- Contribuir a garantizar los derechos de la naturaleza y promover un ambiente sano y sustentable.</li> </ul>	<p>Capacitar a los productores agropecuarios en prácticas de conservación y manejo de recursos naturales.</p>	<p>Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG)</p>
<p>Actividades de pastoreo inciden en la captación y acumulación de agua de las vertientes naturales en los páramos de la parroquia.</p>	<p>b.3. Incentivar la gestión equitativa y responsable del recurso hídrico, asegurando la calidad, correcta disponibilidad y la utilización competente del uso al agua, mediante acciones de protección, conservación y recuperación de las fuentes naturales.</p> <p>b.11. Prevenir la expansión de la frontera agrícola sobre todo en áreas ecológicas vulnerables.</p> <p>b.18. Impulsar la realización de actividades participativas para la preservación y el manejo de la diversidad biológica y genética, al igual que el fortalecimiento de los medios de vida de los sectores comunitarios en zonas ambientalmente vulnerables.</p>	<p>Promover actividades de preservación y protección del ambiente.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Conservar los recursos naturales para el bienestar de las comunidades dentro de la circunscripción parroquial.</li> <li>- Incentivar una educación ambiental en todos los ciudadanos de la parroquia.</li> <li>- Contribuir a garantizar los derechos de la naturaleza y promover un ambiente sano y sustentable.</li> <li>- Impulsar una economía endógena para el buen vivir, sostenible y territorialmente equilibrada, que propenda a la garantía de derechos y a la transformación, diversificación y especialización productiva a partir del fomento a las diversas formas de producción.</li> </ul>		

**Fuente:** Plan Nacional para el Buen Vivir (2017); Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial “GAD CEBADAS” (2015).

**Realizado por:** Álvarez, Paulina; Andrade, Lisbeth, 2020

**Tabla 30-3:** Estrategias para la gestión y política comunitaria para el sector Doméstico.

SECTOR	CONFLICTOS	PLAN NACIONAL DE DESARROLLO TODA UNA VIDA	PLAN DE DESARROLLO Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL (PARROQUIA CEBADAS)	ESTRATEGIAS FORMULADAS	RESPONSABLES
DOMÉSTICO	Los asentamientos humanos de la parroquia no disponen de un servicio de alcantarillado público contaminando directamente la calidad del río.	<p>a.7. Implementar una herramienta de gestión de desechos sólidos, descargas líquidas, daños ambientales y emisiones a la atmósfera, además también de desechos peligrosos y tóxicos que afectan el ambiente y son provenientes de sectores urbanos, industriales y de la extracción de bienes naturales no reutilizables.</p> <p>a.8. Verificar que los vertidos de efluentes procedentes de aguas residuales e industriales cumplan con los límites máximos permisibles exigidos por la normativa nacional, regional e internacional.</p> <p>b.3. Incentivar la gestión equitativa y responsable del recurso hídrico, asegurando la calidad, correcta disponibilidad y la utilización competente del uso al agua, mediante acciones de protección, conservación y recuperación de las fuentes naturales.</p> <p>b.16. Impulsar la diversificación productiva y la disponibilidad a los servicios básicos en relación con el requerimiento de los ecosistemas.</p> <p>d.12. Fomentar sistemas de utilización sostenible del agua, acorde con las necesidades de los ecosistemas en torno a la microcuenca del Río Cebadas.</p>	<p>Conservar los recursos naturales para el bienestar de las comunidades dentro de la circunscripción parroquial.</p> <p>Evitar la contaminación de los asentamientos humanos por mal manejo de desechos sólidos.</p> <p>Incentivar una educación ambiental en todos los ciudadanos de la parroquia.</p> <p>Contribuir a garantizar los derechos de la naturaleza y promover un ambiente sano y sustentable.</p> <p>Contribuir a mejorar la calidad de vida de los pobladores de la parroquia Cebadas.</p>	Fomentar la participación de la comunidad, a partir de talleres sobre el correcto manejo de los desechos domésticos que afectan a la calidad del agua.	Técnicos ambientales del GAD Provincial de Chimborazo GAD parroquial de Cebadas.
				Incentivar al dialogo a los principales actores políticos sobre la necesidad de tener en la comunidad un sistema de alcantarillado y red de agua potable que mejore la calidad de vida de los pobladores y la gestión del agua.	GAD Provincial de Chimborazo GAD parroquial de Cebadas.
				Promover medidas que mejoren el equitativo suministro de agua a todos los pobladores. Capacitar a la comunidad sobre la adopción de medidas que fomenten la conservación y protección del recurso hídrico a	Técnicos ambientales del GAD Provincial de Chimborazo GAD Provincial de Chimborazo GAD parroquial de Cebadas .

<p>El incremento de la población requiere de cubrir la demanda actual y futura del agua para evitar la contaminación del río.</p>	<p>a.7. Implementar una herramienta de gestión de desechos sólidos, descargas líquidas, daños ambientales y emisiones a la atmósfera, además también de desechos peligrosos y tóxicos que afectan el ambiente y son provenientes de sectores urbanos, industriales y de la extracción de bienes naturales no reutilizables.</p> <p>a.8. Verificar que los vertidos de efluentes procedentes de aguas residuales e industriales cumplan con los límites máximos permisibles exigidos por la normativa nacional, regional e internacional.</p> <p>b.3. Incentivar la gestión equitativa y responsable del recurso hídrico, asegurando la calidad, correcta disponibilidad y la utilización competente del uso al agua, mediante acciones de protección, conservación y recuperación de las fuentes naturales.</p> <p>b.16. Impulsar la diversificación productiva y la disponibilidad a los servicios básicos en relación con el requerimiento de los ecosistemas.</p> <p>d.12. Fomentar sistemas de utilización sostenible del agua, acorde con las necesidades de los ecosistemas en torno a la microcuenca del Río Cebadas.</p>	<p>Promover actividades de preservación y protección del ambiente.</p> <p>Conservar los recursos naturales para el bienestar de las comunidades dentro de la circunscripción parroquial.</p> <p>Evitar la contaminación de los asentamientos humanos por mal manejo de desechos sólidos.</p> <p>Incentivar una educación ambiental en todos los ciudadanos de la parroquia.</p> <p>Contribuir a garantizar los derechos de la naturaleza y promover un ambiente sano y sustentable.</p> <p>Contribuir a mejorar la calidad de vida de los pobladores de la parroquia Cebadas.</p>	<p>partir del uso correcto del agua en las actividades domésticas para de esta manera minimizar la contaminación de los cuerpos de agua en la microcuenca.</p> <p>Fomentar la participación de la comunidad, a partir de talleres sobre el correcto manejo de los desechos domésticos que afectan a la calidad del agua.</p>	<p>Técnicos ambientales del GAD Provincial de Chimborazo</p> <p>GAD parroquial de Cebadas.</p>
<p>La carencia de servicio público de agua potable</p>	<p>a.7. Implementar una herramienta de gestión de desechos sólidos, descargas líquidas, daños ambientales</p>	<p>Promover actividades de preservación y protección del ambiente.</p>		

	<p>e infraestructura sanitaria permite la propagación de enfermedades y la contaminación ambiental del agua.</p>	<p>y emisiones a la atmósfera, además también de desechos peligrosos y tóxicos que afectan el ambiente y son provenientes de sectores urbanos, industriales y de la extracción de bienes naturales no reutilizables.</p> <p>a.8. Verificar que los vertidos de efluentes procedentes de aguas residuales e industriales cumplan con los límites máximos permisibles exigidos por la normativa nacional, regional e internacional.</p> <p>b.3. Incentivar la gestión equitativa y responsable del recurso hídrico, asegurando la calidad, correcta disponibilidad y la utilización competente del uso al agua, mediante acciones de protección, conservación y recuperación de las fuentes naturales.</p> <p>b.16. Impulsar la diversificación productiva y la disponibilidad a los servicios básicos en relación con el requerimiento de los ecosistemas.</p> <p>d.12. Fomentar sistemas de utilización sostenible del agua, acorde con las necesidades de los ecosistemas en torno a la microcuenca del Río Cebadas.</p>	<p>Conservar los recursos naturales para el bienestar de las comunidades dentro de la circunscripción parroquial.</p> <p>Evitar la contaminación de los asentamientos humanos por mal manejo de desechos sólidos.</p> <p>Incentivar una educación ambiental en todos los ciudadanos de la parroquia.</p> <p>Contribuir a garantizar los derechos de la naturaleza y promover un ambiente sano y sustentable.</p> <p>Contribuir a mejorar la calidad de vida de los pobladores de la parroquia Cebadas.</p>		
--	--	---	--	--	--

Fuente: Plan Nacional para el Buen Vivir (2017); Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial “GAD CEBADAS” (2015).

Realizado por: Álvarez, Paulina; Andrade, Lisbeth, 2020

## CONCLUSIONES

Se cuantificó la huella hídrica en la microcuenca del Río Cebadas, a través del uso de herramientas digitales CROPWAT 8.0, CLIMWAT aportando con información climatológica para determinar el requerimiento hídrico de los cultivos en la obtención de la huella hídrica verde y POWER NASA proporcionó datos agrometeorológicos que facilitaron el manejo del software CROPWAT 8.0; dando como resultado una huella hídrica total de 8430423,102 m<sup>3</sup>/año; de la cual el 1% está representada con la huella hídrica verde de 126513,43 m<sup>3</sup>/año, la huella hídrica gris con el 42% equivalente a 3510671,26 m<sup>3</sup>/año y la huella hídrica azul con el 57% o 4793238,41 m<sup>3</sup>/año. La huella hídrica azul se refiere a la cantidad utilizada del recurso hídrico ya sea de aguas superficiales o subterráneas por lo que dentro del estudio es la más representativa de las huellas individuales, lo que establece que la cantidad consumida de agua superficial es elevada a causa de los procesos de producción, ya sea de un servicio (sanitario, turismo, comercio, riego, ocio, entre otros) o producto (alimentación, vestimenta) a través de diferentes factores que alteren el retorno del agua hacia su fuente hídrica.

El impacto no significativo de la huella hídrica a través del análisis de sostenibilidad determinó un nivel apropiado de aprovechamiento, uso y gestión del cuerpo hídrico; Con los valores correspondientes a sostenibilidad ambiental azul de 0,007, verde 0,027 y gris 0,005. La sostenibilidad económica del recurso se vio evidenciada a partir de los valores obtenidos por cada sector de estudio: agrícola 9,35 \$/m<sup>3</sup>, pecuario 9,17\$/m<sup>3</sup> y doméstico 0,00012 \$/m<sup>3</sup>.

Se formularon estrategias para la gestión, uso y manejo de la huella hídrica que permitan optimizar el servicio ecosistémico de provisión y conservación del recurso hídrico con base en las necesidades de la comunidad. Las estrategias se generaron fueron formuladas con un enfoque de productividad y desarrollo local. La propuesta de las estrategias para la gestión y política comunitaria se relacionan con el Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de la parroquia Cebadas, y con los lineamientos y directrices establecidos por el Plan Nacional de Desarrollo “Toda una vida”, instrumentos que pretenden reducir la desigualdad social y territorial, y potenciar las capacidades productivas a través de procesos integrales acerca del cuidado y preservación de los recursos hídricos.

## **RECOMENDACIONES**

Poner a disposición a futuros investigadores el uso de bases de datos actualizadas y de fácil acceso como POWER NASA, que ofrece datos climatológicos de forma gratuita y verás; los cuales pueden ser de utilidad para futuras investigaciones.

Promover nuevas investigaciones de la huella hídrica en los sectores aledaños a la zona de estudio que permitan conocer más a fondo la sostenibilidad hídrica de la provincia.

Fomentar el levantamiento de información sobre la calidad del agua por parte de los Gobierno parroquiales que permita obtener datos locales para futuras investigaciones.

Mejorar la accesibilidad de información por parte del GAD parroquial de Cebadas para el desarrollo de futuras investigaciones.

Promover el manejo de guías y software especializados, actualizados y acordes a nuestra realidad como país permitiendo el desarrollo de investigaciones futuras.

## **BIBLIOGRAFÍA**

**ALEMÁN, M.** Estudio de Impacto Ambiental del Proyecto Depósito de Pesca Artesanal Petro comercial San Mateo [en línea], (2015). S.l.: EP PETROECUADOR. [Consulta: 10 febrero 2021]. Disponible en: [https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/06/EsIA\\_San\\_Mateo1.pdf](https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/06/EsIA_San_Mateo1.pdf).

**ÁLVAREZ, A., MORÁBITO, J. y SCHILARDI, C.** Huellas hídricas verde y azul del cultivo de maíz (*Zea mays*) en provincias del centro y noreste argentino. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias* [en línea], (2016). no. Vol. 48, 1. [Consulta: 10 febrero 2021]. ISSN 0370-4661. Disponible en: <https://bdigital.uncu.edu.ar/8459>.

**ARANGO OCHOA, J.** Determinación De La Huella Hídrica Del Sector Doméstico En La Cuenca Del Río Porce [en línea], (2013). Medellín: Universidad Pontificia Bolivariana. [Consulta: 11 febrero 2021]. Disponible en: <https://repository.upb.edu.co/bitstream/handle/20.500.11912/1396/1>. TRABAJO DE GRADO - Determinación de la huella hídrica del sector doméstico en la cuenca del río.pdf?sequence=1.

**ARÉVALO, D. y CAMPUZANO, C.** GUÍA METODOLÓGICA DE APLICACIÓN DE HUELLA HÍDRICA EN CUENCA. [en línea], (2013). Bogota: [Consulta: 10 febrero 2021]. Disponible en: [https://www.shareweb.ch/site/Suiz-Agua-Colombia/Documents/Guia\\_Metodologica\\_HH\\_Cuenca.pdf](https://www.shareweb.ch/site/Suiz-Agua-Colombia/Documents/Guia_Metodologica_HH_Cuenca.pdf).

**ARTEAGA RAMÍREZ, R., ÁNGELES MONTIEL, V. y VÁZQUEZ PEÑA, M.** Programa CROPWAT para planeación y manejo del recurso hídrico. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* [en línea], (2011). [Consulta: 11 febrero 2021]. ISSN 2007-0934. Disponible en: [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2007-09342011000200001](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342011000200001).

**BARRAGÁN, M. y SIACHOQUE, R.** Evaluación de la Huella Hídrica de los Sistemas de Producción Agrícola y Pecuario Predominantes en la Microcuenca La Plata [en línea], (2017). Ibagué, Tolima: Universidad de Tolima. [Consulta: 12 febrero 2021]. Disponible en: [http://repository.ut.edu.co/bitstream/001/2373/1/T\\_0201\\_568\\_CD5888\\_APROBADO\\_MAYRA\\_ALEJANDRA\\_BARRAGÁN\\_MACHADO.pdf](http://repository.ut.edu.co/bitstream/001/2373/1/T_0201_568_CD5888_APROBADO_MAYRA_ALEJANDRA_BARRAGÁN_MACHADO.pdf).

**BASPINEIRO, A.** Revista De La Integración Gestión Ambiental en los países de la Comunidad Andina. *Gestión Ambiental en los países de la Comunidad Andina* [en línea], (2012). [Consulta: 10 febrero 2021]. ISSN 1999-236. Disponible en: [www.comunidadandina.org](http://www.comunidadandina.org).



**BECERRA, A.T., BOLÍVAR, X., BRAVO, L., JOSÉ, V. y MEMBRIVE, F.** Huella Hídrica Y Sostenibilidad Del Uso De Los Recursos Hídricos. Aplicación al Poniente Almeriense. Estudios previos y medidas de eficiencia. [en línea], (2013). [Consulta: 9 diciembre 2019]. DOI 10.5209/rev\_MARE.2013.v14.n1.42123. Disponible en: [http://dx.doi.org/10.5209/rev\\_MARE.2013.v14.n1.42123](http://dx.doi.org/10.5209/rev_MARE.2013.v14.n1.42123).

**BONILLA, C., ARMAS, R., GONZALES, C., BAUTISTA KARINA y ALTAMIRANO CARMITA.** Plan De Manejo Y Cogestión Del Territorio Hídrico De Cebadas (Yasipán, Tingo, Ichubamba Y Guarguallá). [en línea], (2013). Guamate-Cebadas: [Consulta: 10 febrero 2021]. Disponible en: <http://www.fao.org/forestry/45911-061c766151d9e1f9f523d495406d1dff6.pdf>.

**BONILLA, C., BAUTISTA, K., ALTAMIRANO, C. y ARMAS, R.** Plan De Manejo Y Cogestión De La Microcuenca Del Río Zula Gobierno Autónomo Descentralizado De La Provincia De Chimborazo 2 *Institución Ejecutora Gobierno Autónomo Descentralizado De La Provincia De Chimborazo Equipo Técnico Base Equipo Técnico Planes De Manejo*. [en línea], (2014). Alausí-Achupallas: [Consulta: 10 febrero 2021]. Disponible en: <http://www.fao.org/forestry/45915-0c8ea294fcc94913ff2c4ce323e0f7a06.pdf>.

**BRAVO, V.** Introducción A Los Impactos Ambientales Sobre Los Recursos Naturales. [en línea], (2015). Buenos Aires: [Consulta: 10 febrero 2021]. Disponible en: [http://fundacionbariloche.org.ar/wp-content/uploads/2016/12/INTRODUCCION-A-LOS-IMPACTOS-AMBIENTALES-VB-2015.docx1\\_.pdf](http://fundacionbariloche.org.ar/wp-content/uploads/2016/12/INTRODUCCION-A-LOS-IMPACTOS-AMBIENTALES-VB-2015.docx1_.pdf).

**CABEZAS RODRÍGUEZ, M.C. y GONZÁLEZ ZAMBRANO, D.L.** Determinación de la huella hídrica y del agua virtual en una plantación de banano como producto de exportación en la finca “Santa Narcisa”; en el cantón La Concordia, provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas. [en línea], (2017). La Concordia: Quito, 2017. [Consulta: 11 febrero 2021]. Disponible en: <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/17185>.

**CAMPUZANO, C., GONZÁLES, J., GUZMÁN, A., RODRÍGUEZ, C., ARÉVALO, D., PARADA, G., ZÁRATE ERIKA y KUIPER DERK.** Evaluación Multisectorial De La Huella Hídrica En Colombia. *Ministerio De Ambiente Y Desarrollo Sostenible; Instituto De Hidrología, Meteorología Y Estudios Ambientales - IDEAM* [en línea], (2015). [Consulta: 10 febrero 2021]. Disponible en: <http://observatorio.epacartagena.gov.co/ftp-uploads/pub-huella-hidrica-sectorial-hh-ena2014-1.pdf>.

**CASCANTE, R., MOREIRA, D. y CASTRO, C.** Evaluación De La Huella Hídrica En Cuencas

Hidrográficas: Experiencias Piloto En Latinoamericano | SIAR Puno| Sistema Regional de Información Ambiental. [en línea], (2017). [Consulta: 9 diciembre 2019]. Disponible en: <https://agua.org.mx/wp-content/uploads/2017/12/Evaluación-de-la-huella-hídrica-en-cuencas-hidrográficas-experiencias-piloto-en-Latinoamérica.pdf>.

**CASTILLO, Á., CASTRO, M., GUTIÉRREZ, Á. y ALDANA, C.** Estimación sectorial de la huella hídrica de la ciudad de Bogotá generada en el año 2014. *Revista UIS Ingenierías* [en línea], (2018). [Consulta: 11 febrero 2021]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/jatsRepo/5537/553756965004/553756965004.pdf>.

**CASTRO, L. y SALAS, E.** Guía para la gestión de recursos hídricos en cuencas de montaña bajo el efecto del cambio climático. [en línea], (2014). pp. 212. Disponible en: <http://scioteca.caf.com/handle/123456789/544>.

**CHACHA, J. y COSTA, D.** Evaluación De La Huella Hídrica De La Microcuenca Del Río Blanco En El Fortalecimiento De Su Gestión Y Política Comunitaria [en línea], (2019). Riobamba: Escuela Superior Politécnica De Chimborazo. [Consulta: 10 febrero 2021]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/11139/1/236T0441.pdf>.

**CONSTITUCIÓN DE LA REPUBLICA DEL ECUADOR.** Constitución De La Republica Del Ecuador 2008 Decreto Legislativo 0 Registro Oficial. [en línea], (2008). S.l.: [Consulta: 10 febrero 2021]. Disponible en: [https://www.oas.org/juridico/pdfs/mesicic4\\_ecu\\_const.pdf](https://www.oas.org/juridico/pdfs/mesicic4_ecu_const.pdf).

**COTLER, H., GALINDO, A., GONZÁLEZ, I., PINEDA, R. y RÍOS, E.** Cuencas hidrográficas. Fundamentos y perspectivas para su manejo y gestión. [en línea], (2013). México D.F.: [Consulta: 10 febrero 2021]. Disponible en: <https://desarrollo.cloud.gt/funcagua/wp-content/uploads/2020/04/2013.-Cuencas-hidrográficas.-Fundamentos-y-perspectivas-para-su-manejo-y-gestión.-SEMARNAT.pdf>.

**DEL POZO, H.** LEY ORGANICA DE RECURSOS HIDRICOS USOS Y APROVECHAMIENTO DEL AGUA. [en línea], (2014). Quito: [Consulta: 10 febrero 2021]. Disponible en: <http://www.regulacionagua.gob.ec/wp-content/uploads/2019/06/Ley-Orgánica-de-Recursos-Hídricos-Usos-y-Aprovechamiento-del-Agua.pdf>.

**DEL POZO, H.** Código Orgánico del Ambiente. [en línea], (2017). Quito: [Consulta: 10 febrero 2021]. Disponible en: [https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/01/CODIGO\\_ORGANICO\\_AMBIENTE.pdf](https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/01/CODIGO_ORGANICO_AMBIENTE.pdf).

**DEL POZO, H.** CODIGO ORGANICO INTEGRAL PENAL, COIP. [en línea], (2018). Quito: [Consulta: 11 febrero 2021]. Disponible en: [https://www.defensa.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/03/COIP\\_feb2018.pdf](https://www.defensa.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/03/COIP_feb2018.pdf).

**DIRECCIÓN GENERAL DE AGUAS.** La Huella Hídrica Como Instrumento para la Gestión de Recursos Hídricos SDT N° 393. [en línea], (2016). Santiago de Chile: [Consulta: 11 febrero 2021]. Disponible en: <http://waterfootprint.org/en/about-us/aims-history/>.

**DOUROJEANNI, A., JOURAVLEV, A. y CHÁVEZ, G.** Gestión del agua a nivel de cuencas: teoría y práctica. . Santiago de Chile. (2002). S.l.:

**EQUIPO TÉCNICO DEL GOBIERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO DE CEBADAS.** PLAN DE DESARROLLO Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL PARROQUIA CEBADAS. [en línea], (2015). [Consulta: 28 enero 2020]. Disponible en: [http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PORTAL\\_SNI/data\\_sigad\\_plus/sigadplusdocumentofinal/0660818930001\\_PDyOT\\_Consolidado\\_final\\_29-10-2015\\_23-07-05.pdf](http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PORTAL_SNI/data_sigad_plus/sigadplusdocumentofinal/0660818930001_PDyOT_Consolidado_final_29-10-2015_23-07-05.pdf).

**ESTRADA, M., LUZARDO, M., RODRÍGUEZ, V., FLORES, B. y CAPARRÓS, C.** Huella Hídrica Gris en Industrias Alimenticias Camagüeyanas. *Revista Cubana de Química* [en línea], (2010). Vol. XXII, no. 2, pp. 44-50. [Consulta: 10 febrero 2021]. ISSN 0258-5995. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=443543721006>.

**EYHÉRABIDE, G.H.** Bases para el Manejo del Cultivo de Maíz Manejo del Cultivo de Maíz Programa Nacional Cereales Programa Nacional Cereales Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria Ediciones. *Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria* [en línea], (2011). [Consulta: 11 febrero 2021]. Disponible en: [https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta\\_bases\\_para\\_el\\_manejo\\_de\\_maiz\\_reglon\\_100-2\\_2.pdf](https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_bases_para_el_manejo_de_maiz_reglon_100-2_2.pdf).

**FAO.** Evapotranspiración del cultivo en condiciones estándar. [en línea], (2012). [Consulta: 11 febrero 2021]. Disponible en: <http://www.fao.org/3/x0490s/x0490s02.pdf>.

**FAO y IICA.** Informe - Trabajando juntos por la agricultura y la vida rural. [en línea], (2008). San Jose: [Consulta: 10 febrero 2021]. Disponible en: <http://repiica.iica.int/docs/B0660e/B0660e.pdf>.

**GAD CHIMBORAZO.** Gobierno Autónomo Descentralizado De La Provincia De Chimborazo  
Gobierno Autónomo Descentralizado De La Provincia De Chimborazo Proyecto: Manejo de  
Recursos Naturales «PROMAREN» LA PROVINCIA DE CHIMBORAZO. (2017). S.l.

**GÁMEZ, W.** *Texto Básico de Hidrología*. 1ra ed. Managua (2010): Editronic, S.A. • ISBN  
9789992410097.

**GASPARI, F.J., RODRÍGUEZ VAGARÍA, A.M., SENISTERRA MARÍA, G.E.,  
DELGADO, I. y BESTEIRO, S.I.** Elementos metodológicos para el manejo de cuencas  
hidrográficas Libros de Cátedra [en línea], (2013). Buenos Aires: Editorial de la Universidad de  
La Plata. [Consulta: 10 febrero 2021]. ISBN 9789503409633. Disponible en:  
<https://core.ac.uk/download/pdf/153563964.pdf>.

**GOBIERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO DE LA PROVINCIA DE  
CHIMBORAZO.** Plan provincial de Riego y Drenaje. (2012). S.l.

**GUAMBO LEMA, A.V.** Valoración económica ambiental del servicio hidrológico de la  
microcuenca del Río Cebadas del cantón Guamate, provincia de Chimborazo [en línea], (2016).  
Riobamba: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. [Consulta: 12 febrero 2021]. Disponible  
en: <http://dspace.espoch.edu.ec/handle/123456789/4760>.

**HANTKE-DOMAS, M. y JOURAVLEV, A.** Lineamientos de política pública para el sector de  
agua potable y saneamiento. [en línea], (2011). Santiago de Chile : [Consulta: 10 febrero 2021].  
Disponible en: [https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/3863/S2011000\\_es.pdf](https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/3863/S2011000_es.pdf).

**HOEKSTRA, A.Y., CHAPAGAIN, A.K., ALDAYA, M.M. y MEKONNEN MESFIN M.**  
The WaTer FooTprinT assessmenT manual. [en línea], (2011). S.l.: [Consulta: 31 enero 2020].  
Disponible en: [www.earthscan.co.uk](http://www.earthscan.co.uk).

**HOFSTEDE, R., SEGARRA, P. y MENA VÁSCONEZ, P.** Los Páramos del Mundo. [en  
línea], (2003). Quito: [Consulta: 10 febrero 2021]. Disponible en:  
<https://biblio.flacsoandes.edu.ec/libros/digital/56486.pdf>

**HOYOS, A.** Assessment Of The Hydraulic Footprint Of The Cold River Hydrographic Sub-Basin  
In The Department Of Cundinamarca As A Tool For Environmental Sustainability [en línea],  
(2020). Bogotá: Universidad Militar Nueva Granada. [Consulta: 12 febrero 2021]. Disponible en:  
<https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/36203/HoyosChaverraMelissaAndre>

a2020.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

**INSTITUTO INTERAMERICANO DE COOPERACIÓN PARA LA AGRICULTURA.**

Evaluación Multisectorial de la Huella Hídrica en Colombia. (2017). Medellín - Antioquía: s.n. San José, C.R.: ISBN 9789588470283. Disponible en: <http://www.iica.int>

**INSTITUTO INTERAMERICANO DE COOPERACIÓN PARA LA AGRICULTURA**

**(IICA).** Formulación, Ejecución Y Evaluación De La Estrategia. [en línea], (2018). San Jose: [Consulta: 12 febrero 2021]. Disponible en: <http://repositorio.iica.int/bitstream/handle/11324/7044/BVE18040204e.pdf?sequence=1>.

**LALA, H. y FERNÁNDEZ, M.** Analysis of the sustainability through water footprint in the Pita River microbasin, Ecuador. *Tecnología y Ciencias del Agua* [en línea], (2020). Vol. 11, no. 1, pp. 169-234. [Consulta: 10 febrero 2021]. ISSN 20072422. DOI 10.24850/j-tyca-2020-01-05. Disponible en: [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2007-24222020000100169&lng=es&nrm=iso&tlng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-24222020000100169&lng=es&nrm=iso&tlng=es).

**MARISCAL LANDÍN, G.** Tratamiento Excretas Cerdos. [en línea], (2007). FAO: [Consulta: 11 febrero 2021]. Disponible en: [http://www.produccion-animal.com.ar/produccion\\_porcina/00-produccion\\_porcina\\_general/63-excretas\\_cerdos.pdf](http://www.produccion-animal.com.ar/produccion_porcina/00-produccion_porcina_general/63-excretas_cerdos.pdf).

**MARTÍNEZ, MARCO.** Indicadores Como Información Base Para El Análisis Del Desempeño Ambiental: Huella Hídrica, Huella Ecológica Y Huella De Carbono [en línea], (2013). S.I.: Universidad Autónoma De Nuevo León . [Consulta: 10 febrero 2021]. Disponible en: <http://eprints.uanl.mx/11399/1/1080215529.pdf>.

**MARTÍNEZ, MARCO ANTONIO.** Indicadores Como Información Base Para El Análisis Del Desempeño Ambiental: Huella Hídrica, Huella Ecológica Y Huella De Carbono. (2013). S.I.

**MINISTERIO DEL AMBIENTE.** Estrategia Nacional De Calidad Del Agua. [en línea], (2016). Quito: [Consulta: 10 febrero 2021]. Disponible en: [https://www.controlsanitario.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2019/05/Estrategia-Nacional-de-Calidad-del-Agua\\_2016-2030.pdf](https://www.controlsanitario.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2019/05/Estrategia-Nacional-de-Calidad-del-Agua_2016-2030.pdf).

**MINISTERIO DEL AMBIENTE.** Calidad Ambiental . [en línea], (2019). [Consulta: 10 febrero 2021]. Disponible en: <https://www.ambiente.gob.ec/calidad-ambiental/>.

**MIRASSOU, S.B.** La Gestión Integral de los Recursos Hídricos: aportes [en línea], (2013). S.I.:

s.n. [Consulta: 10 febrero 2021]. Disponible en: <https://flacso.org.ar/wp-content/uploads/2013/09/Mirassou-Susana-Abstract-tesis-doctoral.pdf>.

**MUÑOZ-PEDREROS, A.** La evaluación del paisaje: Una herramienta de gestión ambiental. *Revista Chilena de Historia Natural* [en línea], (2004). vol. 77, no. 1, pp. 139-156. [Consulta: 10 febrero 2021]. ISSN 0716078X. DOI 10.4067/s0716-078x2004000100011. Disponible en: [https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0716-078X2004000100011&lng=es&nrm=iso&tlng=es](https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0716-078X2004000100011&lng=es&nrm=iso&tlng=es).

**MUÑOZ, Á.G., MACÍAS, S. y GARCÍA, M.B.** Informe Final De Caracterización Hidrológica. (2014). S.l.:

**MURILLO, L., GUEVARA, W., MIRA, M., ASPRILLA, J. y ORTEGA, J.** Guía De Aplicación De La Valoración Económica Ambiental. [en línea], (2018). Bogotá: [Consulta: 10 febrero 2021]. Disponible en: [http://www.andi.com.co/Uploads/Guía de Aplicación de la Valoración Económica Ambiental \(00000002\).pdf](http://www.andi.com.co/Uploads/Guía de Aplicación de la Valoración Económica Ambiental (00000002).pdf).

**ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA GANADERÍA.** Escasez de agua: Uno de los mayores retos de nuestro tiempo | FAO Stories | Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. [en línea], (2019). [Consulta: 10 febrero 2021]. Disponible en: <http://www.fao.org/fao-stories/article/es/c/1185408/>.

**ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA ALIMENTACIÓN Y LA AGRICULTURA.** El Manejo Del Suelo En La Producción De Hortalizas Con Buenas Prácticas Agrícolas Agricultura para el desarrollo [en línea], (2013). S.l.: s.n. [Consulta: 11 febrero 2021]. ISBN 9789253077830. Disponible en: <http://www.fao.org/3/a-i3361s.pdf>.

**ORGANIZACIÓN INTERNACIONAL DE NORMALIZACIÓN.** ISO 14040:2006(es), Gestión ambiental — Análisis del ciclo de vida — Principios y marco de referencia. *ISO* [en línea], (2006). [Consulta: 10 febrero 2021]. Disponible en: <https://www.iso.org/obp/ui#iso:std:iso:14040:ed-2:v1:es>

**ORGANIZACIÓN INTERNACIONAL DEL NORMALIZACIÓN.** ISO 14046:2014(es), Gestión ambiental — Huella de agua — Principios, requisitos y directrices. [en línea], (2014). [Consulta: 10 febrero 2021]. Disponible en: <https://www.iso.org/obp/ui#iso:std:iso:14046:ed-1:v1:es>.

**POZO BARREZUETA, H.E.** Código Orgánico Organización Territorial Autonomía Descentralización Estado: Vigente Función Ejecutiva Presidencia De La República Código Orgánico De Organización Territorial, Autonomía Y Descentralización Presidencia De La República Del Ecuador. [en línea], (2010). Quito: [Consulta: 10 febrero 2021]. Disponible en: [https://www.oas.org/juridico/pdfs/mesicic4\\_ecu\\_org.pdf](https://www.oas.org/juridico/pdfs/mesicic4_ecu_org.pdf).

**SAMORAL, G., DUMONT, a., ALDAYA, M.M., RODRIGUEZ-CASADO, R., A., G. y LLAMAS, M.R.** Análisis de la huella hídrica extendida de la cuenca del Guadalquivir. (2011). Vol. Junio, pp. 31-35.

**SÁNCHEZ, O., CARDONA, A. y SÁNCHEZ, D.** Análisis de Ciclo de Vida y su Aplicación a la Producción de Bioetanol: Una Aproximación Cualitativa. *Revista Universidad de Eafit* [en línea], (2007). Vol. 43. [Consulta: 10 febrero 2021]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/215/21514606.pdf>.

**SEGRELLES, J.A.** Problemas ambientales, agricultura y globalización en América Latina . [en línea], (2009). [Consulta: 10 febrero 2021]. ISSN 1138-9788. Disponible en: <http://www.ub.edu/geocrit/sn-92.htm>.

**SEGUÍ AMÓRTEGUI, L.A., GARCÍA VEGA, D. y GUERRERO, H.R.** (PDF) Huella hídrica: análisis como instrumento estratégico de gestión para el aprovechamiento eficiente de los recursos hídricos. [en línea], (2016). [Consulta: 28 enero 2020]. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/326623110\\_Huella\\_hidrica\\_analisis\\_como\\_instrumento\\_estrategico\\_de\\_gestion\\_para\\_el\\_aprovechamiento\\_eficiente\\_de\\_los\\_recursos\\_hidricos](https://www.researchgate.net/publication/326623110_Huella_hidrica_analisis_como_instrumento_estrategico_de_gestion_para_el_aprovechamiento_eficiente_de_los_recursos_hidricos).

**SERRANO VINCENTI, S., ZULETA, D., MOSCOSO, V., JÁCOME, P., PALACIOS, E. y VILLACÍS, M.** Análisis Estadístico de Datos Meteorológicos Mensuales y Diarios para la Determinación de Variabilidad Climática en el Distrito Metropolitano de Quito. *Revista Ciencia de la Vida* [en línea], (2012). Vol. 16, no. 2, pp. 23-47. [Consulta: 11 febrero 2021]. ISSN 1390-3799. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=476047400004>.

**SEVILLA, S.P.** Análisis del Ciclo de Vida y Huella Hídrica del proceso de elaboración del queso fresco [en línea], (2013). Zaragoza: Universidad de Zaragoza. [Consulta: 10 febrero 2021]. Disponible en: <https://zaguan.unizar.es/record/10647/files/TAZ-PFC-2013-315.pdf>.

**STEDUTO, P., HSIAO, T.C., FERERES, E. y RAES, D.** Respuesta del rendimiento de los cultivos al agua. [en línea], (2012). [Consulta: 11 febrero 2021]. ISSN 0254-5284. Disponible en:

www.fao.org.

**TREZZA, R.** Estimación de evapotranspiración de referencia a nivel mensual en Venezuela: ¿Cuál método utilizar? *Biagro* [en línea], (2008). Vol. 20. [Consulta: 11 febrero 2021]. ISSN 1316-3361. Disponible en: [http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1316-33612008000200002](http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1316-33612008000200002).

**VALLEJO GUERRERO, J.Y. y CARTAGENA AGUAYO, D.M.** Evaluación de la huella hídrica de la microcuenca del Río Guano en el fortalecimiento de su gestión y política comunitaria. [en línea], (2019). Riobamba: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. [Consulta: 10 febrero 2021]. Disponible en: <http://dspace.espoch.edu.ec/handle/123456789/13198>.

**VARÓN, P.** Evaluación De La Huella Hídrica Multisectorial De La Cuenca Del Río Combeima (Departamento Del Tolima) [En Línea], (2018). Ibagué-Tolima: Universidad Del Tolima. [Consulta: 10 febrero 2021]. Disponible en: <http://repository.ut.edu.co/bitstream/001/2753/1/T0969005CD6000APROBADOPERLATATIANAVARÓNARGAS.pdf>.

**VENANCIO, A. y BERNAL, E.** Gobernanza del agua en la Cuenca Hidro social de Valle de Bravo-Amanalco, México. [en línea], (2019). México D.F.: Fundación Friedrich Naumann para la Libertad. [Consulta: 10 febrero 2021]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/jatsRepo/2433/243360564008/html/index.html>.

**VILLALOBOS, V. y BASSO, L.** Documento Técnico: Agua, Alimento Para La Tierra. [en línea]. (2013). Buenos Aires: [Consulta: 10 febrero 2021]. Disponible en: <https://www.redinnovagro.in/documentosinnov/agua,alimento.pdf>.

**WATER FOOTPRINT NETWORK.** Manual para la evaluación de la Huella Hídrica. (2015). S.l.: Disponible en: [www.iica.int](http://www.iica.int).

**ZAMBRANO, M.A., MONTENEGRO, J.P. y REYES, H.** Estimación de la huella hídrica asociada al proceso de beneficio bovino de la cadena cárnica en los frigoríficos Vijagual y Jongovito (Colombia). [en línea], (2018). [Consulta: 11 febrero 2021]. DOI 10.15446/rfmvz.v65n3.76462. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/rfmvz/v65n3/0120-2952-rfmvz-65-03-235.pdf>.

**ZARATE, E. y KUIPER, D.** Evaluación de Huella Hídrica del banana para pequeños



productores en Perú y Ecuador. *GOOD STUFF INTERNATIONAL* [en línea], (2013). Suiza: [Consulta: 10 febrero 2021]. Disponible en: [http://www.goodstuffinternational.com/images/PDF/Reporte GSI\\_HH\\_Bananas\\_pequenos\\_productores.pdf](http://www.goodstuffinternational.com/images/PDF/Reporte_GSI_HH_Bananas_pequenos_productores.pdf).

**ZÁRATE TORRES, É., FERNÁNDEZ POULUSSEN, A. y KUIPER, D.** *Guía Metodológica Para La Evaluación De La Huella Hídrica En Una Cuenca Hidrográfica* [en línea], (2017). S.l.: s.n. [Consulta: 28 enero 2020]. ISBN 9789292486709. Disponible en: [www.iica.int](http://www.iica.int).

## ANEXOS

### ANEXO A: Tramos del Rio Cebadas









**ANEXO B: Pastoreo cercano al río**





**ANEXO C: Cultivos captados en la parroquia**



**ANEXO D: Nacimiento del Rio Cebadas**









**ANEXO E: Estación hidrológica CEBADAS AJ GUAMOTE**



**ANEXO F:** Entrega oficial de las estrategias de respuesta a favor de la comunidad al GAD PARROQUIAL DE CEBADAS.





**ANEXO G: Solicitud de autorización para el desarrollo del trabajo de titulación al GAD PARROQUIAL DE CEBADAS.**

Cebadas, 11 de marzo del 2020

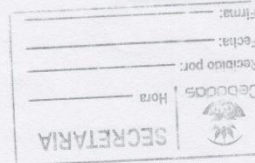
**Ingeniero  
Néstor Chávez  
PRESIDENTE DEL GOBIERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO  
DE LA PARROQUIA DE CEBADAS**  
Presente

De nuestra consideración:

De la manera más comedida solicitamos se nos otorgue la autorización para el desarrollo del trabajo de titulación "Evaluación de la Huella Hídrica de la Microcuenca del Río Cebadas para el Fortalecimiento de su Gestión y Política Comunitaria" de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, y a su vez se nos otorgue una entrevista con el Presidente del GAD Parroquial con motivo de levantamiento de información de la Parroquia.

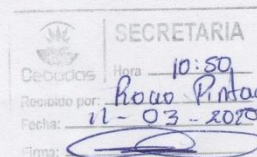
Seguras de contar con su amable atención le agradecemos.

Atentamente:



Paulina Alexandra Álvarez Salán  
CC: 1803847225  
#: 0984905322

Lisbeth Elizabeth Andrade Ávila  
CC: 1717406076  
#: 0939997854



**ANEXO H: Oficio de entrega de formulación de Estrategias al Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial de Cebadas.**



# ESPOCH

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

Riobamba, 07 de abril de 2021

Señor Ingeniero  
Néstor Chávez Mullulema  
**PRESIDENTE GAD PARROQUIAL CEBADAS**  
En su despacho

De mi consideración.

Reciba un atento y cordial saludo. Desde la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, las señoritas Paulina Alexandra Álvarez Salán y Lisbeth Elizabeth Andrade Ávila, tesistas de la Carrera de Ingeniería en Biotecnología Ambiental de la Facultad de Ciencias; queremos comunicarle y hacerle llegar la **Formulación de Estrategias** basadas en el Plan de Desarrollo "Toda una Vida" y el Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de la Localidad Cebadas (PDYOT), que se realizó posterior a la culminación de la investigación titulada "Evaluación de la Huella Hídrica de la Microcuenca del Rio Cebadas en el fortalecimiento de su Gestión y Política Comunitaria", el cual como se había mencionado en una reunión inicial, aportaría con información de gran importancia para su gestión.

Con sentimientos de distinguida consideración.

Atentamente,

Paulina Álvarez Salán  
**Ing. En Biotecnología Ambiental (e)**  
**1803847225**



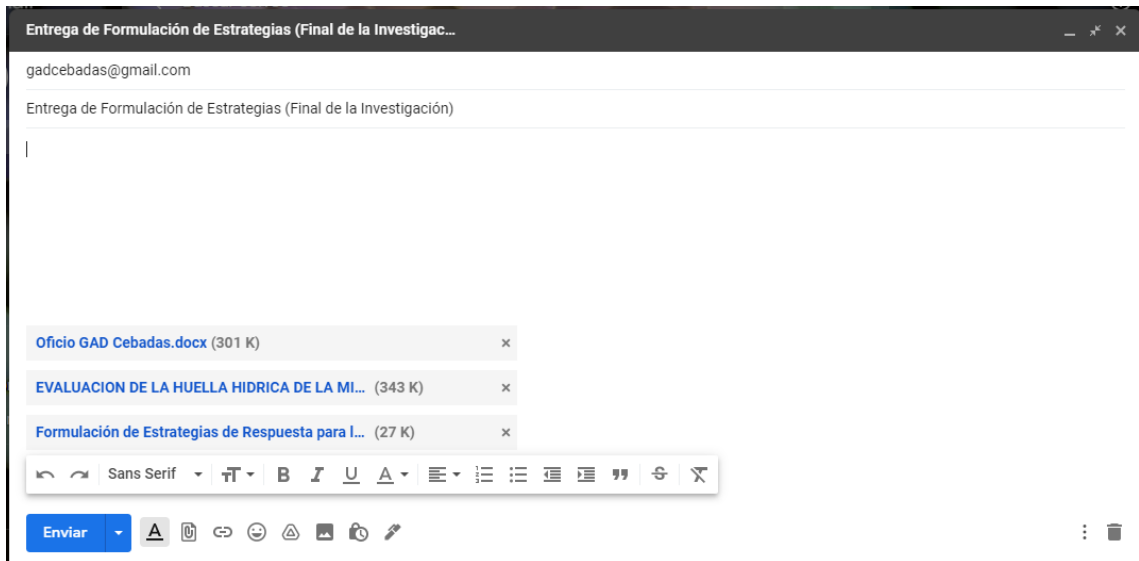
Lisbeth Andrade Ávila  
**Ing. En Biotecnología Ambiental (e)**  
**1717406076**

Dirección: Panamericana Sur km 1 1/2,

Teléfono: 593 (03) 2 998200 Ext 167  
cq@esPOCH.edu.ec

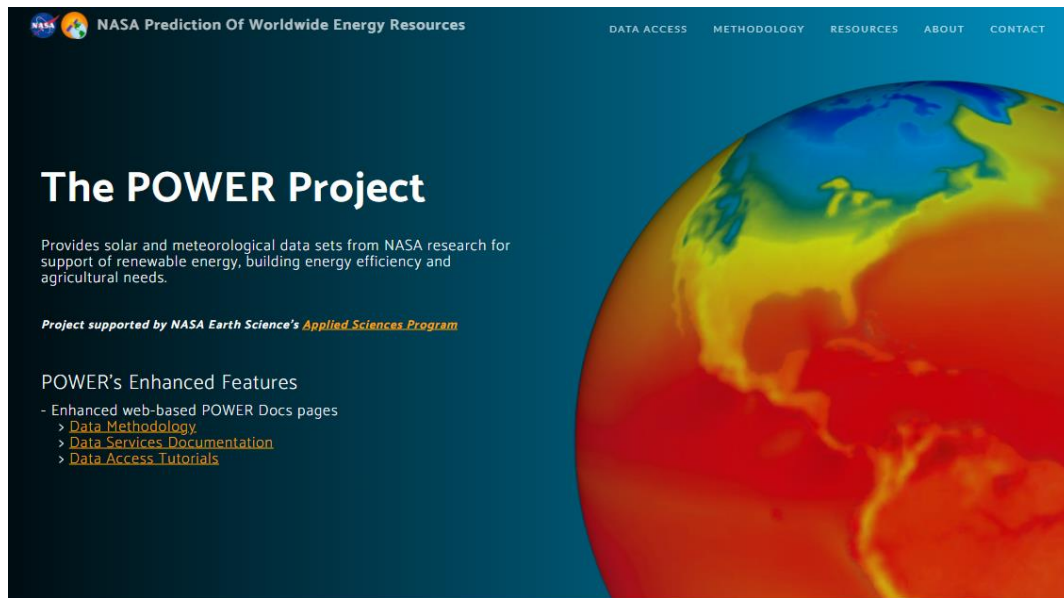
www.esPOCH.edu.ec  
Código Postal: EC060155

## ANEXO I: Correos de Entrega de la Formulación de Estrategias al GAD PARROQUIAL DE CEBDAS.





## ANEXO J: Software POWER NASA



### Multiple Data Access Options



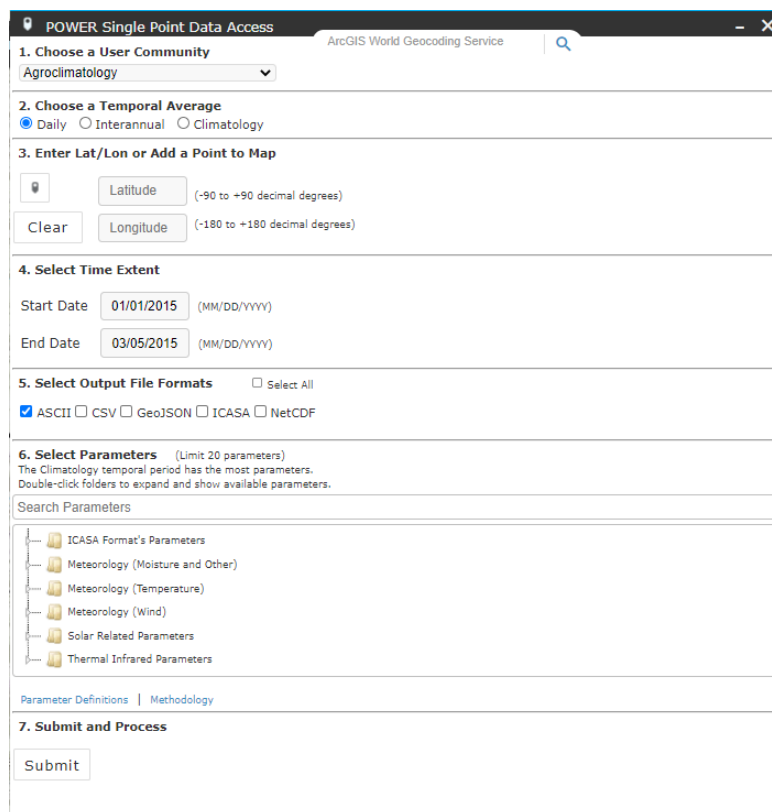
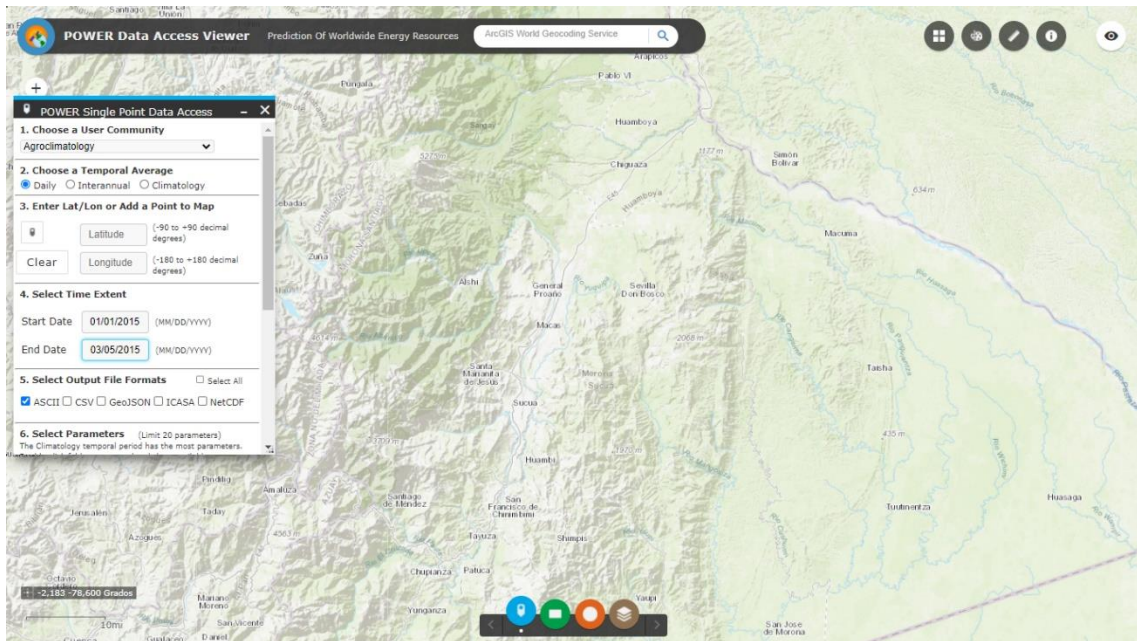
### Multiple Data Access Options



### Data Access Viewer

Responsive web mapping application providing data subsetting, charting, and visualization tools in an easy-to-use interface.

POWER DATA ACCESS VIEWER



ANEXO K: Software CROPWAT 8.0

