

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE QUITO

CARRERA:
INGENIERÍA AMBIENTAL

Trabajo de titulación previo a la obtención del título de:
INGENIERA AMBIENTAL

TEMA:
**ESTIMACIÓN DE LA HUELLA HÍDRICA E IDENTIFICACIÓN DE ESTRATEGIAS PARA
LA CONSERVACIÓN DEL RECURSO HÍDRICO, PARA LA COOPERATIVA DE AHORRO
Y CRÉDITO “LUZ DEL VALLE” Ltda., UBICADA EN EL VALLE DE LOS CHILLOS**

AUTORA:
ERIKA JOHANNA MANCERO CHICAIZA

TUTOR:
XIMENA DEL ROCÍO BORJA VELA

Quito, septiembre del 2020

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR

Yo Erika Johanna Mancero Chicaiza con documento de identificación N° 171952373-8, manifiesto mi voluntad y cedo a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy autora del trabajo de titulación intitulado: ESTIMACIÓN DE LA HUELLA HÍDRICA E IDENTIFICACIÓN DE ESTRATEGIAS PARA LA CONSERVACIÓN DEL RECURSO HÍDRICO, PARA LA COOPERATIVA DE AHORRO Y CRÉDITO “LUZ DEL VALLE” LTDA., UBICADA EN EL VALLE DE LOS CHILLOS, mismo que ha sido desarrollado para optar por el título de: INGENIERA AMBIENTAL, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En aplicación a lo determinado en la Ley de Propiedad Intelectual, en mi condición de autora me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia, suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.



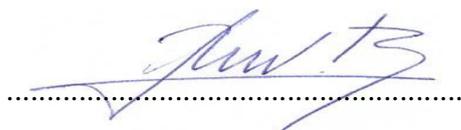
Erika Johanna Mancero Chicaiza
1719523738

Quito, septiembre 2020

DECLARATORIA DE COAUTORÍA DEL DOCENTE TUTOR

Yo declaro que bajo mi dirección y asesoría fue desarrollado el Trabajo Experimental, **ESTIMACIÓN DE LA HUELLA HÍDRICA E IDENTIFICACIÓN DE ESTRATEGIAS PARA LA CONSERVACIÓN DEL RECURSO HÍDRICO, PARA LA COOPERATIVA DE AHORRO Y CRÉDITO “LUZ DEL VALLE” Ltda., UBICADA EN EL VALLE DE LOS CHILLOS** realizado por Erika Johanna Mancero Chicaiza, obteniendo un producto que cumple con todos los requisitos estipulados por la Universidad Politécnica Salesiana, para ser considerado como trabajo final de titulación.

Quito, septiembre 2020



Ximena del Rocío Borja Vela

171122358-4

DEDICATORIA

Este nuevo logro tan importante se lo quiero dedicar en primer lugar a mi Padre Celestial por ser quien me ha permitido alcanzar esta meta, por ser ese padre que nunca me ha abandonado y que siempre ha estado ahí con los brazos abiertos en cada momento de mi vida, por ser mi guía y refugio, aquel que me ha enseñado a aprender de mis errores.

A mi padre José por estar siempre a mi lado en cada momento de mi vida, demostrándome todo su amor incondicional que con esfuerzo y dedicación me ha permitido terminar mis estudios universitarios. Por ese gran ejemplo como cabeza y sacerdote en el hogar quien sin importar el cansancio cada mañana se levantan a dar lo mejor de sí, sin dejar de lado la relación con Dios.

A mi madre Martha por ser esa mujer virtuosa y guerrera que cada mañana eleva una oración por su familia y que pelea cada batalla de rodilla. Por ser una mujer de fé que ama de forma incondicional y que siempre estar pendiente de su hogar.

A mi hermano Cristhian por ser mi cómplice en mis locuras y mi apoyo durante toda mi carrera quien me ha impulsado a seguir siempre adelante, a mi hermana Fernanda por cada mañana levantarme con una sonrisa quien empezó conmigo esa carrera. ¡Los amo hermanos!

A mis abuelitos paternos Miguel (+) y Rosa (+) por darme un padre con principios y valores. A mis abuelitos maternos Alberto y Rosa (+) por estar siempre pendientes de mi familia y dar vida a una mujer que ama solo lo bueno (mi mamá).

A mi líder de célula Cristina Lara quien a pesar de todo siempre a esta conmigo sosteniéndome en oración y pendiente de mí. A mis pastores de la Iglesia Comunidad de Fé por todas sus enseñanzas y su amor.

A mis amigas y amigos por permitirme aprender día a día y sacarme una sonrisa durante esta etapa tan importante en mi vida.

Al Club Ambiental y a la Asociación Internacional de Estudiantes en Agricultura y Ciencias Relacionadas quienes me han permitido tener grandes experiencias en las diferentes actividades y eventos.

A Nelson Casa y Gueid Tamayo quienes siempre han estado en los momentos más importantes de mi vida, por sus consejos y amor.

Y a toda mi familia quienes con cariño y humor siempre me ha apoyado.

"Y todo lo que hagan o digan, háganlo en el nombre del Señor Jesús, dando gracias a Dios el Padre por medio de él." Colosenses 3:17 (DHH)

Erika Johanna

AGRADECIMIENTO

Quiero agradecer a mi Padre Celestial por ser quien me ha permitido tener vida cada mañana y levantarme con nuevas fuerzas, a mi familia por el motor de mi vida y a todas las personas que han sido parte durante mi vida universitaria.

A la Cooperativa de Ahorro y Cooperativa de Ahorro y Crédito “Luz Del Valle” Ltda. especialmente al Ing. Santiago Gualotuña Gerente General, a la Sta. Lizbeth Codena secretaria de gerencia, al Ing. Diego Balseca coordinador del departamento de Responsabilidad Social, al Ing. Patricio Andrango colaborador en el departamento de Responsabilidad Social, a la Ing. Erika Otalima coordinadora del departamento de talento humano y a todas y cada una de las personas que conforman la COAC por su gran colaboración y apoyo en el desarrollo de este proyecto.

A la Universidad Politécnica Salesiana, en especial a la Carrera de Ingeniería Ambiental y sus docentes por todos conocimientos impartidos en las aulas de clase

A mi tutora de tesis la Ing. Ximena Borja por su excelente calidad humana quien me ha brindado su apoyo, guía y tiempo para llevar a cabo esta investigación.

A los Ingenieros Carlos Vélez y Víctor Rueda ayudantes de laboratorio por la gran ayuda brindada en el laboratorio a través de sus conocimiento y experiencia.

Al Grupo de Investigación Ambiental para el Desarrollo Sustentable (GIADES) conformado por PhD César Iván Alvarez, Msc. Patricia Gutiérrez y Msc. Juan Gabriel Mollocana, por la confianza depositada y la oportunidad de trabajar con cada uno.

Erika Johanna

ÍNDICE GENERAL

1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. OBJETIVOS	3
2.1. Objetivo General.....	3
2.2. Objetivos Específicos.....	3
3. MARCO TEÓRICO	4
3.1. Bases Teóricas	4
3.1.1. <i>Calidad del Agua</i>	4
3.1.2. <i>Escasez de agua</i>	4
3.1.3. <i>Contaminación del agua</i>	5
3.2. Agua Virtual (AV)	6
3.3. Huella Hídrica.....	6
3.3.1. <i>Origen de la Huella Hídrica</i>	7
3.3.2. <i>Componentes de la Huella Hídrica</i>	8
3.4. Water Footprint Network (WFN)	9
3.5. Evaluación de la Sostenibilidad de la Huella Hídrica	9
3.5.1. <i>Sostenibilidad Ambiental</i>	10
3.5.2. <i>Evaluación Social</i>	10
3.5.3. <i>Eficiencia del Recurso</i>	10
4. MATERIALES Y MÉTODOS	12
4.1. Área de Estudio.....	12
4.2. Objetivos y Alcances.....	13
4.3. Levantamiento de Información	14
4.3.1. <i>Productos de Mayor Impacto</i>	14
4.4. Muestreo de Agua Residual	24

4.4.1. <i>Determinación del Número de Muestras de Agua Residual</i>	24
4.4.2. <i>Tipo de Muestreo</i>	25
4.4.3. <i>Programa de Muestreo</i>	25
4.5. <i>Análisis de parámetros</i>	26
4.5.1. <i>Parámetros In Situ</i>	26
4.5.2. <i>Análisis en Laboratorio</i>	28
4.6. <i>Estimación de Huella Hídrica</i>	30
4.6.1. <i>Huella Hídrica Azul</i>	30
4.6.2. <i>Huella Hídrica Gris</i>	30
4.6.3. <i>Huella Hídrica Verde</i>	31
4.6.4. <i>Huella Hídrica Total</i>	31
4.7. <i>Sensibilización del Uso del Agua</i>	31
4.8. <i>Soluciones Para la Reducción de Huella Hídrica</i>	32
4.8.1. <i>Sanitarias</i>	32
4.8.2. <i>Administrativas</i>	32
4.9. <i>Evaluación de la Sostenibilidad</i>	33
4.10. <i>Microcuenca del Río Pita</i>	35
5. RESULTADOS Y DISCUSIONES	36
5.1. <i>Cuantificación de la Huella Hídrica Directa</i>	36
5.1.1. <i>Huella Hídrica Azul</i>	36
5.1.2. <i>Huella Hídrica Gris</i>	40
5.1.3. <i>Huella Hídrica Verde</i>	43
5.2. <i>Cuantificación de la Huella Hídrica Indirecta</i>	43
5.2.1. <i>Huella Hídrica de la Energía eléctrica</i>	43
5.2.2. <i>Huella Hídrica de los Suministros de Oficina</i>	45

5.2.3. <i>Huella Hídrica de los Suministros de Cafetería</i>	47
5.3. Cuantificación de la Huella Hídrica Total.....	49
5.4. Huella Hídrica Per-cápita	51
5.5. Evaluación de la Sostenibilidad.....	52
5.5.1. <i>Evaluación de la Sostenibilidad de la HH Azul</i>	53
5.5.2. <i>Evaluación de la Sostenibilidad de la HH Gris</i>	57
5.6. Implementación de Estrategias Para la Reducción de la Huella Hídrica	59
5.7. Discusión	63
6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	68
6.1. Conclusiones	68
6.2. Recomendaciones.....	69
7. BIBLIOGRAFÍA.....	70
8. ANEXOS	77

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Huella Hídrica de la COAC “Luz del Valle” Ltda	7
Tabla 2: Productos de mayor consumo en la COAC “Luz del Valle” Ltda.....	15
Tabla 3: Consumo de agua potable de la COAC “Luz del Valle” Ltda. en m ³	16
Tabla 4: Consumo de energía eléctrica en la COAC “Luz del Valle” Ltda. en kWh.....	18
Tabla 5: Factor de conversión en m ³ /GJ según el tipo de energía.....	20
Tabla 6: Suministros de oficina adquiridos mensualmente por la COAC “Luz del Valle” Ltda.	21
Tabla 7: Suministros de oficina y su factor de conversión	21
Tabla 8: Suministros de cafetería adquiridos mensualmente por la COAC “Luz del Valle” Ltda	22
Tabla 9: Suministros de oficina y su factor de conversión	23
Tabla 10: Valores del coeficiente (K) según el nivel de confianza	24
Tabla 11: Materiales utilizados para el muestreo	25
Tabla 12: Horarios de recolección de las muestras de agua residual	26
Tabla 13: Materiales utilizados en el laboratorio de agua residuales	28
Tabla 14: Ahorro por tonelada de hojas.....	33
Tabla 15: Índice de escasez de la sostenibilidad	34
Tabla 16: Volumen de agua al año en el afluente en m ³	36
Tabla 17: Ingreso anual de agua del afluente.....	37
Tabla 18: Total de personas encuestadas	37
Tabla 19: Salida anual de agua al efluente.....	38
Tabla 20: Volumen de agua al año en el efluente	39
Tabla 21: Huella Hídrica azul por agencia en m ³	40
Tabla 22: Promedios de contaminantes del agua en las agencias de la COAC.....	41

Tabla 23: Huella Hídrica gris en las agencias de la COAC (m ³)	42
Tabla 24: Huella Hídrica de la energía eléctrica en la COAC “Luz del Valle” Ltda.....	44
Tabla 25: Huella Hídrica mensual de los suministros de oficina en la COAC “Luz del Valle” Ltda.....	45
Tabla 26: Huella Hídrica de suministros de oficina en la COAC “Luz del Valle” Ltda	46
Tabla 27: Huella Hídrica mensual de los suministros de cafetería en la COAC “Luz del Valle” Ltda.....	48
Tabla 28: Huella Hídrica de suministros de cafetería en la COAC “Luz del Valle” Ltda.....	48
Tabla 29: Huella Hídrica per cápita en la COAC “Luz del Valle” Ltda	51
Tabla 30: Huella Hídrica per cápita en las agencias de la COAC “Luz del Valle” Ltda. en m ³ /año	52
Tabla 31: Datos de esorrentía mensual del Río Pita (2019) en m ³	53
Tabla 32: Porcentaje de consumo de agua con respecto al río Pita para las agencias de la COAC	54
Tabla 33: Índice de escasez de agua para las agencias de la COAC	55
Tabla 34: Datos de esorrentía mensual (2019) en m ³	57
Tabla 35: Porcentaje del grado de contaminación del agua para las agencias de la COAC.....	58
Tabla 36: Medidas a corto plazo	61
Tabla 37: Medidas a mediano plazo	62
Tabla 38: Análisis comparativo de Huella Hídrica con otros estudios.....	66
Tabla 39: Coordenadas de los puntos de muestreo de cada agencia de la COAC	83
Tabla 40: Cálculo de la salida de agua por cada actividad en las agencias de la COAC.....	85
Tabla 41: Temperatura de las muestras in situ	88
Tabla 42: pH de las muestras in situ.....	89
Tabla 43: Conductividad de las muestras in situ	90

Tabla 44: Turbidez de las muestras in situ.....	90
Tabla 45: Oxígeno disuelto de las muestras in situ	92
Tabla 46: Demanda bioquímica de oxígeno a los cinco días en el agua residual de la COAC "Luz del Valle" Ltda. (mg/L)	94
Tabla 47: Demanda química de oxígeno en el agua residual de la COAC "Luz del Valle" Ltda. (mg/L)	95
Tabla 48: Caudal de oficios circulares con una presión de 50 m.....	99
Tabla 49: Relación DBO5/DQO en el agua residual de la COAC "Luz del Valle" Ltda.....	100
Tabla 50: Datos de precipitación de las estaciones meteorológicas	101

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Fachada de la COAC “Luz del Valle” Ltda.....	2
Figura 2: Fases de la metodología según el manual The Water Footprint Assessment.....	12
Figura 3: Georreferenciación de las agencias de la Cooperativa de Ahorro y Crédito “Luz del Valle” Ltda. en ArcGIS 10.5.....	13
Figura 4: Consumo de agua potable en la COAC en m ³	17
Figura 5: Consumo de energía eléctrica en la COAC en kWh.....	19
Figura 6: Balance hídrico de la COAC “Luz del Valle” Ltda.....	30
Figura 7: Consumo de agua en m ³ /año de acuerdo a la actividad realizada.....	38
Figura 8: Huella Hídrica de los suministros de oficina en la COAC “Luz del Valle” Ltda.....	47
Figura 9: Huella hídrica de los suministros de cafetería en la COAC “Luz del Valle” Ltda.....	49
Figura 10: Componentes de la Huella Hídrica en la COAC “Luz del Valle” Ltda.....	50
Figura 11: Relación entre escorrentía y precipitación.....	56
Figura 12: Relación entre escorrentía y precipitación para la HH gris.....	59
Figura 13: Medición de oxígeno disuelto en las muestras.....	93
Figura 14: Medición de la Demanda Química de Oxígeno.....	93
Figura 15: Muestras de DBO ₅ en la estufa por 5 días a 20°C.....	93

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1: Tamaño de la muestra para las encuestas	14
Ecuación 2: Huella Hídrica de la energía eléctrica	19
Ecuación 3: Huella Hídrica de los suministros de oficina	21
Ecuación 4: Huella Hídrica de los suministros de cafetería	23
Ecuación 5: Número de Muestras de Agua Residual	24
Ecuación 6: Determinar la Demanda Bioquímica de Oxígeno a los 5 días (DBO ₅)	28
Ecuación 7: Huella Hídrica Azul	30
Ecuación 8: Huella Hídrica Gris	30
Ecuación 9: Huella Hídrica Verde	31
Ecuación 10: Huella Hídrica Total.....	31
Ecuación 11: Sostenibilidad de la Huella Hídrica.....	34

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Cálculo del tamaño de la muestra a ser encuestada.....	77
Anexo 2: Encuestada utilizada para la recolección de información.....	78
Anexo 3: Etiquetado de muestra y cadena de custodia.....	82
Anexo 4: Coordenadas de los puntos de muestreo.....	83
Anexo 5: Recolección de muestras.....	84
Anexo 6: Cálculos para la salida de agua al efluente.....	85
Anexo 7: Datos Generales del muestreo en campo.....	88
Anexo 8: Análisis en el laboratorio.....	93
Anexo 9: Datos Generales obtenidos en el laboratorio.....	94
Anexo 10: Cálculo de la Huella Hídrica Gris.....	96
Anexo 11: Cálculos del índice de escasez.....	97
Anexo 12: Caudal de fugas de agua.....	99
Anexo 13: Relación DBO ₅ /DQO.....	100
Anexo 14: Datos de precipitación de las estaciones meteorológicas.....	101

RESUMEN

En el presente trabajo de investigación se realizó la Estimación de Huella Hídrica para las 14 sedes de la Cooperativa de Ahorro y Crédito “Luz del Valle” Ltda., para el año 2019 como resultado de las actividades desarrolladas de forma directa e indirecta en relación al uso de agua dentro de la institución a fin de generar propuestas que promuevan la conservación y el uso sustentable del recurso hídrico.

Mediante la aplicación de la metodología propuesta por Hoekstra en el 2011 (Water Footprint Network), que consta de cuatro fases: establecimiento de objetivos, contabilidad de la Huella Hídrica directa (HH Azul, HH Gris, HH Verde) e indirecta (HH de la energía eléctrica, HH de suministros de oficina y HH de suministros de cafetería), evaluación de la sostenibilidad y formulación de propuestas para la reducción.

Para determinar la HH total de la institución se sumaron las HH directa e indirecta previamente calculadas, lo que permitió identificar actividades que generan el incremento de huella como es el caso del uso de papel bond, energía eléctrica y café instantáneo. Esto permitió plantear estrategias de reducción de HH para garantizar la disminución, generar ahorro y así evitar gastos innecesarios en la COAC.

ABSTRACT

In the present research work it has been determined to perform the Water Footprint Estimate for the 14 locations of the Cooperativa de Ahorro y Crédito “Luz del Valle” Ltda., for the year 2019 as a result of the direct and indirect activities of water use developed within the institution in order to generate proposals that promote the conservation and sustainable use of the water resource.

By applying the methodology proposed by Hoekstra in 2011 (Water Footprint Network), which consists of four phases: goal setting, direct water footprint accounting (HH Blue, HH Gray, HH Green) and indirect (HH for electric power, HH for office supplies and HH for cafeteria supplies), evaluation of sustainability and formulation of proposals for reduction.

To determine the total HH of the institution, the previously calculated direct and indirect HH were added, which allowed identifying activities that generate an increase in footprint, such as the use of bond paper, electrical energy and coffee. This allowed to propose HH reduction strategies to guarantee the decrease and generate savings avoiding unnecessary expenses in the COAC.

1. INTRODUCCIÓN

La tierra es conocida como “Planeta azul”, debido a que alrededor de las tres cuartas partes del planeta (71%) es agua (Gerst, s.f.). Según Naciones Unidas el 97% del agua total es inaccesible ya que se encuentra en los océanos, mares, glaciares, polos, entre otros; y, tan solo el 3% es agua dulce o esta apta para el consumo humano (Ambientum, 2019).

La Constitución del Ecuador (2018) indica que “El derecho humano al agua es fundamental e irrenunciable, debido a que el agua constituye patrimonio nacional estratégico de uso público, inalienable, imprescriptible, inembargable y esencial para la vida”. Sin embargo, especialistas en temas ambientales reconocen que los conflictos hídricos se han provocado por la mala o nula gestión del aprovechamiento del agua que existe en la actualidad (González, 2018).

Los problemas de escasez y la necesidad de mejorar la gestión en el aprovechamiento del recurso hídrico, han llevado al planteamiento de la estimación de la huella hídrica a modo de indicativo del uso directo e indirecto de un consumidor o productor sea este un servicio o producto, que es medido en unidades de volumen de agua consumida y contaminada en relación al tiempo. En la estimación de Huella Hídrica (HH) se consideran tres componentes: HH azul conocida por el volumen de agua superficial o subterránea que ha sido evaporada o añadida a un servicio o producto, HH gris determina el volumen de agua contaminada y HH verde que es la cantidad de agua lluvia que ha sido evaporada o incorporada en el servicio o producto misma que debe ser medida en unidades de volumen (Pérez et al., 2019).

La Cooperativa de Ahorro y Crédito “Luz del Valle” Ltda., con una propuesta fortalecida de indicadores ambientales y sostenibles en el tiempo con el propósito de generar un seguimiento de metas medioambientales. Y con la finalidad de llegar a obtener el reconocimiento Punto Verde ha implementado varios proyectos entre ellos los eco-tachos (sistemas de recolección de botellas plásticas utilizadas); huertos familiares, campañas de

concientización dentro de la institución, entre otros. Por lo que la estimación de la HH en la COAC plantea establecer indicadores importantes del adecuado uso de agua y sustentabilidad del recurso.

Figura 1

Fachada de la COAC “Luz del Valle” Ltda.



Nota: Recuperado de Google Maps, 2020

La Huella Hídrica (HH) es importante debido a que determina la cantidad de agua dulce (potable, por botellones o por botellas) que ha sido consumida por parte de un sector en específico. La estimación de la Huella Hídrica se realiza con la aplicación de la metodología planteada por Hoekstra en el Manual de la Water Footprint (WFP) (Charlon et al., 2015). Y con este resultado se plantean posibles soluciones de conservación del recurso agua.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo General

Estimar la Huella Hídrica de la Cooperativa de Ahorro y Crédito “Luz del Valle” Ltda. para establecer medidas de conservación del recurso hídrico.

2.2. Objetivos Específicos

Identificar las principales actividades de consumo de agua en la Cooperativa a partir de la recolección de datos.

Realizar los cálculos de estimación para la Huella Hídrica mediante la metodología propuesta por la Water Footprint Network.

Identificar medidas de reducción de la Huella Hídrica mediante estrategias de optimización de recursos en actividades y productos vinculados con la demanda hídrica, de tal forma que se promueva la conservación de dicho recurso.

3. MARCO TEÓRICO

En este capítulo se abordarán las bases teóricas relacionadas a la estimación de la Huella Hídrica y sus componentes (Huella Hídrica azul, gris y verde), además de identificar la situación actual del recurso a nivel mundial y del Ecuador.

3.1. Bases Teóricas

3.1.1. Calidad del Agua

La calidad del agua es un término de importancia en la salud del ser humano y la producción de los alimentos , sus parámetros físico, químicos y microbiológicos (pH, conductividad, turbidez, temperatura, oxígeno disuelto, demanda bioquímica de oxígeno a los cinco días, demanda química de oxígeno, coliformes fecales, entre otras) permiten determinar su composición y categorizar al recurso como apto o no apto para los diferentes usos (Rueda, 2019). Dentro de los diferentes municipios del país se realizan pruebas periódicas para determinar si la calidad de agua cumple con lo señalado en la Norma Técnica Ecuatoriana INEN 1108 (Servicio Ecuatoriano de Normalización, 2011).

Ecuador al ser un país dedicado a la agricultura, la mayor demanda de agua se da durante la productividad de sector agrícola por ello la calidad de agua es muy importante ya que no solo involucra el estado del ambiente sino también la salud del ser humano (Benjumea et al., 2019). La calidad del agua se ha visto afectada debido a la mala o nula disposición de desechos sólidos, vertidos de agua residuales, agroquímicos y nutrientes utilizados en la agricultura, entre otros (Rueda, 2019).

3.1.2. Escasez de agua

Según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (2019) la escasez de agua es la relación que existe entre el desbalance de la oferta y el consumo

de agua en condiciones preexistentes de precio y/o resoluciones institucionales internas; la demanda excesiva y el elevado nivel de consumo del recurso disponible, principalmente cuando el potencial de suministro es complejo o altamente costoso para ser aprovechado. Por lo tanto, a la escasez de agua se la puede definir como un desequilibrio entre la demanda de agua por parte de una institución y la disponibilidad en la microcuenca.

- En el mundo países como Kuwait, Bahrein, Emiratos Árabes Unidos, Egipto y Qatar, son los más perjudicados por la escasez de agua, lo que ha generado graves consecuencias entre ellas:
- Enfermedades (diarrea, cólera o poliomielitis) pues debido al déficit del recurso se han visto obligados a utilizar agua contaminada;
- Ganadería, agricultura e industria se encuentran afectadas por las sequías por lo que sus poblaciones presentan altos grados de desnutrición y hambre;
- Conflictos y desplazamiento de habitantes hacia otras ciudades o países (La Agencia de la ONU para los refugiados, 2019).

3.1.3. Contaminación del agua

Uno de los medios de contaminación del agua es la presencia de sustancias ajenas a las fuentes hídricas (ríos, lagos, acuíferos, océanos) en concentraciones mayores a las permitidas en el medio, que durante los últimos años se ha aumentado y ha generado grandes consecuencias, a pesar de ciertas mejoras realizadas en algunos países (Benjumea et al., 2019). Por otra parte, para las instituciones encargadas de la gestión del recurso hídrico es de gran preocupación pues las tecnologías de tratamiento de agua residual se han acelerado y usan para depuración productos que contienen compuestos de origen químico con lo que el contaminante del agua más un compuesto terminan en el lodo (Oppliger et al., 2019).

Pues debido a la contaminación del agua se ha producido cambios en la vida de las personas, animales y plantas, lo que provoca la destrucción del hábitat de los animales, la lluvia ácida y enfermedades de todo tipo, entre otros (Benjumea et al., 2019).

3.2. Agua Virtual (AV)

El agua virtual es el agua utilizada en un producto durante su elaboración y está contenida en el mismo al momento de ser exportado o importado por lo tanto es restado o sumado respectivamente, al calcular la HH de una nación; lo que permite evaluar el intercambio entre localidades mediante el transporte del recurso contenido (Velázquez et al., 2011). Mediante la evaluación del AV se establece si la producción de un bien o servicio es apropiada para el medio en un lugar específico con relación a la cantidad de agua que fue utilizada.

En sus inicios el agua virtual solo se considera para los productos alimenticios, sin embargo, en el transcurso de los años se han realizado estudios para otro tipo de bienes es así como en la actualidad se puede establecer el AV para todo tipo de producto o servicio (Charlon et al., 2015).

3.3. Huella Hídrica

Para Hoekstra (2018) la Huella Hídrica (HH) o Water Footprint es un indicador que estima el uso de agua dulce y el grado de contaminación del recurso en la cadena de suministros para producir un bien o a su vez el consumo de un individuo/institución que se expresa en volumen total de agua utilizada al año. Este indicador permite determinar cuánto y cómo las personas utilizan el recurso en la institución con el fin de reducir su consumo. La HH cuenta con dos tipos de HH a nivel de su uso que son: HH de uso directo o interno (internal water footprint) que es el volumen de agua utilizada durante las operaciones; y, HH de uso indirecto

o externo (external water footprint) que es el uso de agua utilizada en la cadena de suministros adquiridos por la empresa. En la tabla 1 se muestra un esquema de la HH de la institución.

Tabla 1

Huella Hídrica de la COAC “Luz del Valle” Ltda.

HH DIRECTAMENTE	HH INDIRECTAMENTE
Agua contaminada por el uso diario	HH de energía eléctrica
Consumo de agua potable	HH de suministros de oficina
	HH de suministros de cafetería

Nota: Recuperado del Manual para la Evaluación de la Huella Hídrica, 2011. Huella Hídricas consideradas en institucion administrativas.

La HH de una institución hace referencia al consumo directo e indirecto de agua para producir un bien o servicio determinado.

3.3.1. Origen de la Huella Hídrica

La Huella Hídrica surge de estudios realizados acerca del agua virtual en donde Jhon Allan en 1993 la define por primera vez como “El volumen del agua requerido en la elaboración de un producto o ejecución de un servicio que toma en cuenta los problemas de escasez que existen en los países, es decir un uso sostenible del recurso hídrico” (Salcedo et al., 2014).

La Huella Hídrica o Water Footprint se conceptualiza a partir de los estudios realizados del agua virtual definida por el Dr. Hoekstra (2018) como “Un indicador de la cantidad de agua dulce consumida, que considera dimensiones directas e indirectas para la producción de bienes, productos o servicios”. Donde surge la organización “Water Footprint Network” que mediante estudios realizados elaboró en el 2012 el Manual para la evaluación de la Huella Hídrica cuyos autores son Hoekstra, Mekonnen, Chapagain y Aldaya.

Actualmente, instituciones internacionales entre ellas el Banco de Desarrollo de América Latina, considera a la estimación de la HH fundamental y necesaria debido a que dentro de los procesos operativos el agua es un recurso primordial para la ejecución de las actividades de instituciones o países.

3.3.2. Componentes de la Huella Hídrica

3.3.2.1. Huella Hídrica Azul. Huella Hídrica azul es el volumen de agua extraída de fuentes subterráneas y superficiales (ríos, lagos, acuíferos, embalses, esteros, reservorios) que permite el aprovechamiento del recurso a partir de construcciones realizadas como canales de riego, pozos y presas; y, no son devueltos en el mismo estado a la cuenca (Hurtado et al., 2018). La HH azul de un proceso contiene aspectos como: el agua que no es devuelta en el mismo periodo de tiempo; el agua que se ha evaporado; el agua que es restituida a otra cuenca o zona de captación; y, el agua incorporada en el producto. En el caso de que el agua sea regresada en su mismo estado al lugar de donde fue extraído dentro de un periodo de tiempo corto se considera para la HH como un impacto positivo (Pellicer et al., 2013).

3.3.2.2. Huella Hídrica Gris. HH gris es la cantidad de agua dulce que debido a los procesos de producción de un bien o servicio en una empresa se ha contaminado, y se la considera como no apta sanitariamente para el consumo y puede ser cuantificada como el volumen de agua necesaria para asimilar la carga contaminante hasta que la calidad del agua se encuentre en los estándares exigidos por la normativa ambiental vigente (Hurtado et al., 2018). Mediante tratamientos relativamente sencillos se puede depurar agua contaminada para reutilizarla en riego, evacuación de inodoros, limpieza de vehículos, entre otros. Se estima que el 80% de agua utilizada que va hacia el alcantarillado puede ser reutilizada en otros procesos (Pérez et al., 2019).

3.3.2.3. Huella Hídrica Verde. HH verde o agua de suelo es el agua proveniente de la precipitación que permite el crecimiento de vegetación natural (matorral, bosques, praderas, tundra, otros), misma que se evapora del suelo y por lo tanto no se suma a los acuíferos. Por otra parte, la evaporación que ocurre a causa de la transpiración de las plantas se denomina evaporación eficiente es decir el agua verde es el aquella que proviene del agua lluvia y se almacena de manera temporal en la superficie del suelo lo que evita su paso hacia aguas subterráneas (Hurtado et al., 2018).

3.4. Water Footprint Network (WFN)

La organización Water Footprint Network se establece en el año 2008 por el apoyo de varias organizaciones y universidades afines, luego de realizar varios estudios acerca de Huella Hídrica y Agua Virtual (Velázquez et al., 2011). Misma que promociona la utilización y gestión del agua de forma equilibrada a nivel mundial y busca la sostenibilidad del agua en el tiempo.

La institución WFN tiene como misión la promoción del uso justo, equitativo, sostenible y eficiente del agua en forma global mediante la fomentación del concepto e importancia de la HH como indicador de consumidores y productores. A fin de sensibilizar a comunidades, organismos gubernamentales, gobiernos y empresas sobre los impactos que producen en el agua durante sus procesos y evaluar el manejo inadecuado del agua (Velázquez et al., 2011).

WFN desarrolla una base de datos estandarizados y herramientas con métodos que permiten cuantificar el agua utilizada, para evaluar el impacto de la HH en el mundo y tomar acciones correctivas sobre el recurso (Pérez et al., 2019).

3.5. Evaluación de la Sostenibilidad de la Huella Hídrica

El análisis de la sostenibilidad de la Huella Hídrica está relacionado con procesos, productos o bienes de una empresa en donde ha habido consumo del recurso hídrico (Hoekstra

y Ertug, 2014). Dentro del análisis de la sostenibilidad se evalúa la perspectiva ambiental, social y económica; considerando que la HH es estimada en sus componentes (HH azul, HH verde y HH gris) y con finalidad de analizar los impactos tanto directos como indirectos. Para así poder determinar si la HH está en los límites de los recursos hídricos locales de tal manera que pueda ser sostenible la empresa o institución dentro de la localidad.

3.5.1. Sostenibilidad Ambiental

Esta evaluación se relaciona con el volumen de agua perdido debido a los sistemas de distribución (sobreexplotación) o contaminación, que pueden ocurrir por las extracciones de agua o flujos de residuos pequeños que son acumulados lo que genera impactos negativos posteriores como: escasez de agua azul, escasez de agua verde y el grado de contaminación del agua (Rodriguez et al., 2018).

3.5.2. Evaluación Social

En la evaluación social se considera la distribución del agua de forma igualitaria, debido a que en algunos lugares existen empresas o instituciones que producen productos o servicios por los que llegan a consumir un mayor volumen de agua respecto a otros predios en donde los beneficios son únicamente para la empresa o institución que además puede llegar a causar un alto grado de contaminación en el medio (Toledo, 2018). Además de otros efectos externos que suceden en algunas ocasiones como: el aprovechamiento ilícito del recurso, la contaminación aguas abajo y el costo de consumo.

3.5.3. Eficiencia del Recurso

La evaluación del aspecto económico está relacionado a la Huella Hídrica que considera la asignación de un valor económico al agua dulce, generalmente en el Ecuador el agua es un

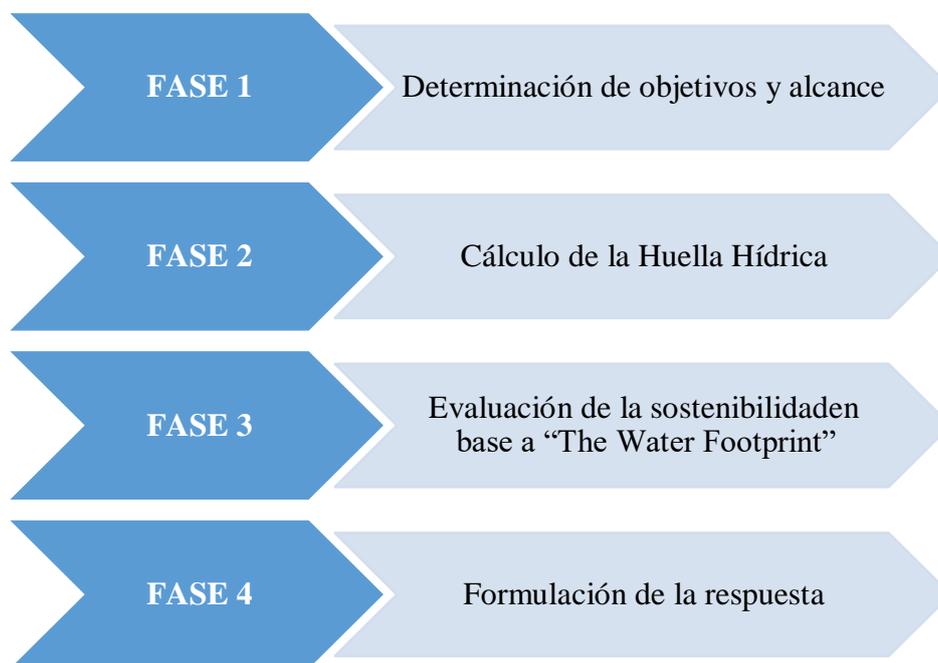
servicio subsidiado por el estado (Hoekstra, 2015). Sin embargo, en ocasiones el uso es destinado a ciertos sectores productivos que generan bajos niveles de bienestar a la sociedad, e inclusive producen problemas de contaminación en el agua, lo que provoca que los índices de consumo del recursos hídrico sean malos y por lo tanto se ha deteriorado la calidad de vida de los demás considerado como un impacto económico negativo de la Huella Hídrica (Rodríguez et al., 2018).

4. MATERIALES Y MÉTODOS

La metodología empleada en el presente trabajo de investigación sobre la estimación de la Huella Hídrica en la Cooperativa de Ahorro y Crédito “Luz del Valle” Ltda. se basó en el documento “The Water Footprint Assessment Manual: Setting the Global Standard” propuesta por Hoekstra en el año 2011, que consta de 4 fases como muestra la figura 1 mismas que serán aplicadas en la presente investigación.

Figura 2

Fases de la metodología según el manual The Water Footprint Assessment



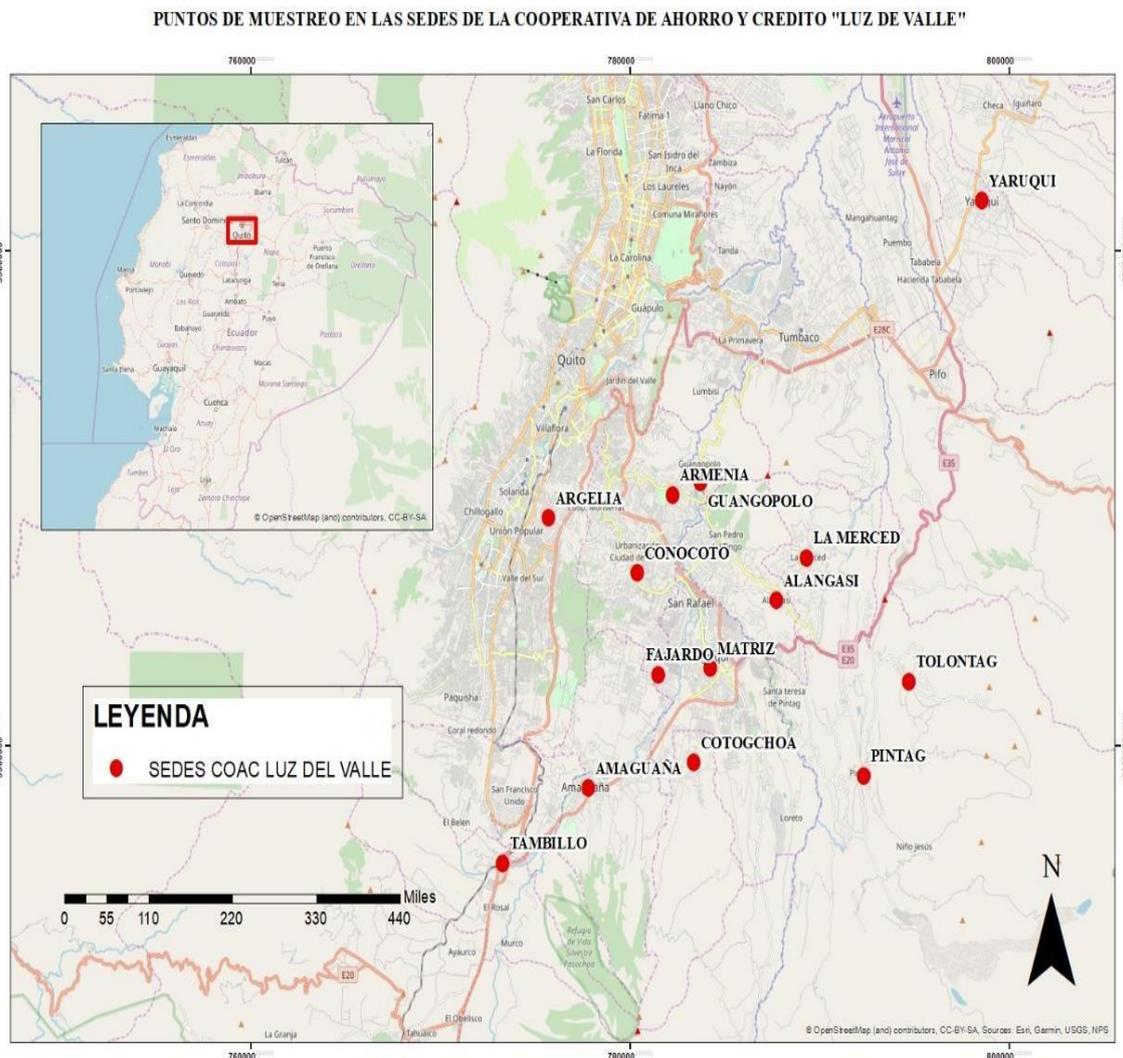
Nota: Fases a seguir para la estimación de la Huella Hídrica. Recuperado de Hoekstra et al., 2011

4.1. Área de Estudio

La Cooperativa de Ahorro y Crédito “Luz del Valle” Ltda. cuenta con un total de 14 agencias (Tambillo, Amaguaña, Cotogchoa, Fajardo, Sangolquí, Alangasí, La Merced, Guangopolo, Armenia, Conocoto, Argelia, Yaruquí, Tolóntag, Píntag) las cuales están ubicadas a lo largo del Valle de los Chillos en la provincia de Pichincha, como se lo muestra la figura 2.

Figura 3

Georreferenciación de las agencias de la Cooperativa de Ahorro y Crédito “Luz del Valle” Ltda. en ArcGIS 10.5



Nota: Mapa elaborado en base a shapes de libre acceso y datos de GPS tomado en campo. Elaborado por: Mancero Erika, 2020

4.2. Objetivos y Alcances

El alcance permitió determinar el área de influencia que son las zonas y límites de estudio y el tiempo que se considera para ser analizado (Bracho et al., 2019), para la presente investigación el área de influencia fue la COAC “Luz del Valle” Ltda. con sus 14 agencias en

un periodo de enero hasta diciembre del año 2019 (tiempo). Además, se estudió el uso de agua directa e indirecta en la COAC para lo que se consideró:

- El análisis del agua verde, azul y gris.
- El análisis de la cadena de suministros, que son utilizados en la COAC por sus colaboradores.
- Análisis de procesos en el interior de la COAC.

4.3. Levantamiento de Información

Para el levantamiento de información en la COAC se identificaron algunas actividades con la finalidad de obtener datos suficientes para el análisis de HH, las actividades que se realizaron fueron:

- Elaboración y aplicación de encuestas a los colaboradores de la institución, para ello se consideró el tamaño de la muestra mediante la ecuación 1 del anexo 1. El formato de encuesta se basó en la recopilación de información del proyecto Huella de Ciudades (2015) que se encuentra en el anexo 2.
- Recolección datos del consumo de agua en m³ (agua potable, agua por botellas y botellones) y energía eléctrica en kWh.
- Entrevista al técnico de contabilidad y coordinador de compras de suministros de cafetería y de oficina respectivamente, además se solicitó información acerca del consumo de productos en la institución por parte de los colaboradores.

4.3.1. Productos de Mayor Impacto

Con la información obtenida en el proceso anterior se procedió a revisar y analizar cada una de las actividades y suministros que causan impacto sobre la COAC, tal como muestra la tabla 2 donde se observa los productos de mayor consumo en la institución, así como la fuente para obtener cada uno de ellos.

Tabla 2*Productos de mayor consumo en la COAC “Luz del Valle” Ltda.*

Tipo de producto	Producto	Fuentes de información
Servicios	Agua Potable	Facturas de los servicios emitidos por las entidades competentes
	Energía Eléctrica	
Suministros de oficina	Resma de papel bond	Registro de compras mensuales de la COAC
	Sobre manila	
	Rollo de papel bond	
	Papeleta	
	Libreta	
	Sobre membretado	
Suministros de cafetería	Hoja de solicitud	Registro de compras mensuales de la COAC
	Café instantáneo	
	Cajas de té	
	Botes de mermelada	
	Mantequilla	
	Azúcar blanca	
	Azúcar morena	
Chocolate en polvo		

Nota: Mediante las primeras visitas a la institución se reconocieron servicios y productos de mayor consumo.

Elaborado por: Mancero Erika, 2020

4.3.1.1. Agua Potable. Para la obtención de los datos de agua potable se utilizaron las facturas de consumo de cada mes de enero a diciembre del 2019, emitidas por la entidad competente en cada distrito. En la tabla 3 se presenta el consumo de agua potable en m³ de cada agencia en la COAC “Luz del Valle” Ltda. según la información aportada por el departamento de responsabilidad social de la institución.

Tabla 3

Consumo de agua potable de la COAC “Luz del Valle” Ltda. en m³

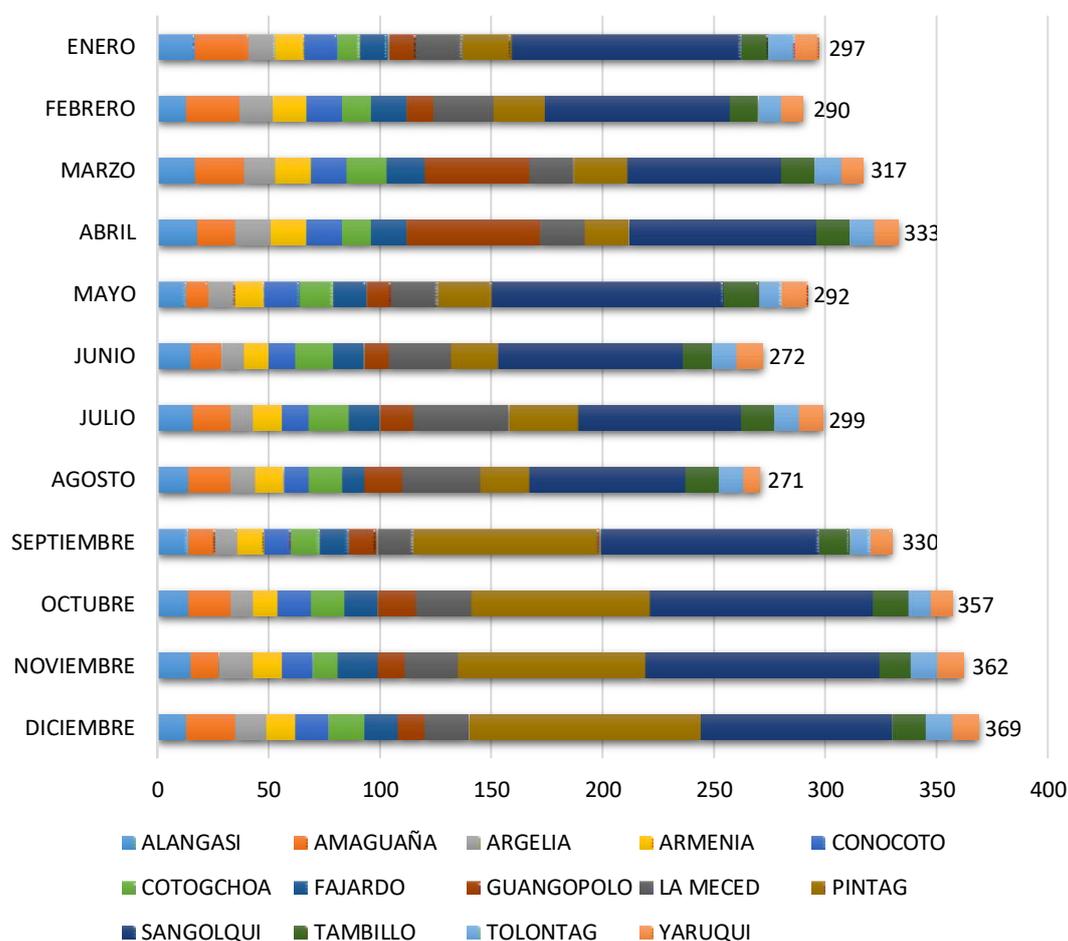
MEDIDOR	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Alangasí	17	13	17	18	13	15	16	14	14	14	15	13
Amaguaña	24	24	22	17	10	14	17	19	12	19	13	22
Argelia	12	15	14	16	12	10	10	11	10	10	15	14
Armenia	13	15	16	16	13	11	13	13	12	11	13	13
Conocoto	15	16	16	16	16	12	12	11	12	15	14	15
Cotogchoa	10	13	18	13	15	17	18	15	13	15	11	16
Fajardo	13	16	17	16	15	14	14	10	13	15	18	15
Guangopolo	3	6	47	60	11	11	2	17	13	17	9	12
La Merced	21	27	20	20	21	28	43	35	16	25	24	20
Píntag	22	23	24	20	24	21	31	22	84	80	84	104
Sangolquí	103	83	69	84	104	83	73	70	98	100	105	86
Tambillo	12	13	15	15	16	13	15	15	14	16	14	15
Tolóntag	12	10	12	11	10	11	11	11	9	10	12	12
Yaruquí	11	10	10	11	12	12	11	8	10	10	12	12
TOTAL	288	284	317	333	292	272	286	271	330	357	359	369

Nota: Consumo de agua potable mes a mes en cada agencia de la COAC datos reportados en m³ por parte de la entidad competente. Elaborado por: Mancero Erika, 2020

La sumatoria del consumo mensual de agua potable dentro de cada agencia de la COAC permite determinar HH azul.

Figura 4

Consumo de agua potable en la COAC en m³



Nota: Elaborado por: Mancero Erika, 2020

En la figura 3 se indica el comportamiento del consumo de agua en la COAC durante el año 2019, donde claramente la agencia Sangolquí utiliza una mayor cantidad de agua en sus actividades, además de que uno de los meses de mayor consumo en la COAC es el mes de diciembre con total de 369 m³.

4.3.1.2. Energía Eléctrica. Para la recabación de los datos de energía eléctrica se utilizó las facturas de consumo de cada mes desde enero a diciembre del 2019, adquiridas por la entidad competente en cada distrito. En la tabla 4 se observa el consumo de energía en kWh de cada agencia en la COAC “Luz del Valle” Ltda. según la información recolectada.

Tabla 4

Consumo de energía eléctrica en la COAC “Luz del Valle” Ltda. en kWh

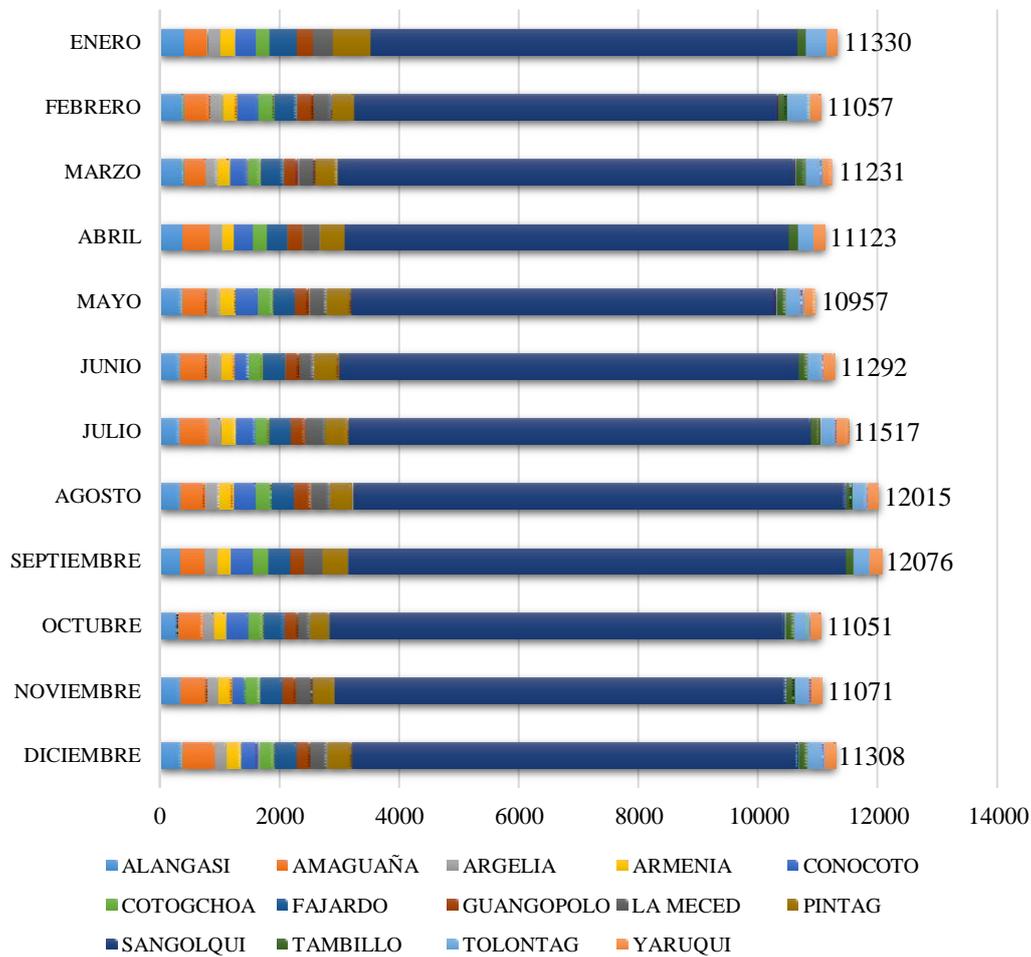
MEDIDOR	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	TOTAL
Alangasí	422	414	417	390	387	347	342	353	352	318	354	387	4483
Amaguaña	402	437	360	453	420	470	485	426	409	420	450	543	5275
Argelia	199	220	202	215	211	222	213	226	219	179	183	200	2489
Armenia	248	230	204	189	260	224	242	243	215	204	231	240	2730
Conocoto	347	356	306	318	378	234	322	366	369	369	230	304	3899
Cotogchoa	225	268	209	234	251	235	234	266	256	255	240	255	2928
Fajardo	455	380	383	342	359	375	359	374	367	350	368	368	4480
Guangopolo	270	281	251	256	249	241	252	290	237	223	233	225	3008
La Merced	333	304	271	292	285	243	316	308	306	210	283	292	3443
Píntag	629	365	375	408	405	414	396	391	422	318	355	404	4882
Sangolquí	7129	7080	7643	7413	7110	7671	7712	8230	8307	7604	7541	7460	90900
Tambillo	140	152	166	158	152	154	164	105	130	151	145	150	1767
Tolóntag	352	377	280	255	300	258	264	255	265	262	267	284	3419
Yaruquí	179	193	164	200	190	204	216	182	222	188	191	196	2325
TOTAL	11330	11057	11231	11123	10957	11292	11517	12015	12076	11051	11071	11308	136028

Nota: Consumo de energía eléctrica mes a mes en cada agencia de la COAC datos reportados en kWh por parte de la entidad competente. Elaborado por: ManceroErika, 2020

La agencia Sangolquí al ser la matriz es el lugar en donde se utiliza la mayor cantidad de energía como se observa en la figura 4, además durante el año 2019 en el mayor registró de consumo de la energía eléctrica (12076 kWh) en la institución se presenta durante el mes de septiembre.

Figura 5

Consumo de energía eléctrica en la COAC en kWh



Nota: Elaborado por: Mancero Erika, 2020

El servicio energético es un sector muy estudiado en la estimación de la HH indirecta debido a la relación que tienen con el agua, para establecer su valor se debe conocer la fuente de producción (hidroeléctrica, solar, eólica, biomasa, entre otros) en el Ecuador la institución encargada es CELEC E.P. Para conocer el valor de la Huella Hídrica de la energía eléctrica se utiliza la ecuación 2 del Hoekstra (2011) en el Manual para la Evaluación de la HH:

$$HH_{electricidad} = \sum_i consumo_{electrico}_i \times CU \times [FCE_i(HH_{azul} + HH_{verde})] \quad (2)$$

Donde:

i = Cada tipo de energía.

CU = Factor de conversión de unidades (0.0036 GJ/kWh).

FCE = Factor de conversión eléctrico.

Jaclin (2017) en su artículo señala que los factores de conversión eléctrico para la HH azul y verde dependen del tipo de energía del cual provienen tal como se observa en la tabla 5.

Tabla 5

Factor de conversión en m³/GJ según el tipo de energía

Tipo de energía generada	Factor azul	Factor verde
Hidráulica	22.30	0.00
Eólica	0.00	0.00
Fotovoltaica	0.26	0.00
Biomasa	26.00	32.00
Biogás	0.11	0.00
Térmica MCI	1.06	0.00
Térmica Turbogás	0.11	0.00
Térmica Turbo-vapor	0.16	0.00

Nota: Factores de conversión azul y verde utilizados en la ecuación 2 para la conversión a unidades de volumen m³. Elaborado por: Mancero Erika, 2020

Fuente: Jaclin, 2017

4.3.1.3. Suministros de Oficina. La COAC “Luz del Valle” Ltda. es una institución financiera por lo que el mayor porcentaje de sus actividades son netamente administrativas en donde se utiliza papel bond A4 de 75 g, rollo de papel blanco de 70mm×71m, sobre manila, papeleta, libreta, sobre y hojas de solicitud membretadas. En la tabla 6 se observan los datos de consumo mensual de cada suministro de oficina adquiridos por el técnico de contabilidad y en la tabla 7 se registran los suministros consumidos de forma anual, además del factor de conversión de los mismos.

Tabla 6

Suministros de oficina adquiridos mensualmente por la COAC “Luz del Valle” Ltda.

Suministro	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Resmas de papel bond	131	127	64	77	121	102	111	116	145	172	57	217
Papeletas	71300	37100	25550	22800	88200	43750	72850	55700	39500	31700	72700	58300
Rollos el papel bond	288	165	156	68	349	163	172	307	196	266	187	380
Libretas	4551	1928	2850	1900	5400	1800	3300	1800	2400	2500	1500	4300
Hoja membretada	2800	1500	900	800	1200	1800	1300	800	950	1350	500	1758
Sobre membretado	2212	680	375	175	337	1400	700	184	800	1530	320	1535
Sobre manila	355	155	232	182	366	282	197	170	91	195	140	580

Nota: Consumo de productos de oficina de forma mensual en la COAC, los datos reportados consideran el valor por unidad. Elaborado por: Mancero Erika, 2020

Tabla 7

Suministros de oficina y su factor de conversión

Suministro	Consumo anual	Coefficiente de conversión	Fuente de información
Resmas de papel bond	1440	5000 L/resma	(Fonseca et al., 2016)
Papeletas	619450	5 L/papeleta	(Cidad, 2015)
Rollos el papel bond	2697	797 L/rollo	(Fonseca et al., 2016)
Libretas	34229	21 L/libreta	(Cidad, 2015)
Hoja membretada	15658	15 L/hoja membretada	(Burley, 2015)
Sobre membretado	10248	15 L/sobre membretado	(Burley, 2015)
Sobre manila	2945	25 L/sobre manila	(Burley, 2015)

Nota: Consumo anual de productos de oficina y su coeficiente de conversión utilizado en la ecuación 3. Elaborado por: Mancero Erika, 2020

Los suministros de oficina están relacionados con la HH indirecta y se los calcula mediante la ecuación 3 (Hoekstra et al., 2011):

$$HH_{\text{suministro de oficina}} = \sum \text{suministro} \times FC_{\text{suministro}} \quad (3)$$

Donde:

$\sum \text{suministro}$ = Sumatoria de suministros de oficina utilizados durante en el año.

$FC_{\text{suministro}}$ = Factor de conversión de cada suministro de oficina.

4.3.1.4. Suministro de Cafetería. Los siguientes suministros de cafetería son normalmente consumidos a diario en la COAC “Luz del Valle” Ltda. dichos datos que fueron entregados por el coordinador de compras, en la tabla 8 se resumen el consumo mensual de los suministros y en la 9 se evidencia el consumo anual y el contenido por producto, además del factor de conversión de cada suministro.

Tabla 8

Suministros de cafetería adquiridos mensualmente por la COAC “Luz del Valle” Ltda.

Suministro	Presentación	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Café instantáneo	Tarro (kg)	13	9	9	10	8	9	10	13	8	11	9	6
Chocolate	Tarro (kg)	3	4	4	2	4	3	3	4	2	3	3	1
Azúcar Morena	Funda (kg)	35	2	29	24	3	12	25	38	14	6	3	3
Té	Caja	57	36	44	43	31	39	38	55	31	42	36	23
Azúcar Blanca	Funda (kg)	2	8	1	2	7	3	1	2	2	5	9	3
Mantequilla	Tarrina (kg)	5	3	5	4	3	3	6	4	3	5	5	3
Mermelada	Tarro (kg)	6	7	5	5	6	5	5	7	4	6	5	3

Nota: La tabla presenta el consumo mensual de productos de cafetería en la institución, los datos reportados consideran unidades de kg a excepción de las cajas de té. Elaborado

por: Mancero Erika, 2020

Tabla 9*Suministros de cafetería y su factor de conversión*

Suministro	Consumo anual	Contenido por producto	Coefficiente de conversión	Fuente de información
Café instantáneo	115 kg	1 kg	18900 L/kg	(Rodríguez y Chaparro, 2018)
Chocolate	36 kg	1 kg	17196 L/kg	(Rodríguez y Chaparro, 2018)
Azúcar Morena	194 kg	2 kg	1570 L/kg	(Restrepo y Bedoya, 2015)
Te	475 cajas	caja (25 sobres)	875 L/caja	(Restrepo y Bedoya, 2015)
Azúcar Blanca	45 kg	5 kg	1780 L/kg	(Restrepo y Bedoya, 2015)
Mantequilla	49 kg	0.5 kg	940 L/kg	(González, 2018)
Mermelada	64 kg	0.6 kg	480 L/kg	(Burley, 2015)

Nota: Consumo anual de productos de cafetería y su coeficiente de conversión utilizado en la ecuación 4. Elaborado por: Mancero Erika, 2020

Los suministros mencionados tienen relación con la HH indirecta de la COAC su valor se calcula con la ecuación 4 (Hoekstra et al., 2011)

$$HH_{\text{suministro de cafetería}} = \sum \text{suministro} \times \text{contenido por envase} \times FC_{\text{suministro}} \quad (4)$$

Donde:

$\sum \text{suministro}$ = Sumatoria de suministros de cafetería consumidos en el año.

$FC_{\text{suministro}}$ = Factor de conversión de cada suministro de cafetería.

Contenido = Cantidad que contiene el envase de cada suministro.

4.4. Muestreo de Agua Residual

En el muestreo se estableció, número de muestras a tomar, el tipo de muestreo, punto de muestreo y la planificación donde se consideró parámetros y materiales necesarios para llevar a cabo el dicho proceso en cada agencia de la COAC “Luz del Valle” Ltda.

4.4.1. Determinación del Número de Muestras de Agua Residual

Para calcular el número de muestras a ser tomadas en las agencias de la Cooperativa de Ahorro y Crédito “Luz del Valle” Ltda. se tomó en consideración la Norma INEN 2226:00 sobre la Calidad del agua, el muestreo y el diseño de los programas de muestreo (*Servicio Ecuatoriano de Normalización, 2013*). A fin de determinar mediante la ecuación 5:

$$L = \frac{2 \times k \times \sigma}{\sqrt{n}} \quad (5)$$

Donde:

L = intervalo de confianza.

k = coeficiente según el nivel de confianza (tabla 10).

σ = desviación estándar de la distribución.

N = número de muestra.

Tabla 10

Valores del coeficiente (K) según el nivel de confianza

Nivel de confianza	99 %	98 %	95%	90 %	80 %	68 %	50 %
K	2.58	2.33	1.96	1.64	1.20	1.00	0.67

Nota: Valor de K para un nivel de confianza del 80%. Recuperado de INEN 2226 (2013)

Para la desviación estándar se consideraron datos de estudios anteriores, donde se analizaron valores de DBO₅ y DQO de instituciones administrativas, de lo cual se obtuvo una desviación estándar de 14.21% (Almeida, 2018). Los grados de libertad utilizados corresponden a lo empleado en la norma INEN (10%) (Servicio Ecuatoriano de Normalización, 2013); y, un nivel de confianza del 80%.

$$n = \left(\frac{2 \times k \times \sigma^2}{L} \right)$$

$$n = \left(\frac{2 \times 1.20 \times 14.21\%^2}{0.10} \right)$$

$$n = 11.29 \text{ muestras} \cong 11 \text{ muestras}$$

Por lo tanto 11 muestras de agua residual por cada agencia de la institución

4.4.2. Tipo de Muestreo

Con la finalidad de establecer un sistema de recolección de muestras representativas se planteó realizar un muestreo compuesto (Servicio Ecuatoriano de Normalización, 2013). El punto para la toma de muestras fue el último punto de cada agencia de la COAC “Luz del Valle” Ltda., para lo cual se utilizaron los siguientes materiales como muestra la tabla 11.

Tabla 11

Materiales utilizados para el muestreo

MATERIALES	EQUIPOS	SUMINISTROS
Recipientes de plástico para la recolección de muestras	Termómetro GPS	Etiquetas para las muestras (anexo 4)
Sustituto del hielo Hielera	pH-metro Oxímetro-metro Turbidímetro	Hoja de cadena de custodia (anexo 3) Croquis de la zona

Nota: Materiales, equipos y suministros utilizados en el muestreo. Elaborado por: Mancero Erika, 2020

4.4.3. Programa de Muestreo

Para obtener muestras compuestas se determinó un programa de muestreo en el que se estableció que se recolectaran cuatro muestras de un litro cada una, tal como se expone en la tabla 12.

Tabla 12*Horarios de recolección de las muestras de agua residual*

	AGENCIAS	HORARIO MUESTRA COMPUESTA			
		1 ^{ra} muestra	2 ^{da} muestra	3 ^{ra} muestra	4 ^{ta} muestra
GRUPO 1	Tambillo	8:00	10:00	12:00	14:00
	Amaguaña	8:20	10:20	12:20	14:20
	Cotogchoa	8:25	10:25	12:25	14:25
	Sangolquí	8:50	10:50	12:50	14:50
	Fajardo	9:10	10:10	12:10	14:10
GRUPO 2	Merced	8:00	11:00	14:00	17:00
	Alangasí	9:00	11:00	14:00	17:00
	Píntag	9:30	11:30	14:30	17:30
	Tolóntag	10:00	11:00	14:00	17:00
	Yaruquí	10:20	11:20	14:20	17:20
GRUPO 3	Argelia	8:00	10:00	12:00	14:00
	Conocoto	8:25	10:25	12:25	14:25
	Armenia	8:50	10:50	12:50	14:50
	Guangopolo	9:25	10:25	12:25	14:25

Nota: Cronograma planifica para la toma de muestras. Elaborado por: Mancero Erika, 2020

4.5. Análisis de parámetros

4.5.1. Parámetros In Situ

4.5.1.1. pH. La prueba debe realizarse en el punto de muestreo o tan pronto como sea posible siempre y cuando presente dificultades de acceso ya que pueden existir alteraciones de los equilibrios iónicos por la permanencia prolongada en los frascos. Se utilizó una jarra o vaso de precipitación, pH-metro marca HANNA y agua destilada, se enjuagó el electrodo del pH-metro con agua destilada para evitar errores de lectura, en el recipiente se añadió aproximadamente 50 mL de agua residual y se introdujo el electrodo para su medición automática (American Public Health Association, 2012).

4.5.1.2. Temperatura. También esta medida es in situ. Para medir se requirió una jarra o vaso de precipitación y un termómetro. Se llenó el recipiente con dos tercios de agua a fin de tener una muestra representativa y evitar posibles errores de transferencia de calor, se ingresó el termómetro en el recipiente con agua residual y se mantuvo una agitación con movimientos constantes finalmente se dió la lectura de temperatura en °C (American Public Health Association, 2012). En algunos casos el mismo pH-metro tiene la opción para medir temperatura.

4.5.1.3. Oxígeno Disuelto. El oxígeno disuelto es una prueba que se lleva a cabo en el lugar en donde se tomó la muestra. En donde se usó una jarra o vaso de precipitación, agua destilada y oxímetro portátil marca HORIBA OM-71, se procedió a lavar del electrodo con agua destilada y se ingresó en el recipiente de agua residual mediante una agitación constantemente con movimientos circulares hasta obtener su lectura en mg/L (American Public Health Association, 2012).

4.5.1.4. Turbidez. Es una prueba que se realiza en campo y determina la cantidad de material suspendido (arena, compuestos orgánicos solubles coloreados, otros). Para lo que se utilizó una jarra o vaso de precipitación, turbidímetro y agua destilada, previo a su medición se enjuagó la celda con agua destilada, se llenó la celda con agua residual y se ingresó para su lectura en unidades de turbiedad nefelometrías (American Public Health Association, 2012).

4.5.1.5. Conductividad. Para la prueba de conductividad no se utilizó la misma agua que en la lectura del pH, debido a que los electrodos del pH-metro difunden cloruro de potasio lo cual altera el medio, la medición debe ser tomada en el lugar de muestreo; se utilizó una jarra o vaso de precipitación, conductímetro y agua destilada, se enjuagó el electrodo con agua destilada para reducir posibles errores, en el recipiente se añadió 25 mL de agua residual y se introdujo el electrodo para su medición automática en uS/cm (American Public Health Association, 2012).

4.5.2. Análisis en Laboratorio

Para lo análisis en los laboratorios de la carrera de Ingeniería Ambiental de la UPS se transportaron las muestras de acuerdo a lo establecido por el INEN, en donde se utilizó una hielera y sustituto de hielo, para mantener la temperatura de 4°C como señala la norma y así evitar alteraciones químicas o biológicas de la muestra, además de botellas estériles de 1 litro de capacidad (Servicio Ecuatoriano de Normalización, 2013). Posteriormente se llevó acabo el análisis de demanda bioquímica de oxígeno a los cinco días (DBO₅, demanda química de oxígeno (DQO) del agua residual de las 14 agencias. Los materiales, reactivos y equipos utilizados se listan en la tabla 13.

Tabla 13

Materiales utilizados en el laboratorio de agua residuales

MATERIALES	REACTIVOS	EQUIPOS
Vaso de precipitación 100 mL	Viales DQO	Espectrofotómetro
Agua destilada	HI-93754B-0	HANNA HI-83208
Pipetas de 10 mL	COD MR	Oxímetro-metro
Probeta 100 mL		Digestor
Frascos Winkler 300 mL		Estufa

Nota: Materiales, reactivos y equipos utilizados para la determinación de la QBO₅ y DQO en los laboratorios.

Elaborado por: Mancero Erika, 2020

4.5.2.1. Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅). Se analizaron 2 muestras por cada agencia en total 28 muestras. El análisis se basó en la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1202 (2013), para lo cual se preparó el agua de dilución de la siguiente manera: se agregó 1 mL de solución regulador de fosfatos pH 7.2, 1 mL de sulfato de magnesio (MgSO₄), 1 mL de

cloruro de calcio (CaCl_2), 1 mL de cloruro férrico (FeCl_3) y se aforó a 1 L con agua destilada y se aplicó oxígeno mediante el burbujeo de un sistema de bombeo por $\frac{1}{2}$ hora. Para la dilución se añadieron las proporciones con una pipeta volumétrica de acuerdo con la DBO_5 esperada como lo indica la norma, se llenaron los frascos winkler con el agua dilución hasta la mitad, se midió el oxígeno disuelto, se completó el frasco con agua de dilución; se preparó un frasco con agua de dilución para llevar el control (blanco). Los frascos se envolvieron con papel aluminio y se llevaron a incubación por 5 días a $20^\circ\text{C} \pm 1^\circ\text{C}$. Debido a que el agua de dilución no se inoculó, para la DBO_5 se empleó la ecuación 6:

$$\text{DBO} \left(\frac{\text{mg}}{\text{L}} \right) = \frac{D_1 - D_2}{P} \quad (6)$$

Donde:

D_1 = Oxígeno disuelto de la muestra diluida después de su preparación, mg/L.

D_2 = Oxígeno disuelto de la muestra diluida después de 5 días de incubación a 20°C , mg/L.

P = Fracción volumétrica decimal de la muestra utilizada.

4.5.2.2. Demanda Química de Oxígeno (DQO). Se analizaron 11 muestras diarias para cada agencia en total 154 muestras. Para su medición se adquirió viales con reactivo para DQO de rango medio (HI-93754B-0), se midió 2 mL de muestra de agua residual y se añadió al vial de DQO, se agitó el vial suavemente y se colocó en el digestor a 150°C por 2 horas. Pasadas las 2 horas se apagó el equipo y se dejó enfriar las muestras, y luego para su lectura se utilizó el espectrofotómetro marca HANNA Instruments HI-83208.

Una segunda etapa fue llevar 1 muestra de 4 litros al laboratorio de Química de la Universidad Central del Ecuador (cuenta con laboratorio certificado) para análisis de DQO y DBO_5 .

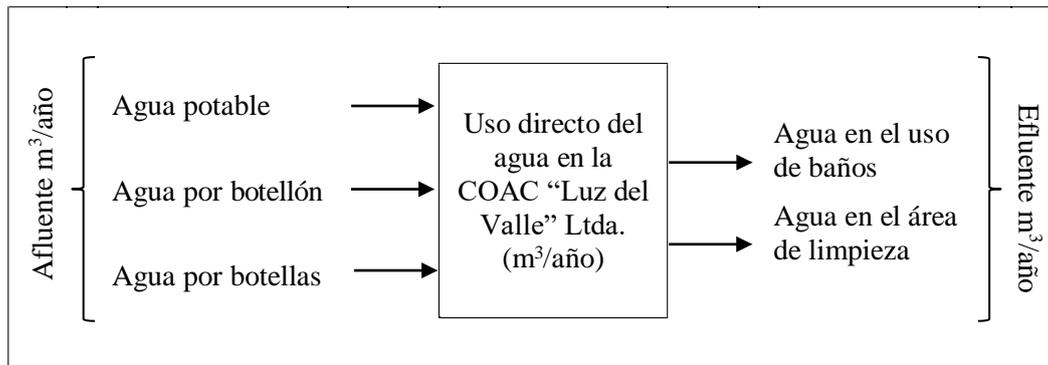
4.6. Estimación de Huella Hídrica

4.6.1. Huella Hídrica Azul

Para la HH azul se estableció un balance hídrico de la COAC “Luz del Valle” Ltda., como lo indica la figura 5, a partir de este se aplicó la ecuación 7 de HH en base al manual de WFP (Hoekstra et al., 2011).

Figura 6

Balance hídrico de la COAC “Luz del Valle” Ltda.



Nota: Ingreso y salida de agua de la COAC según el levantamiento de información previo. Elaborado por: Mancero Erika, 2020

$$HH\ azul = Afluente - Efluente \quad (7)$$

Donde:

Afluente = Ingreso de agua que ha sido utilizado por la institución

Efluente = Salida de agua que ha sido utilizada por la institución.

4.6.2. Huella Hídrica Gris

Para la estimación de la huella gris según la metodología propuesta (Hoekstra et al., 2011), se empleó la ecuación 8:

$$HH\ Gris = \left(\frac{V_{efluente} \times C_{efluente} - (V_{afluente} \times C_{afluente})}{C_{m\acute{a}x} - C_{nat}} \right) \quad (8)$$

Donde:

$V_{efluente}$ = Volumen de agua en el efluente

- C_{efluente} = Concentración del parámetro en el efluente
- V_{afluente} = Volumen de agua en el afluente
- C_{afluente} = Concentración del parámetro en el afluente
- $C_{\text{máx.}}$ = Concentración máxima del parámetro según la legislación ambiental vigente.
- C_{nat} = Concentración natural del cuerpo de agua receptor sin la presencia de disturbios antropogénicos (En el estudio se considerarán las concentraciones del Río Pita)

4.6.3. Huella Hídrica Verde

Para estimar la HH verde, se estableció la ecuación 9 dada por Hoekstra et al., (2011) en su manual de evaluación.

$$HH_{\text{Verde}} = HH_{\text{verde evaporada}} + HH_{\text{verde incorporada}} \quad (9)$$

Donde:

HH verde evaporada = Volumen de agua evaporada

HH verde incorporada = Volumen de agua incorporada a cultivos

4.6.4. Huella Hídrica Total

Para la determinación de la HH total se consideró HH directa e indirecta, misma que se calculó mediante la ecuación 10 propuesta por Hoekstra et al., (2011):

$$HH_{\text{TOTAL}} = \sum HH_{\text{Directa}} + \sum HH_{\text{Indirecta}} \quad (10)$$

4.7. Sensibilización del Uso del Agua

Para la sensibilización del uso del recurso hídrico en la COAC “Luz del Valle” Ltda., se propondrán algunas medidas para reducir el consumo de agua por parte de los colaboradores,

a través de boletines informativos que incentiven a la disminución del uso de servicios y suministros en la institución.

4.8. Soluciones Para la Reducción de Huella Hídrica

La disminución de la Huella Hídrica es un compromiso para la Cooperativa de Ahorro y Crédito “Luz del Valle” Ltda., que tiene un enfoque sobre la importancia y valoración del líquido vital mediante la fomentación de la reducción y uso sostenible de este recurso.

4.8.1. Sanitarias

Simpson (2016) menciona que “Hoy en día las instituciones han empezado a concientizar la mala gestión del agua que existe por lo que se podría llegar a dañar su marca, costes y operaciones”. Debido al alto consumo de agua que se da en diferentes etapas de la institución, entre ellas: las descargas en los sanitarios que utilizan aproximadamente 25 litros, según un estudio realizado por la Fundación Aquae (2019) menciona que una persona acude al sanitario 7 veces al día en promedio, para el caso los colaboradores de la cooperativa consumen un promedio de 4 descargas al día; y, en el uso de lavamanos se consume 1 litro por cada minuto que el grifo permanezca abierto.

Desarrollar un Check list con respecto a los sanitarios y lavabos, para ejecutar un programa de mantenimiento que permita la detección y corrección de anomalías (exceso de consumo, fugas, entre otros) en tiempos cortos.

4.8.2. Administrativas

En la reducción de la HH, su objetivo principal es la disminución de papel y energía eléctrica debido a que son los dos factores de mayor importancia en la operación de la institución, debido a que la mayoría de actividades son netamente administrativas y requieren un alto consumo de estos. Para la reducción de papel en la COAC se prevé la optimización de

este mediante el reusó, rechazó (fomentar la lectura electrónica, para evitar impresiones innecesarias), reciclaje (las hojas que han terminado su vida útil en la institución disponerlas a un gestor o reciclador). A continuación, se evidencia el ahorro por la implementación de dichas soluciones en la tabla 14 en base a estudios realizados por (Zarta, 2018).

Tabla 14

Ahorro por tonelada de hojas

Medida para tomar	Cantidad de Hojas (ton)	Cantidad en resmas	Ahorro de agua (L)
Reciclaje	1	26.67	50000
Reusó	1	26.67	67000
Rechazo	1	26.67	133333

Nota: Ahorro de agua mediante la implementación de medidas como: reciclaje, reusó y rechazo. Elaborado por: Mancero Erika, 2020; en base a Vázquez, 2017

Al salir en horas de almuerzo o culminación de jornadas de trabajo se deberá apagar y desconectar todos los dispositivos que consuman energía eléctrica, con esta acción se podrá disminuir la HH de la energía eléctrica.

4.9. Evaluación de la Sostenibilidad

Según Zarta (2018), la sostenibilidad para la Organización de las Naciones Unidas es la capacidad de satisfacer las necesidades actuales sin llegar a perjudicar la capacidad de las generaciones venideras, a fin de satisfacer sus propias necesidades; por otra parte, para Hoekstra y Ercin, (2014) la sostenibilidad es la comparación de la HH personal y la HH de la tierra en relación a su capacidad, para lo cual se ha establecido cuatro pasos:

1. Identificación de criterios de sostenibilidad de la HH en la microcuenca.

- Identificación de hotspots en la microcuenca (periodos del año donde la HH es insostenible), calculados mediante la ecuación 11:

$$\text{Sostenibilidad HH} = \frac{HH_{(mensual)}}{\text{Disponibilidad real}} \quad (11)$$

Donde:

HH _{mensual} = Huella Hídrica azul o gris mensual.

Disponibilidad real = Volumen de agua natural en la microcuenca de forma mensual.

El valor obtenido de la sostenibilidad de la HH es el índice de escasez que se lo categoriza mediante la tabla 15.

Tabla 15

Índice de escasez de la sostenibilidad

ÍNDICE DE ESCASEZ	COLOR	TIPO DE ESCASEZ
Mayor a 4		Elevada
Mayor a 2		Alta
Mayor a 1.5		Media
Mayor a 1		Baja

Nota: Determinación del índice de escasez y color respectivo. Recuperado de Hoekstra et al., 2011

- Identificación y cuantificación de impactos primarios en los hotspots.
- Identificación y cuantificación de impactos secundarios en los hotspots.

La evaluación para la HH azul y HH gris se realiza en base al estudio de la microcuenca, para la evaluación de HH azul se compara la HH azul mensual con el escurrimiento natural mensual de la microcuenca que suministra el recurso hídrico a la institución a partir de datos proporcionados por la entidad competente (Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología,

2020). Para la evaluación de HH gris se requiere los datos de escurrimiento natural calculados a partir del caudal de la microcuenca a la cual llega el agua residual de la institución y la estimación HH gris mensual.

4.10. Microcuenca del Río Pita

El río Pita es una microcuenca que pertenece a la cuenca del Río Guayllabamba donde sus principales afluentes de aportación son río El Salto, Quebrada de la Merced, Quebrada Mudadero y Quebrada Cariacu; este río se encuentra a lo largo de la provincia de Pichincha en el Valle de Los Chillos, entre los cantones Rumiñahui, Quito y Mejía (Quiñónez, 2015).

El sistema de captación de agua potable Puengasí está conformado por la parte más alta del río Pita a donde llega el agua para ser tratada y distribuida a la población. La microcuenca es de vital importancia para el Cantón Rumiñahui ya que dota del líquido vital a una gran parte de la población que habita en la zona, además de dotar al 40% de la población del cantón Quito y Machachi (Lala, 2017).

Durante el año en la microcuenca el periodo seco está comprendido entre los meses de mayo a septiembre, mientras que el periodo lluvioso es desde octubre hasta abril, el río Pita presenta temperaturas entre 4 y 15 °C de acuerdo con el periodo en el que se encuentre.

5. RESULTADOS Y DISCUSIONES

En esta sección se presentan los valores obtenidos una vez aplicada la metodología de la sección anterior, además se discutirán los valores presentados en este estudio relacionándolos con otras investigaciones previas.

5.1. Cuantificación de la Huella Hídrica Directa

5.1.1. Huella Hídrica Azul

Para la estimación de la HH azul se consideró el agua que proviene del efluente hacia la COAC y el agua que va hacia el efluente desde la institución.

5.1.1.1. Ingreso de Agua del Afluente. La estimación del ingreso de agua se muestra en la tabla 16 en donde se consideraron los valores del afluente a la COAC a través de sus medidores en m³ (14 planillas de agua potable de la COAC), además del consumo por botellones de 20 litros cada uno y el ingreso de agua por parte de los colaboradores a la institución cuyos datos fueron obtenidos a través de encuestas previamente realizadas.

Tabla 16

Volumen de agua al año en el afluente en m³

AGENCIA	Agua potable	Agua por botellones	Agua por botellas	V _{TOTAL}
Alangasí	179	0.48	0.0035	179.48
Amaguaña	213	0.48	0.0010	213.48
Argelia	149	0.48	0.0000	149.48
Armenia	159	0.48	0.0045	159.48
Conocoto	170	0.48	0.0005	170.48
Cotogchoa	174	0.48	0.0005	174.48
Fajardo	176	0.48	0.0010	176.48
Guangopolo	239	0.48	0.0000	239.48
La Merced	300	0.48	0.0040	300.48
Píntag	539	0.48	0.0000	539.48
Sangolquí	1058	5.28	0.0150	1063.30
Tambillo	173	0.48	0.0005	173.48
Tolóntag	122	0.48	0.0000	122.48
Yaruquí	122	0.48	0.0010	122.48

Nota: Ingreso anual de agua en las distintas actividades. Elaborado por: Mancero Erika, 2020

En ingreso total de agua a través del afluente se indica en la tabla 17

Tabla 17*Ingreso anual de agua del afluente*

Ingresos del afluente	Volumen anual (m³)
Agua potable	3773.00
Agua por botellones	11.52
Agua por botellas	0.03
Total	3784.55

Nota: Elaborado por: Mancero Erika, 2020

5.1.1.2. Salida de Agua al Efluente. Para la estimación de la salida del agua al efluente (descargas de agua residual) se consideró el agua utilizada por parte de los colaboradores, para lo que se realizaron encuestas de forma presencial a los colaboradores de la COAC Luz del Valle, los resultados se tabularon en la tabla 18.

Tabla 18*Total de personas encuestadas*

Área	Total
Área de Gerencia	4
Área de Control	5
Área administrativa	22
Área de negocios	50
Área de seguridad	13
Área de limpieza	7
Total	101

Nota: Elaborado por: Mancero Erika, 2020

En la tabla anterior se muestran seis áreas de la COAC “Luz del Valle” Ltda., con un total de 101 personas que contestaron a la encuesta, el área con una mayor cantidad de personal es la de negocios debido a que es una institución financiera. La estimación del uso del agua por parte de los colaboradores se realizó mediante una tabla de cálculo que se encuentra en el anexo 6; a continuación, se resume en la tabla 19 las actividades con su respectivo consumo de agua. En la figura 6 se observa gráficamente cual es la actividad en la que más se utiliza.

Tabla 19

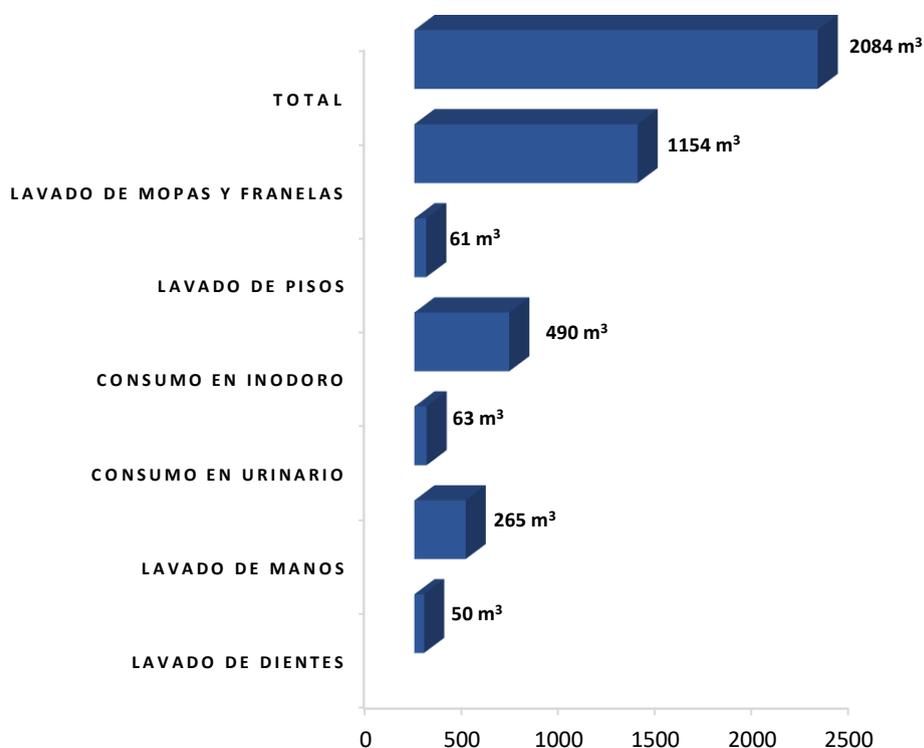
Salida anual de agua al efluente

Actividad	Consumo de agua (m³/año)
Lavado de dientes	50.01
Lavado de manos	264.99
Consumo en urinario	63.32
Consumo en inodoro	490.39
Lavado de pisos	60.96
Lavado de mopas y franelas	1153.95
Total	2083.61

Nota: Consumo anual de agua en las diversas actividades. Elaborado por: Mancero Erika, 2020

Figura 7

Consumo de agua en m³/año de acuerdo a la actividad realizada



Nota: Elaborado por: Mancero Erika, 2020

La estimación de la salida de agua al efluente se detalla en la tabla 20 en la que se registran los valores de acuerdo a cada agencia.

Tabla 20

Volumen de agua al año en el efluente

AGENCIA	V_{TOTAL EN EL EFLUENTE} (m³)
Alangasí	99.62
Amaguaña	134.33
Argelia	85.14
Armenia	114.32
Conocoto	114.90
Cotogchoa	103.50
Fajardo	116.57
Guangopolo	115.59
La Merced	90.99
Píntag	121.93
Sangolquí	695.34
Tambillo	100.83
Tolóntag	96.35
Yaruquí	94.20
TOTAL	2083.61

Nota: Elaborado por: Mancero Erika, 2020

La estimación de la HH azul en la COAC se determina al aplicar la ecuación 7 de la sección anterior, obteniéndose así los datos de Huella Hídrica para cada agencia como se observa en la tabla 21.

Tabla 21*Huella Hídrica azul por agencia en m³*

AGENCIA	V_{TOTAL AFLUENTE}	V_{TOTAL EFLUENTE}	HH azul
Alangasí	179.48	99.62	79.87
Amaguaña	213.48	134.33	79.15
Argelia	149.48	85.14	64.34
Armenia	159.48	114.32	45.17
Conocoto	170.48	114.90	55.58
Cotogchoa	174.48	103.50	70.98
Fajardo	176.48	116.57	59.91
Guangopolo	239.48	115.59	123.89
La Merced	300.48	90.99	209.49
Píntag	539.48	121.93	417.55
Sangolquí	1063.30	695.34	367.95
Tambillo	173.48	100.83	72.65
Tolóntag	122.48	96.35	26.13
Yaruquí	122.48	94.20	28.28
TOTAL	3784.55	2083.61	1700.94

Nota: Elaborado por: Mancero Erika, 2020

$$HH_{Azul} = 3784.55 \frac{m^3}{año} - 2083.61 \frac{m^3}{año}$$

$$HH_{Azul} = 1700.94 \frac{m^3}{año}$$

5.1.2. Huella Hídrica Gris

Para la determinación de la HH gris se analizaron los parámetros de demanda bioquímica de oxígeno a los cinco días (DBO₅) y demanda química de oxígeno (DQO) calculada mediante la ecuación 6 de la sección anterior, para lo que se realizaron 11 muestreos

en las 14 agencias de la COAC (anexo 9). En donde se consideraron los promedios de los resultados que se representan en la tabla 22.

Tabla 22

Promedios de contaminantes del agua en las agencias de la COAC

AGENCIA	CONCENTRACIÓN PROMEDIO DBO ₅ (mg/L)	CONCENTRACIÓN PROMEDIO DQO (mg/L)
Alangasí	219.02	553
Amaguaña	362.46	526
Argelia	246.69	517
Armenia	288.69	417
Conocoto	202.76	226
Cotogchoa	389.12	531
Fajardo	228.15	516
Guangopolo	359.55	1015
La Merced	422.21	700
Píntag	300.99	991
Sangolquí	286.48	319
Tambillo	147.48	268
Tolóntag	662.75	896
Yaruquí	530.96	833
PROMEDIO GENERAL	331.95	593

Nota: Elaborado por: Mancero Erika, 2020

Para la estimación de la HH gris se consideró la ecuación 8 antes expuesta, donde el valor de concentración máxima de la DBO₅ y DQO para las descargas al alcantarillado es 250 mg/L y 500 mg/L respectivamente (Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio

del Ambiente, 2018). Mientras que la concentración natural de la microcuenca reportada en el estudio realizado por Torres (2015) señala que la DBO₅ (8.30 mg/L) y DQO (13.29 mg/L) corresponden a las muestras tomadas en la parte más alta de la microcuenca, (ejemplo de cálculo en el anexo 10), en la tabla 23 se muestra la Huella Hídrica gris con respecto a la DBO₅ y DQO.

Tabla 23

Huella Hídrica gris en las agencias de la COAC (m³)

AGENCIA	HH gris DBO ₅	HH gris DQO
Alangasí	88.78	113.09
Amaguaña	199.67	145.20
Argelia	85.66	90.39
Armenia	135.22	97.84
Conocoto	94.98	53.27
Cotogchoa	165.19	112.92
Fajardo	108.57	123.65
Guangopolo	169.97	241.09
La Merced	156.46	130.90
Píntag	147.38	248.27
Sangolquí	815.36	456.00
Tambillo	60.09	55.50
Tolóntag	263.19	177.47
Yaruquí	205.92	161.28

Nota: Elaborado por: Mancero Erika, 2020

Para el caso de estudio se consideraron dos parámetros de calidad del agua (DBO₅ y DQO), en donde la HH utilizada será la máxima entre las huellas analizadas, es decir, la HH gris para las agencias Amaguaña, Armenia, Conocoto, Cotogchoa, La Merced, Sangolquí,

Tambillo, Tolóntag, Yaruquí está representada por la demanda bioquímica de oxígeno a los cinco días (DBO₅), mientras que las demás agencias están representadas por la DQO considerándose como el contaminante más representativo; obteniéndose una HH gris de la COAC de 2912.58 m³.

5.1.3. Huella Hídrica Verde

La HH verde al estar relacionada a los cultivos no es aplicable para el caso en estudio como se mencionó en secciones anteriores, por lo que la HH en COAC solo consideró su estimación para la HH azul y HH gris.

5.2. Cuantificación de la Huella Hídrica Indirecta

Para la estimación de la HH indirecta en la institución se consideró el servicio de energía eléctrica debido a que tiene relación con el recurso hídrico, además de los suministros de mayor consumo dentro de la COAC de acuerdo con la información recolectada.

5.2.1. Huella Hídrica de la Energía eléctrica

Uno de los servicios más utilizados en la COAC “Luz del Valle” Ltda. es la energía eléctrica la cual proviene de fuentes hídricas (hidroeléctricas). En el Ecuador el consumo de energía eléctrica proviene de distintas fuentes mismas que se encuentran articuladas al Sistema Nacional Interconectado (SNI) de energía eléctrica, mismo que está relacionado con el balance energético y clasifica las distintas fuentes de obtención de energía a nivel nacional, como lo indica la tabla 24 además de la distribución energética en la institución (porcentaje de energía entregada según el tipo de energía generada) y la HH de la electricidad calculada mediante la ecuación 2.

Tabla 24*Huella Hídrica de la energía eléctrica en la COAC “Luz del Valle” Ltda.*

Tipo de energía generada	% electricidad entregada	Consumo de energía (kWh)	Factor azul (m³/GJ)	Factor verde (m³/GJ)	∑ factores (m³/GJ)	HH total m³
Hidráulica	85.12%	115787.03	22.30	0.00	22.30	9295.38
Eólica	0.32%	435.29	0.00	0.00	0.00	0.00
Fotovoltaica	0.14%	190.44	0.26	0.00	0.26	0.18
Biomasa	0.72%	979.40	26.00	32.00	58.00	204.50
Biogás	0.16%	217.64	0.11	0.00	0.11	0.09
Térmica MCI	4.72%	6420.52	1.06	0.00	1.06	24.50
Térmica Turbo-gas	3.63%	4937.82	0.11	0.00	0.11	1.96
Térmica Turbo-vapor	5.19%	7059.85	0.16	0.00	0.16	4.07
TOTAL	100.00%	136028.00				9530.67

Nota: Elaborado por: Mancero Erika, 2020; en base a SIN 2019

5.2.2. Huella Hídrica de los Suministros de Oficina

La Huella Hídrica de los suministros de oficina se calcula mediante la ecuación 3 antes mencionada y los datos de las tablas 6 y 7, como resultado se obtuvo los valores de la tabla 25 donde se observa la HH mensual de cada uno de los suministros utilizados y la 26 que indica el valor de HH de todos los suministros de oficina.

Tabla 25

Huella Hídrica mensual de los suministros de oficina en la COAC “Luz del Valle” Ltda., en m³

Suministro	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Resmas de papel bond	655	635	320	385	605	510	555	580	725	860	285	1085
Papeletas	357	186	128	114	441	219	364	279	198	159	364	292
Rollos el papel bond	230	132	124	54	278	130	137	245	156	212	149	303
Libretas	96	40	60	40	113	38	69	38	50	53	32	90
Hoja membretada	42	23	14	12	18	27	20	12	14	20	8	26
Sobre membretado	33	10	6	3	5	21	11	3	12	23	5	23
Sobre manila	9	4	6	5	9	7	5	4	2	5	4	15

Nota: Elaborado por: Mancero Erika, 2020

Tabla 26

Huella Hídrica de suministros de oficina en la COAC “Luz del Valle” Ltda., en m³

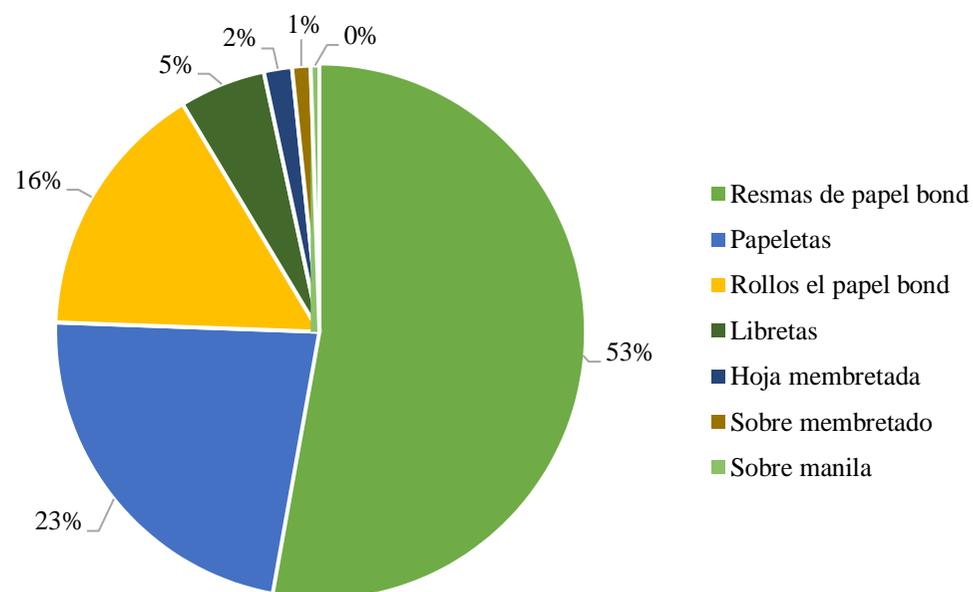
Suministro	Total suministro	HH del suministro
Resmas de papel bond	1440	7200
Papeletas	619450	3097
Rollos el papel bond	2697	2150
Libretas	34229	719
Hoja membretada	15658	235
Sobre membretado	10248	154
Sobre manila	2945	74
TOTAL		13628

Nota: Huella Hídrica de cada producto de oficina. Elaborado por: Mancero Erika, 2020

La figura 7 presenta la distribución de los suministros de oficina, donde se observa que la mayor demanda de consumo se da en el papel bond que ocupa más de 50% de la HH, lo que genera que la HH de la COAC se eleve notablemente. Por otra parte, los sobres manila utilizados para realizar envío entre las agencias muestran que su HH no están representativa en la COAC pues representa cerca del 1% en relación a los suministros de oficina

Figura 8

Huella Hídrica de los suministros de oficina en la COAC “Luz del Valle” Ltda.



Nota: Porcentajes de Huella Hídrica de cada producto de oficina. Elaborado por: Mancero Erika, 2020

5.2.3. Huella Hídrica de los Suministros de Cafetería

Para determinar la HH en el consumo de cafetería de la institución se consideraron los suministros mencionados en las tablas 8 y 9 del capítulo anterior, mediante la aplicación de la ecuación 4 se obtuvieron los valores de HH mensual reportados en la tabla 27. Además de la HH en la cafetería de la COAC de manera anual como indica la tabla 28.

Tabla 27

Huella Hídrica mensual de los suministros de cafetería en la COAC “Luz del Valle” Ltda., en m³

Suministro	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Café instantáneo	246	170	170	189	151	170	189	246	151	208	170	113
Chocolate	52	69	69	34	69	52	52	69	34	52	52	17
Azúcar Morena	110	6	91	75	9	38	79	119	44	19	9	9
Té	50	32	39	38	27	34	33	48	27	37	32	20
Azúcar Blanca	18	71	9	18	62	27	9	18	18	45	80	27
Mantequilla	2	1	2	2	1	1	3	2	1	2	2	1
Mermelada	2	2	1	1	2	1	1	2	1	2	1	1

Nota: Elaborado por: Mancero Erika, 2020

Tabla 28

Huella Hídrica de suministros de cafetería en la COAC “Luz del Valle” Ltda.

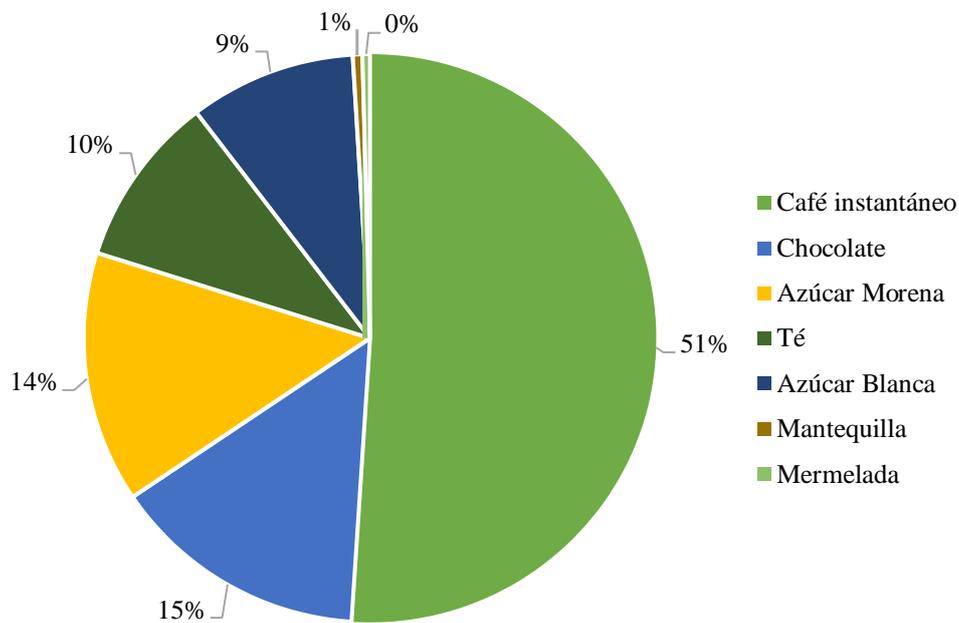
Suministro	Total suministro	HH del suministro (m³)
Café instantáneo	115 kg	2174
Chocolate	36 kg	619
Azúcar Morena	194 kg	609
Té	475 cajas	416
Azúcar Blanca	45 kg	401
Mantequilla	49 kg	23
Mermelada	64 kg	18
TOTAL		4259

Nota: Huella Hídrica de cada producto de cafetería. Elaborado por: Mancero Erika, 2020

Uno de los productos de mayor consumo según las encuestas realizadas y los datos obtenidos por el departamento de compras fue el café instantáneo, este representa alrededor del 50% de la HH de cafetería, mientras que la mermelada que es un producto normalmente utilizado a diario en la COAC fue menos del 1%, como se muestra en la figura 8.

Figura 9

Huella hídrica de los suministros de cafetería en la COAC “Luz del Valle” Ltda.



Nota: Porcentajes de Huella Hídrica de los productos de Cafetería. Elaborado por: Mancero Erika, 2020

5.3. Cuantificación de la Huella Hídrica Total

La Huella Hídrica total se calcula al aplicar la ecuación 10 de la sección anterior mediante la sumatorias de la HH directa (HH azul y HH gris) e indirecta (HH de la energía eléctrica, HH de los suministros de oficina y HH de los suministros de cafetería).

$$HH_{total} = (HH_{azul} + HH_{gris}) + (HH_{e. eléctrica} + HH_{s. oficina} + HH_{s. cafetería})$$

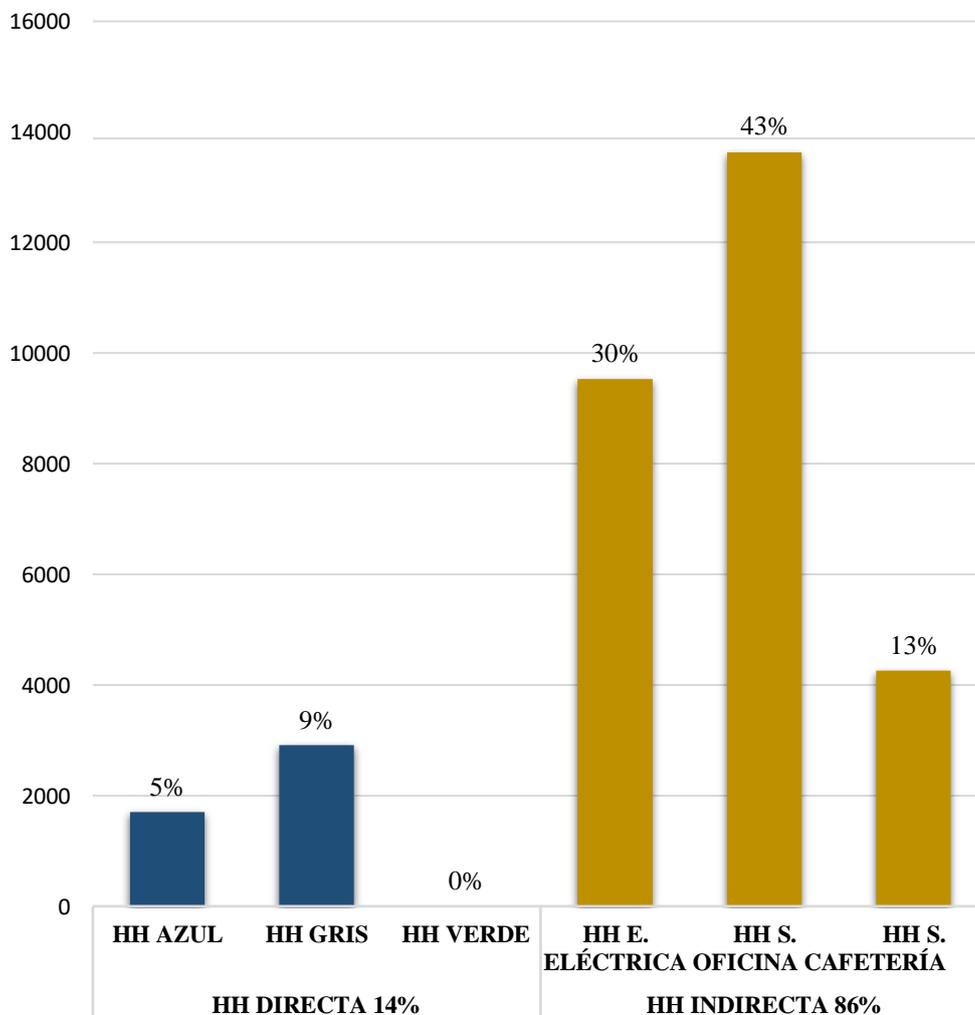
$$HH_{total} = \left(1\,701 \frac{m^3}{año} + 2\,912 \frac{m^3}{año}\right) + \left(9\,531 \frac{m^3}{año} + 13\,628 \frac{m^3}{año} + 4\,259 \frac{m^3}{año}\right)$$

$$HH_{total} = 32\,031 \frac{m^3}{año}$$

La estimación de la Huella Hídrica en las 14 agencias de la COAC “Luz del Valle” Ltda. generó un valor de aproximadamente 32 031 m³ de agua al año, de lo cual el 17% de la HH representa el consumo directo mientras que el 83% restante corresponde al consumo indirecto tal como se observa en la figura 9.

Figura 10

Componentes de la Huella Hídrica en la COAC “Luz del Valle” Ltda.



Nota: Elaborado por: Mancero Erika, 2020

Además, se puede observar los componentes de la HH, en donde la HH de los suministros de oficina presenta el mayor porcentaje (43%) esto debido a la gran demanda de papel que utiliza la institución, seguido por el 30% de HH de la energía eléctrica, 13% de la HH de los suministros de cafetería, el 9% de la HH gris relacionada con las aguas residuales de la institución y el 5% de la HH azul.

5.4. Huella Hídrica Per-cápita

Se considera que la HH total en la COAC fue de 32 031 m³/año, con ello se calculó la HH per cápita de los colaboradores con el número total en la institución de 133, en la tabla 29 se indican HH per cápita con sus respectivos componentes.

Tabla 29

Huella Hídrica per cápita en la COAC “Luz del Valle” Ltda.

Huella Hídrica	HH per cápita m³ consumidos/año persona
HH azul	12.79
HH gris	21.90
HH verde	0.00
HH energía eléctrica	71.66
HH suministros de oficina	102.46
HH suministros de cafetería	32.02
HH total per cápita	240.83

Nota: Elaborado por: Mancero Erika, 2020

La Huella Hídrica por colaborador en la institución es 246.91 m³/año persona, en la tabla 30 se muestra cada una de las HH para las agencias de la COAC, se consideró el número de colaboradores para su cálculo.

Tabla 30

Huella Hídrica en las agencias de la COAC “Luz del Valle” Ltda. en m³ agua/año agencia

AGENCIA	Colaboradores por agencia	HH Azul	HH Gris	HH Verde	HH energía eléctrica	HH suministros de oficina	HH suministros de cafetería	HH por agencia
Alangasí	6	79.87	113.09	0.00	429.95	614.79	192.15	1430
Amaguaña	6	79.15	199.67	0.00	429.95	614.79	192.15	1516
Argelia	5	64.34	90.39	0.00	358.30	512.32	160.12	1185
Armenia	4	45.17	135.22	0.00	286.64	409.86	128.10	1005
Conocoto	5	55.58	94.98	0.00	358.30	512.32	160.12	1181
Cotogchoa	5	70.98	165.19	0.00	358.30	512.32	160.12	1267
Fajardo	5	59.91	123.65	0.00	358.30	512.32	160.12	1214
Guangopolo	5	123.89	241.09	0.00	358.30	512.32	160.12	1396
La Merced	3	209.49	156.46	0.00	214.98	307.39	96.07	984
Píntag	5	417.55	248.27	0.00	358.30	512.32	160.12	1697
Sangolquí	71	367.95	815.36	0.00	5087.80	7274.98	2273.76	15820
Tambillo	4	72.65	60.09	0.00	286.64	409.86	128.10	957
Tolóntag	5	26.13	263.19	0.00	358.30	512.32	160.12	1320
Yaruquí	4	28.28	205.92	0.00	286.64	409.86	128.10	1059
TOTAL	133	1701	2913	0	9531	13628	4259	32031

Nota: Elaborado por: Mancero Erika, 2020

5.5. Evaluación de la Sostenibilidad

Para evaluación de la Huella Hídrica se analizan aspectos como: I) disponibilidad del agua en la microcuenca del río Pita es la que suministra el agua a las agencias (evaluación de la sostenibilidad de la HH azul), II) capacidad para asimilar los contaminantes emitidos por parte la institución

hacia la microcuenca (evaluación de la sostenibilidad de la HH gris).

Para la respectiva evaluación se utiliza la ecuación 11 para lo que se requiere conocer el escurrimiento natural o caudal de la microcuenca en estudio, así como el requerimiento ambiental del ecosistema o caudal ecológico a fin de obtener los hotspots que definirán los periodos irregulares en el año en donde la huella sea insostenible.

5.5.1. Evaluación de la Sostenibilidad de la HH Azul

La evaluación de la sostenibilidad de la Huella Hídrica azul permite determinar los valores de escasez del agua relacionado a la dotación de la misma por parte del río Pita, para lo cual en la tabla 31 se muestran los valores de escorrentía mensual relacionados con el caudal de la microcuenca, disponibilidad real y requerimiento ambiental que corresponde al 80 y 20% de la escorrentía mensual respectivamente.

Tabla 31

Datos de escorrentía mensual del Río Pita (2019) en m³

MES	Escorrentía	Disponibilidad real	Requerimiento ambiental
Enero	9696655	7757324	1939331
Febrero	14595393	11676314	2919079
Marzo	12710042	10168034	2542008
Abril	18553614	14842891	3710723
Mayo	9281450	7425160	1856290
Junio	2565002	2052001	513000
Julio	2748740	2198992	549748
Agosto	2879215	2303372	575843
Septiembre	3881408	3105126	776282
Octubre	8555245	6844196	1711049
Noviembre	10033492	8026793	2006698
Diciembre	10220764	8176611	2044153

Nota: Elaborado por: Mancero Erika, 2020

Para realizar la comparación de la disponibilidad de agua de la COAC con respecto a la HH se consideró que el río Pita dota de agua al 23% de la población en la provincia de Pichincha lo que le permite abastecer a aproximadamente 730000 personas que se benefician de forma directa (Rueda, 2019), la cooperativa consume apenas en 0.02% en todas sus agencias como lo muestra la tabla 32 a continuación.

Tabla 32

Porcentaje de consumo de agua en relación al río Pita para la COAC

AGENCIA	% de consumo
Alangasí	0.0008%
Amaguaña	0.0008%
Argelia	0.0007%
Armenia	0.0005%
Conocoto	0.0004%
Cotogchoa	0.0007%
Fajardo	0.0007%
Guangopolo	0.0007%
La Merced	0.0004%
Píntag	0.0007%
Sangolquí	0.0097%
Tambillo	0.0005%
Tolóntag	0.0007%
Yaruquí	0.0005%
TOTAL	0.02%

Nota: Elaborado por: Mancero Erika, 2020

Para determinar el índice de escasez de cada agencia se aplicó la ecuación 11 de la sección anterior mediante la HH azul mensual de cada agencia y la disponibilidad real para las agencias de la COAC. En donde la disponibilidad real de la microcuenca representa al 100% mientras que el porcentaje obtenido en la tabla 32 es el que corresponde a cada agencia (ejemplo de cálculo en el anexo 11). En la tabla 33 a continuación se presenta el índice de escasez para las agencias de la COAC con su respectiva clasificación por colores basado en la tabla 15.

Tabla 33*Índice de escasez de agua para las agencias de la COAC*

AGENCIA	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEPT	OCT	NOV	DIC
Alangasí	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.4	0.4	0.4	0.3	0.1	0.1	0.1
Amaguaña	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.4	0.4	0.4	0.3	0.1	0.1	0.1
Argelia	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.4	0.4	0.3	0.2	0.1	0.1	0.1
Armenia	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.4	0.3	0.3	0.2	0.1	0.1	0.1
Conocoto	0.2	0.1	0.1	0.1	0.2	0.6	0.5	0.5	0.4	0.2	0.1	0.1
Cotogchoa	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.4	0.4	0.4	0.3	0.1	0.1	0.1
Fajardo	0.1	0.1	0.1	0.0	0.1	0.3	0.3	0.3	0.2	0.1	0.1	0.1
Guangopolo	0.2	0.1	0.1	0.1	0.2	0.7	0.7	0.7	0.5	0.2	0.2	0.2
La Merced	0.6	0.3	0.4	0.3	0.6	2.1	2.0	1.9	1.4	0.6	0.5	0.5
Píntag	0.7	0.4	0.5	0.3	0.7	2.4	2.3	2.2	1.6	0.7	0.6	0.6
Sangolquí	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.1	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0
Tambillo	0.2	0.1	0.1	0.1	0.2	0.6	0.6	0.5	0.4	0.2	0.1	0.2
Tolóntag	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0
Yaruquí	0.1	0.0	0.0	0.0	0.1	0.2	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1
PROMEDIO	0.2	0.1	0.1	0.1	0.2	0.7	0.6	0.6	0.4	0.2	0.2	0.2

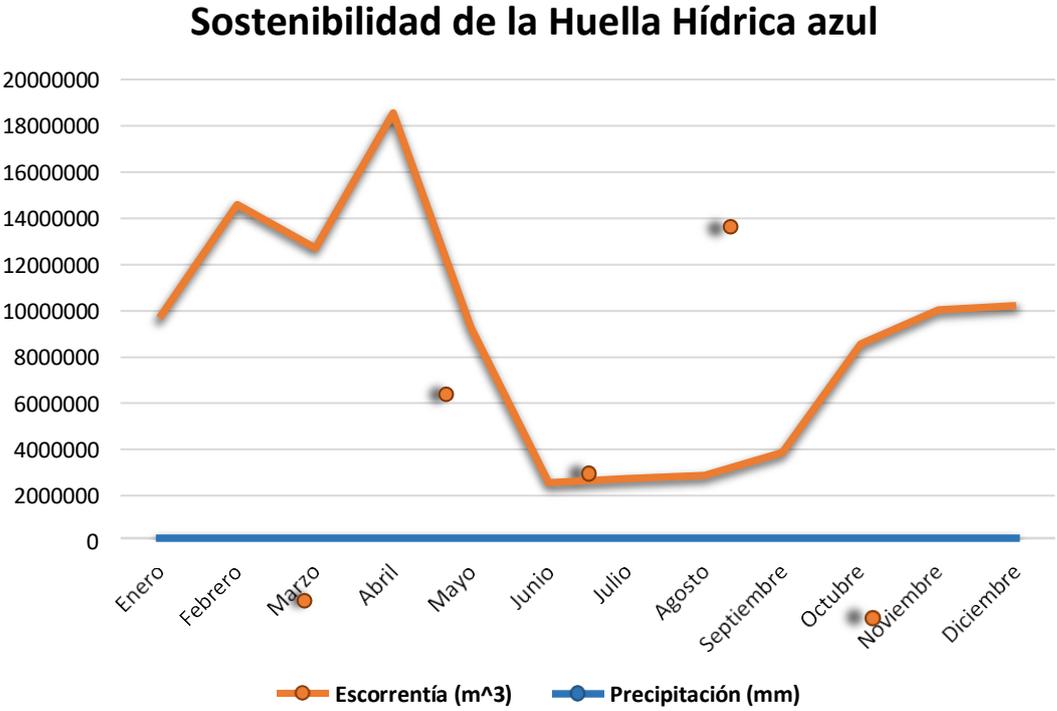
Nota: Elaborado por: Mancero Erika, 2020

En la tabla anterior se puede identificar que la disponibilidad de agua para las agencias La Merced y Píntag durante el periodo junio-septiembre es insostenible, con los puntos más críticos de junio a agosto. Lo que representa un consumo mayor en las agencias con respecto a la disponibilidad real del Río Pita, considerándose como un impacto negativo; mientras que en el resto de las agencias el consumo del recurso hídrico se mantiene durante todo el año un nivel bajo, es decir una baja escasez según lo mencionado por Hoekstra.

En la figura 10 se observa la relación que existe entre los parámetros de escorrentía (salida de agua) y precipitación (ingreso de agua) en el río Pita, mismos que permiten evaluar la sostenibilidad de la microcuenca y lo que ocurre mes a mes y también los meses en los que existen una mayor o menor disponibilidad de agua, tal es el caso del presente estudio que durante los meses de junio-septiembre los índices de escasez de agua dulce (HH azul) son mayores, debido a que existen pocas precipitaciones.

Figura 11

Relación de escorrentía y precipitación



Nota: Elaborado por: Mancero Erika, 2020; en base al INAMHI, 2020

5.5.2. Evaluación de la Sostenibilidad de la HH Gris

La evaluación de la sostenibilidad para la Huella Hídrica gris permite determinar los niveles de contaminación que existen con respecto a los efluentes por parte de las agencias de la COAC, para lo cual en la tabla 34 se muestran los valores de escorrentía mensual relacionados con el caudal de la microcuenca, disponibilidad real y requerimiento ambiental (cantidad de agua que se requiere para que ecosistemas y necesidades humanas se mantengan) que corresponde al 80 y 20% de la escorrentía mensual respectivamente

Tabla 34

Datos de escorrentía mensual (2019) en m³

MES	Escorrentía	Disponibilidad real	Requerimiento ambiental
Enero	8684830	6947864	1736966
Febrero	13026113	10420891	2605223
Marzo	12610745	10088596	2522149
Abril	17218083	13774466	3443617
Mayo	9559466	7647573	1911893
Junio	3676106	2940884	735221
Julio	4310618	3448495	862124
Agosto	3575901	2860721	715180
Septiembre	4827297	3861838	965459
Octubre	11429537	9143629	2285907
Noviembre	10896940	8717552	2179388
Diciembre	8880148	7104119	1776030

Nota: Elaborado por: Mancero Erika, 2020

Para calcular el índice de contaminación en agua por parte de las agencias se aplicó la ecuación 11 en donde mediante la razón entre la HH gris mensual y la disponibilidad real para cada agencia para ello se consideró que la COAC representa el 0.02% de la disponibilidad real. A continuación, en la tabla 35 se indican los porcentajes de contaminación de agua.

Tabla 35*Porcentaje del grado de contaminación del agua para las agencias de la COAC*

AGENCIA	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEPT	OCT	NOV	DIC
Alangasí	0.2	0.1	0.1	0.1	0.2	0.3	0.3	0.3	0.3	0.1	0.1	0.2
Amaguaña	0.3	0.2	0.2	0.1	0.3	0.6	0.6	0.6	0.5	0.2	0.2	0.3
Argelia	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.3	0.3	0.3	0.3	0.1	0.1	0.2
Armenia	0.3	0.2	0.2	0.2	0.3	0.7	0.7	0.6	0.6	0.3	0.3	0.3
Conocoto	0.3	0.2	0.2	0.1	0.3	0.6	0.6	0.6	0.5	0.2	0.2	0.3
Cotogchoa	0.3	0.2	0.2	0.1	0.3	0.6	0.6	0.5	0.5	0.2	0.2	0.3
Fajardo	0.2	0.1	0.1	0.1	0.2	0.4	0.4	0.4	0.4	0.2	0.2	0.2
Guangopolo	0.4	0.3	0.3	0.2	0.4	0.8	0.8	0.8	0.7	0.3	0.3	0.4
La Merced	0.5	0.3	0.3	0.2	0.4	1.0	1.0	0.9	0.8	0.4	0.4	0.5
Píntag	0.4	0.3	0.3	0.2	0.4	0.9	0.9	0.8	0.8	0.3	0.3	0.4
Sangolquí	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1
Tambillo	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.3	0.3	0.3	0.3	0.1	0.1	0.1
Tolóntag	0.5	0.3	0.3	0.2	0.4	0.9	0.9	0.9	0.8	0.3	0.4	0.4
Yaruquí	0.5	0.3	0.3	0.2	0.5	1.0	1.0	1.0	0.9	0.4	0.4	0.5
PROMEDIO	0.3	0.2	0.2	0.2	0.3	0.6	0.6	0.6	0.6	0.2	0.2	0.3

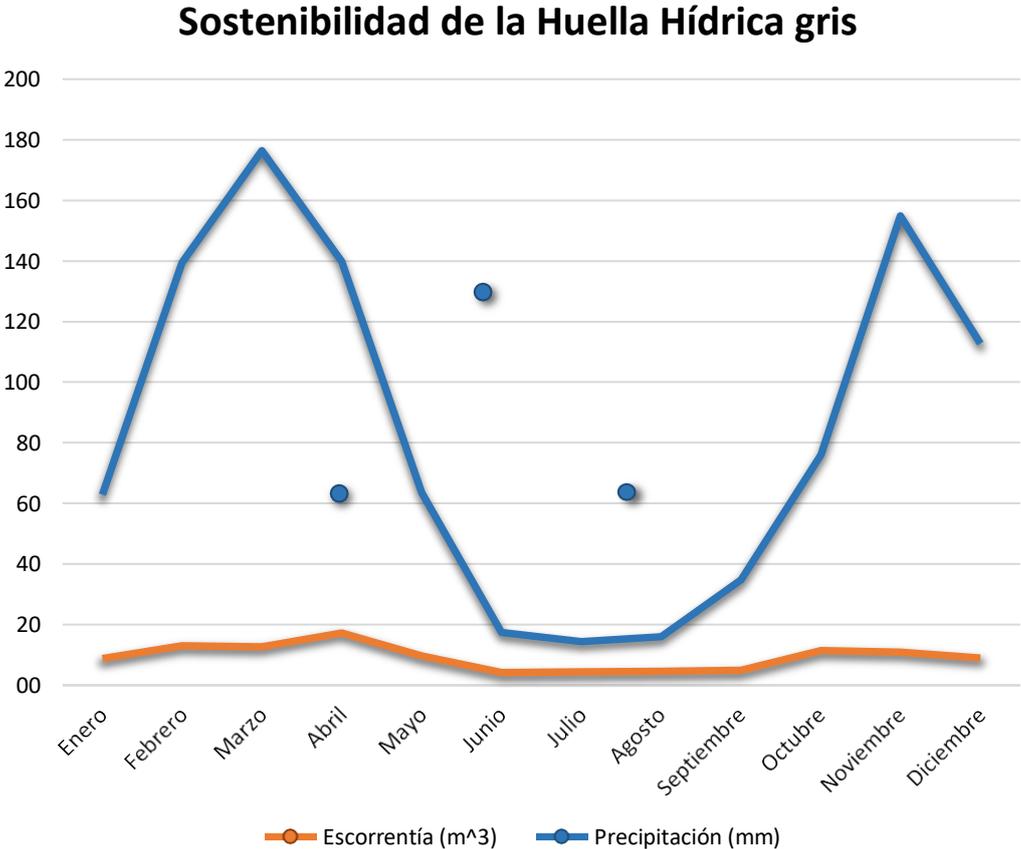
Nota: Elaborado por: Mancero Erika, 2020

En la figura 11 se muestra que durante junio- septiembre el volumen de agua es muy reducido como para que la microcuenca pueda depurar

los contaminantes emitidos por las agencias de la COAC, especialmente para las agencias de Guangopolo, La Merced, Píntag, Tolóntag y Yaruquí.

Figura 12

Relación de escorrentía y precipitación para la HH gris



Nota: Elaborado por: Mancero Erika, 2020; en base al INAMHI, 2020

5.6. Implementación de Estrategias Para la Reducción de la Huella Hídrica

Una vez calculada la HH de las agencias de la Cooperativa de Ahorro y Crédito “Luz del Valle” Ltda. se plantean las siguientes acciones:

A corto plazo:

- I. Realizar el seguimiento mensual de los medidores mediante la lectura de los mismo por el personal encargado en la institución a fin de detectar posibles fugas de agua visibles o no visibles misma que podrían llegar a elevar la cantidad de

agua real consumida, como se ha evidenciado en la agencia de la Armenia (Ziegle y Hübschen, 2015).

- II. Implementar campañas de concientización sobre el ahorro de agua en la institución, a fin de generar ahorros en el consumo responsable de los colaboradores como por ejemplo en el uso del lavado de manos y lavado de dientes (Universidad de Alicante, 2019).
- III. Implementar botellas de mínimo 1 L con agua en los inodoros a fin reducir el consumo en cada descarga (Universidad de Alicante, 2019).
- IV. Considerar el uso de productos de limpieza como pato tanque (pastillas para los tanques de los inodoros) ya que eleva la carga contaminante en al agua residual de la COAC, pues debido a su composición química genera alteraciones en la calidad del agua del efluente. Pues limitar su uso permitirá reducir los impactos producidos y así mejorar la calidad de las aguas servidas que son vertidas al alcantarillado y disminuir la HH gris (Dimerc, 2015).
- V. Utilizar medios digitales como correo electrónico para emitir notificaciones, mensajes u otros; fomentar a los colaboradores la impresión en ambas caras de la hoja a fin de reducir el uso del papel, además de la implementación del reciclaje mediante la colaboración de gestores que realicen el retiro del papel de todas las agencias lo cual permitirá reducir la HH de los suministros de oficina (Jaclin , 2017).
- VI. Reducir el consumo de suministros de cafetería y oficina con una HH elevada (Bracho et al., 2019).

A continuación, se presenta la tabla 36 en donde se representan los costos y ahorros de las medidas a ser implementadas:

Tabla 36*Medidas a corto plazo*

N.º	ACTIVIDADES	Ahorro de agua		Costo	Ahorro económico
HH DIRECTA					
I	Detectar posibles fugas de agua. (considerando un orificio de 0.5 mm, anexo 12)	0.48 m ³ /día	173.92 m ³ /año	\$ 0.00	\$ 96.83/año
II	Lavado eficiente de manos mantener cerrada la llave mientras se enjabona.	0.58 m ³ /día	159.49 m ³ /año	\$ 0.00	\$ 89.04/año
	Uso de vasos para el lavado de dientes.	0.16 m ³ /día	42.04 m ³ /año	\$ 0.00	\$ 23.40/año
III	Implementar botella de agua (>1L) en los inodoros	0.19 m ³ /día	52.19 m ³ /año	\$ 0.00	\$ 29.05/año
IV	Reducir el uso de pato tanque en un 50%	variable	variable	\$ 0.00	\$ 42.00/año
HH DIRECTA					
V	Impresión en ambas caras de la hoja	2.52 m ³ /resma		\$ 0.00	\$2.40/ resma
	Implementar el reciclaje de papel	1.88 m ³ /resma		\$ 0.00	\$0.23/resma
VI	Cambiar el café por té (1kg de café = 143 porciones; 6 caja de té = 150 porciones)	13.65 m ³ /kg café		\$ 0.00	\$1.50/kg café

Nota: Elaborado por: Mancero Erika, 2020

A mediano plazo:

- I. Realizar la implementación de cortapicos con la finalidad
- II. de que cuando se deje de ocupar los equipos puedan ser desconectado en un solo lugar (Universidad de Alicante, 2019).
- III. Sustituir las lámparas CFL o alógenas por otras de bajo consumo como LED que tienen una alta eficiencia energética y permiten un ahorro de entre el 25% al 80% (Vázquez, 2017); además implementar sistemas de iluminación inteligente que interactúen con la luz natural permite un ahorro del 70% (Vázquez, 2017).

A continuación, se presenta la tabla 37 en donde se representan los costos y ahorros de las medidas a ser implementadas:

Tabla 37

Medidas a mediano plazo

N.º	ACTIVIDADES	Ahorro de energía anual	Ahorro de agua anual	Costo de la implementación	Ahorro económico con la implementación
HH DIRECTA					
I	Uso de cortapicos en cada PC	14.80 kWh/PC	1.04 m ³ /PC	\$ 10.00	~ \$ 1.15
II	Sustituir lámparas actuales por LED	5.48 kWh/lampara	0.38 m ³ /lampara	\$ 3.50	\$ 0.42

Nota: Elaborado por: Mancero Erika, 2020

A largo plazo:

- I Reemplazar los lavamanos manuales o automáticos por lavaderos con sensor de presencia ya que permiten tener un control de la cantidad de agua de una manera más eficiente.
- II Reemplazar los inodoros que ya han terminado su vida útil por un sistema más eficiente como el de descargas líquidas y sólidas o descargas con un menor flujo.
- III Implementar al menos en Guangopolo y Sangolquí un sistema de recolección de agua lluvia en donde el agua vaya a las lavanderías

para que esta pueda ser utilizada por el personal de limpieza en el lavado de mopas, veredas y demás. Lo que generaría un ahorro en las planillas de agua potable.

Las acciones planteadas en el presente trabajo de investigación permitirán a la COAC la disminución de costos por la compra de suministros o el consumo de servicios, y también la reducción de la Huella Hídrica.

En los puntos críticos o hotspots de la evaluación de la sostenibilidad realizada para la HH azul se recomienda que durante los meses de junio a septiembre el consumo de agua sea controlado para disminuir las posibles afectaciones. En cuanto a la evaluación de la HH gris considerar la época seca (junio-septiembre) debido a que durante este periodo la contaminación en la microcuenca por parte de la institución es casi insostenible por lo que se recomienda que para esos meses se utilice una menor cantidad de productos químicos lo que evitará afectaciones graves en la microcuenca.

5.7. Discusión

El consumo de agua potable en las agencias de la Cooperativa de Ahorro y Crédito “Luz del Valle” Ltda. es casi constante a lo largo del año, sin embargo, presenta puntos altos de consumo durante los meses de diciembre (369 m³), noviembre (362 m³), octubre (357 m³) y abril (333 m³). Por otra parte, la agencia Sangolquí es la que mayor cantidad de agua utiliza tanto el agua potable dotada por la entidad competente como el agua de botellones y botellas lo que genera un consumo anual de 1063 m³, esto sucede posiblemente porque es la agencia Matriz en donde se encuentra la mayor cantidad de colaboradores, además de ser el lugar en donde se realiza eventos de la cooperativa y otro tipo de reuniones propios de la institución.

El consumo de agua en las diferentes actividades que se realizan en la COAC es de 2083.61 m³, cabe recalcar que dentro del estudio no se consideró el uso de agua por parte de

los socios de la cooperativa debido a que utilizan las instalaciones de forma esporádica; además debe resaltarse que el personal de limpieza utiliza más del 50% del agua que sale por el efluente en sus labores diarias principalmente en el lavado de mopas.

El pH medido en el agua residual reportó datos de alcalinidad especialmente en las agencias de Amaguaña (9.14), Fajardo (9.12) y Argelia (9.01), debido a la composición de los productos químicos utilizados (Dimerc, 2015), sin embargo, la normativa indica que los límites para descargas en el sistema público de alcantarillado para el potencial de hidrógeno es de 5-9; por otra parte la temperatura de las aguas servidas de la COAC no supera el límite permisible ($< 40^{\circ}\text{C}$).

La turbiedad presenta valores altos en las agencias Guangopolo (138 NTU), Tolóntag (135 NTU), Yaruquí (128 NTU), Píntag (119 NTU) y La Merced (113 NTU), según la legislación ambiental para que el agua pueda ser tratada de forma convencional y utilizada para actividades humanas no debe sobrepasar los 100 NTU, para el caso del oxígeno disuelto los valores obtenidos en las agencias fueron entre 2.88 y 3.10 mg/L, lo que evidencia que la cantidad de oxígeno en el agua residual es baja.

A pesar de que los parámetros de DBO_5 y DQO han superado los límites permisibles establecidos en la normativa ambiental, la relación que existe entre DBO_5/DQO es mayor a 0.5 en casi todas las agencias lo que significa que los residuos emitidos por la institución se consideran fácilmente tratables mediante procesos biológicos (Guerrero et al., 2017). La HH Gris de la COAC es de $2912.58 \text{ m}^3/\text{año}$ lo que quiere decir que para que la calidad de agua en el efluente sea la establecida en la normativa se requieren 2912.58 m^3 de agua de forma anual, por otra parte, de la HH gris de cada colaborador es de $21.90 \text{ m}^3/\text{año}$ que represente el 63 % de la HH directa.

Los parámetros considerados en HH indirecta son: energía eléctrica, suministros de oficina (papel bond, papeletas, rollos de papel bond, libretas, hojas y sobres membretados, sobre

manila) y suministros de cafetería (café instantáneo, chocolate, azúcar morena y blanca, té, mantequilla y mermelada).

El mayor consumo de energía eléctrica se registra durante los meses de agosto-septiembre con un total de 12015 kWh y 12076 kWh respectivamente, lo cual tiene relación con los meses cálidos en Quito y genera un aumento en el consumo de energía. El mayor consumo (67%) se presenta en la agencia matriz Sangolquí debido que laboran 71 de 133 colaboradores, además de que cada colaborador cuenta con un ordenador y las luces permanecen encendidas la mayor parte del tiempo.

En cuanto a los suministros de oficina el papel bond blanco de 75 gramos por cada metro cuadrado es uno de los principales productos utilizados en la institución, este presentó una huella de 7200 m³ por año con un mayor consumo durante el mes de diciembre, otro de los suministros de mayor demanda son las papeletas de retiro y depósito utilizados por los socios de la Cooperativa de Ahorro y Crédito para realizar sus transacciones con una HH de 3097 m³/año. Estos dos suministros sumados representan el 76% de la HH de los suministros de oficina, por lo que se debe implementar medidas para su reducción.

Dentro de los suministros de cafetería los productos más utilizados son el café instantáneo con una HH de 2174 m³/año y el té 416 m³/año, sin embargo, la comparación de las huellas demuestra que el café instantáneo es uno de los productos que más eleva la HH tal como lo menciona Bracho et al., (2019) en su publicación acerca de la estimación de la Huella Hídrica, por lo que se recomienda el uso de té o productos similares.

Según estudios realizados por Guamán e Illares (2019) para la Universidad Politécnica Salesiana sede Cuenca la HH per cápita es de 46 m³/año persona en donde el 37% corresponde a la HH directa mientras que el 63% es HH indirecta. Por otra parte, un estudio para la Universidad de Córdova Campus Monterí mostró que la HH es de 35 m³/año persona de los cuales el 27% y 73% corresponden a la HH directa e indirecta respectivamente (Contreras y

Torres, 2016). Otra investigación sobre HH es la Estimación de Huella Hídrica de la Secretaría del Agua en Quito realizada por Guamán (2018) muestra que el 25% de la huella total es directa mientras que el mayor porcentaje corresponde a la HH indirecta; y, con una huella hídrica per cápita de 99.57 m³/año persona.

Para finalizar, en la tabla 38 se muestra la HH de la COAC en comparación a otras instituciones:

Tabla 38

Análisis comparativo de Huella Hídrica con otros estudios

Institución	HH per cápita m³/año persona	HH directa	HH indirecta
Huella Hídrica de la COAC “Luz del Valle” Ltda.	241	14 %	86 %
HH para la Universidad Politécnica Salesiana sede Cuenca	46	37 %	63 %
HH para la Universidad de Córdova Campus Monterí	35	27 %	73 %
HH para la secretaría del agua en Quito	100	25 %	75 %

Nota: Elaborado por: Mancero Erika, 2020

La tabla anterior demuestra que la HH para la COAC es mayor a comparación de las investigaciones realizadas anteriormente en otras instituciones, sin embargo, se puede notar que la HH directa no es tan elevada esto tiene relación con COAC debido a que no se realiza el cálculo de HH verde. Por otra parte, la HH indirecta es elevada debido a la alta demanda de papel que existe en la institución y el consumo de electricidad ya que dentro de la institución la mayoría de las actividades son administrativas; además de que para el 2019 el 85.12 % de la energía eléctrica tuvo como fuente principal a las hidroeléctricas lo que genera un aumento en la HH indirecta de la institución.

Mediante la ejecución de las estrategias en las actividades directas se podría llegar a generar un ahorro de 427.64 m³ de agua anualmente lo que representa a \$280.32. En relación a la HH indirecta en el caso del papel al implementar las medidas se tendrá un ahorro de 4.4 m³ de agua por resma de papel generando un ahorro de \$2.63 por cada resma; para el caso a los suministros de cafetería el remplazo de café por té permitirá un ahorro de 13.65 m³ por kilogramo de café. Por otra parte, el uso de implementos como cortapicos genera un ahorro de 1.04 m³ por PC al año lo que representa aproximadamente \$1.15, mientras que el uso de lámparas LED puede generar un ahorro de hasta 5.48 kWh al año lo que equivale a 0.38 m³ (\$0.42)

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. Conclusiones

La estimación de la Huella Hídrica para la Cooperativa De Ahorro y Crédito “Luz Del Valle” Ltda., ubicada en el Valle De Los Chillos para el año 2019 fue de 32 031 m³/año, de los cuales el 14 % corresponde a la HH directa y el 86 % a la HH indirecta.

La Huella Hídrica directa compuesta por los tres componentes: Huella Hídrica Azul que es de 1700.94 m³/año, Huella Hídrica Gris de 2912.58 m³/año y Huella Hídrica Verde que no fue calculada en el caso de estudio. Mediante el análisis de sostenibilidad se identificó los índices de escasez, en donde durante los meses de junio a septiembre la HH azul es insostenible, es decir, la demanda de agua no cubre la disponibilidad real de la microcuenca.

A su vez la HH indirecta conformada por: HH de energía eléctrica 9530.67 m³/año, HH de los suministros de oficina 13628 m³/año, HH de los suministros de cafetería 4259 m³/año. Lo que permite concluir que los mayores consumos de agua se den en el uso de energía eléctrica y suministros de oficina.

La estrategia más viable para la reducción de la HH es la optimización de los suministros de oficina principalmente del papel bond, anualmente en la COAC se consumen 5 toneladas de papel, mediante el reúso y reciclaje del mismo se tendría un ahorro de 121m³/tonelada; además de ahorros económicos que podrían ser destinados para la implementación de lavabos con sensores de presencia entre otros.

6.2. Recomendaciones

La estimación de la Huella Hídrica puede ser replicada en otras cooperativas o instituciones financieras a fin de realizar una comparación entre ellas e identificar otros puntos críticos.

Llevar un registro detallado del consumo de servicios y productos para evitar posibles errores en futuros estudios.

Se recomienda considerar las estrategias para reducir la Huella Hídrica planteadas en la investigación, a fin de conseguir un consumo óptimo del recurso hídrico dentro de la institución.

Llevar un control de las estrategias de reducción aplicadas a fin de determinar el porcentaje de reducción de la HH

7. BIBLIOGRAFÍA

- Almeida, F. (2018). *Efecto de la legislación comercial, tributaria y salvaguarda en los procesos contables y financieros de la huella hídrica en Colombia*. Revista Sinergia, 22-51.
ISSN: 2665-1521.
- Ambientum. (2019). *Enciclopedia: El consumo de agua en porcentajes*. Recuperado el 01 de febrero del 2020, de <https://agua.org.mx/el-consumo-de-agua-en-porcentajes-ambientum/>.
- American Public Health Association. (22a ed.). (2012). *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. American Public Health Association.
- Benjumea, C., Ríos, M., y Villabona, S. (2019). *La calidad del agua en Colombia riesgos y oportunidades*. Revista de IANAS, 190 - 217.
ISBN: 978-607-8379-33-0.
- Bracho, G., García, D., y Ramírez, A. (2019). *Estimación de la huella hídrica del café producido en la estación experimental de Cenicafè en Pueblo Bello*. Investigaciones en Ingenierías, 45-68
ISBN: 978-958-5589-23-0.
- Burley, H. (2015). *La huella de tus pasos: La huella de suelo y agua de los productos de uso cotidiano*. [Archivo PDF]. https://www.bioecoactual.com/wp-content/uploads/2015/11/Mind_your_step_La_huella_de_tus_pasos-_ESP_-_web.pdf.
- Charlon, V., Manazza, F., y Tieri, M. (2-5 de septiembre de 2014). *III Encuentro Argentino de Ciclo de Vida y II Encuentro de la Red Argentina de Huella Hídrica ENARCIV 2015*. Water footprint in different dairy production systems. Centro Científico Tecnológico (CCT), Argentina, Mendoza.

- Cidad, E. (2015). *Agua Ecosocial: Consumo de agua y energía de producto*. Recuperado el 25 de mayo del 2020, de <https://aguaecosocial.com/tu-camiseta-de-algodon-devora-agua-y-energia/>
- Constitución del Ecuador artículo 12 del 2008. Registro Oficial 449 de 20-oct-2008
- Contreras, Y., y Torres, C. (2016). *Cuantificación de la Huella Hídrica en las instalaciones de la Universidad de Córdoba campus Montería, para el año 2014* [Tesis de pregrado, Universidad De Córdoba]. Repositorio Institucional – Universidad De Córdoba.
- Dimerc. (2015). *Ficha Técnica: Desinfectante en pastilla Pato tanque*. Recuperado el 05 de febrero del 2020, de: <http://www.dimerc.pe/files/pdf/Z282511.pdf>
- Fonseca, O., Ariza, J., y Torres, J. (2016). *Determinación de la Huella Hídrica del Algodón*. Revista Especializada en Ingeniería, 39-45.
DOI: 10.22490/25394088.1586.
- Gerst, A. (s.f.). *Planetario de Argon: Planeta Azul*. [Archivo PDF].
<https://www.planetariodearagon.com/wp-content/uploads/2019/03/El-planeta-azul.pdf>
- González, J. (2018). *Huella Hídrica: El agua oculta en lo que consumes*. Recuperado el 17 de mayo del 2020, de <http://esferaviva.com/huella-hidrica-el-agua-oculta-en-lo-que-consumes/>
- Guamán, D., y Illares, F. (2019). *Análisis de la Huella Hídrica en el campus de la Universidad Politécnica Salesiana sede Cuenca Mediante el uso de redes telemétricas* [Tesis de pregrado, Universidad Politécnica Salesiana]. Repositorio Institucional – Universidad Politécnica Salesiana.
- Guamán, J. (2018). *Estimación de la Huella Hídrica, para la Secretaría del Agua planta central Quito* [Tesis de pregrado, Universidad Politécnica Salesiana]. Repositorio Institucional – Universidad Politécnica Salesiana.

- Guerrero et al. (2017). *Eficiencia en la reducción de Cromo por una bacteria silvestre en un tratamiento tipo Batch utilizando como sustrato agua residual del municipio de Pasto. Colombia. Universidad y Salud* (19), 102. DOI: <https://doi.org/10.22267/rus.171901.74>.
- Hoekstra, A., y Ercin, E. (2014). *Water footprint scenarios for 2050: A global analysis*. Revista Environment International, 71-82. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2013.11.019>.
- Hoekstra, A. (2015). *La huella hídrica de la industria. Evaluar y medir el impacto ambiental y la sostenibilidad*. Butterworth-Heinemann (Elsevier), 221-254 https://dx.doi.org/10.5209/rev_MARE.2013.v14.n1.42123
- Hoekstra, A. (2018). *Administración del agua*. Recuperado el 15 de enero del 2020, de <https://waterfootprint.org/en/water-footprint/corporate-water-stewardship/>
- Hoekstra, A., Chapagain, A., Aldaya, M., y Mekonnen, M. (2011). *The Water Footprint Assessment Manual: Setting the Global Standard*. [Archivo PDF]. <https://waterfootprint.org/media/downloads/ManualEvaluacionHH.pdf>
- Huaquisto, S., y Griscelda, I. (2019). *Análisis del consumo de agua potable en el centro poblado de Salcedo, Puno*. Revista de Investigación y Desarrollo (19), 133-144. DOI: 10.23881/idupbo.019.1-9i
- Huella de Ciudades. (2015). *Proyecto Huella de Ciudades: Banco de desarrollo de América Latina (CAF)*. Recuperado el 15 de diciembre del 2019, de www.huelladeciudades.com
- Hurtado, I., Rincón, M., y Restrepo, S. (2018). *La huella hídrica como herramienta para mejorar la eficiencia en el uso del agua: caso de estudio para el cultivo de trucha en Colombia*. Programa Editorial Universidad del Valle. ISBN: 978-958-765-897-2.

- Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología. (2020). *Inventario de datos Meteorológicos e Hidrológicos*. Datos solicitado el 12 de mayo del 2020 a través de <http://www.serviciometeorologico.gob.ec/>.
- Jaclin , C. (2017). *La huella de agua de siete productos básicos*. Listin Diario. Recuperado el 20 de marzo del 2020, de <https://listindiario.com/la-vida/2012/03/22/226076/la-huella-de-agua-de-siete-productos-basicos>.
- La Agencia de la ONU para los refugiados. (2019). *Escasez de agua en el mundo: causas y consecuencias: ACNUR Comité Español, Conciencia social y económica*. Recuperado el 20 de diciembre del 2019, de https://eacnur.org/blog/escasez-agua-en-el-mundo-tc_alt45664n_o_pstn_o_pst/
- Lala, H. (2017). *Análisis de la sostenibilidad de la producción de agua en la microcuenca del río Pita mediante la determinación de la huella hídrica y disponibilidad de agua*. [Tesis de pregrado, Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE]. Repositorio Institucional – Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE.
- Oppliger, A., Höhl, J., y Fragkou, M. (2019). *Escasez de agua: develando sus orígenes híbridos en la cuenca del Río Bueno, Chile*. Revista de geografía Norte Grande, 9-27. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-34022019000200009>.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO]. (2019). *Escasez de agua: Uno de los mayores retos de nuestro tiempo*, Studio/Shutterstock. Recuperado el 25 de enero del 2020, de <http://www.fao.org/fao-stories/article/es/c/1185408/>
- Pellicer, F., Paz, J., y Perni, A. (2013). *VIII Congreso Ibérico sobre Gestión y Planificación del Agua*. La Huella Hídrica total de una cuenca: el caso de la Demarcación Hidrográfica del Segura. Instituto Universitario del Agua y del Medio Ambiente (Universidad de Murcia). Lisboa, Portugal.

- Pérez, S., Marceleño Susana , Nájera, O., y De Haro, R. (2019). *Implementación del método de escasez en la determinación de la huella hídrica en la zona costera de San Blas*, 21-25
DOI:10.14483/22487638.15796.
- Quiñónez, P. (2015). *Evaluación del estado de salud ecológica de la microcuenca del río Pita (sector Molinuco, canteras y antiguo botadero Cashapamba) utilizando macroinvertebrados como bioindicadores de calidad de agua*. [Tesis de pregrado, Universidad Internacional del Ecuador]. Repositorio Institucional – Universidad Internacional del Ecuador.
- Restrepo, S., y Bedoya, D. (2015). *El uso del agua en el azúcar: Una mirada desde la Huella Hídrica*. [Tesis de pregrado, Universidad del Valle]. Repositorio Institucional – Universidad del Valle.
- Rodríguez, Á., y Chaparro, M. (2018). *Estimación sectorial de la huella hídrica de la ciudad de Bogotá generada en el año 2014*. Revista UIS Ingenierías , 19-32. DOI: 10.18273/revuin.v17n2-2018002.
- Rodriguez, C., Iris, C., y Basualdo, N. (8-10 de agosto del 2018). *Proyecto de extensión sobre gestión del agua y huella hídrica*. Proyecto de extensión sobre gestión del agua y huella hídrica en tambos y queserías de Tandil. Centro de Investigaciones y Estudios Ambientales, Argentina, Buenos Aires.
- Rueda, J. (2019). *Calidad del agua y Biodiversidad: un caso práctico*. Diversity and conservation.
DOI: 10.13140/RG.2.2.22543.02729.
- Salcedo, A., Tieri , M., y Herrero, M. (2-5 de septiembre de 2014). *III Encuentro Argentino de Ciclo de Vida y II Encuentro de la Red Argentina de Huella Hídrica ENARCIV 2015*. Huella Hidrica en Establecimientos Lecheros de Buenos Aires, Centro Científico Tecnológico (CCT), Argentina, Mendoza

Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1108:2011 del 2011. *Agua potable: Requisitos*.

Servicio Ecuatoriano de Normalización

Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1202:00 del 2013. *Agua: Demanda Bioquímica de oxígeno (DBO₅)*. Servicio Ecuatoriano de Normalización

Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2169:98 del 2013. *Calidad del agua, muestreo, manejo y conservación de muestras*. Servicio Ecuatoriano de Normalización

Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2226:00 del 2013. *Agua: Calidad del agua, muestreo, diseño de los programas de muestreo*. Servicio Ecuatoriano de Normalización

Simpson, P., Gesche, E., Vallejos, A., y Saez, M. (2016). *Eficiencia de Anaerobios sulfito reductores como indicadores de calidad sanitaria de agua*. Método de Número Más Probable (NMP). Archivos De Medicina Veterinaria, 99-107.

DOI: 10.4067/S0301-732X2003000100011.

Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio de Ambiente Libro VI, Anexo 1 del 2018. *Norma de calidad ambiental y de descargas de efluentes: Recurso agua*. TULSMA.

Toledo, C. (2018). *La huella hídrica: también es mi responsabilidad*. Revista Análisis de la realidad nacional, 57-64

ISSN 2227-9113.

Torres, C. (2015). *Estudio de Calidad Fisicoquímica, microbiológica y biológica del agua en el río Pita del cantón Rumiñahui* [Tesis de pregrado, Universidad Politécnica Salesiana]. Repositorio Institucional – Universidad Politécnica Salesiana

Universidad de Alicante. (2019). *Oficina Eco-campus de Gestión Ambiental*. Alicante:

Universidad de Alicante. Recuperado el 20 de abril del 2020, de <https://www.miteco.gob.es/es/ceneam/recursos/quien-es-quien/ecocampus-alicante.aspx>

- Vázquez, R. (2017). *Evaluación del ciclo de vida: Una herramienta para la innovación en América Latina*. *Int J Life Cycle Assess* (22), 479–484. <https://doi.org/10.1007/s11367-017-1272-4>.
- Velázquez, E., Madrid, C., y Beltrá, M. (2011). *Repensar los conceptos de agua virtual y huella hídrica en relación con el binomio producción consumo y el nexo agua energía*. *Revista Water Resour Manage* (25), 743–761. <https://doi.org/10.1007/s11269-010-9724-7>.
- Zarta, P. (2018). *La sustentabilidad o sostenibilidad: un concepto poderoso para la humanidad*. *Revista Tabula Rasa* (28), 409-423
Doi: <https://doi.org/10.25058/20112742.n28.18>.
- Ziegle, S., y Hübschen, F. (2015). *Guía para la reducción de las pérdidas de agua: Un enfoque en la gestión de la presión: Internationale Zusammenarbeit*. [Archivo PDF].
http://www.waterlossreduction.com/images/download/Technical_Manual_SP_-_Guidelines.pdf

8. ANEXOS

Anexo 1: Cálculo del tamaño de la muestra a ser encuestada

$$n = \frac{k^2 \times p \times q \times N}{e^2(N - 1) + k^2 \times (p \times q)} \quad (1)$$

Donde:

n = tamaño de la muestra

k = nivel de confianza al 95% (1.96)

p = probabilidad a favor (0.05)

q = probabilidad en contra (0.05)

N = Población o universo (133)

e = error muestral (5%)

$$n = \frac{1.96^2 \times 0.5 \times 0.5 \times 133}{0.05^2(133 - 1) + 1.96^2 \times (0.5 \times 0.5)}$$

$$n = 99$$

Por lo tanto, el número de colaboradores encuestados será de mínimo 99

Anexo 2: Encuestada utilizada para la recolección de información

ENCUESTA PARA LA ESTIMACIÓN HUELLA HÍDRICA EN LA COAC "LUZ DEL VALLE" LTDA.

*Obligatorio

1. SEDE A LA QUE PERTENECE (SI TRABAJA EN MAS DE UNA SEDE POR FAVOR SELECCIONE CUALES SON) *

Selecciona todos los que correspondan.

- ALANGASI
- AMAGUAÑA
- ARGELIA
- ARMENIA
- CONOCOTO
- COTOGCHOA
- FAJARDO
- GUANGOPOLO
- LA MERCED
- PINTAG
- SANGOLQUI
- TAMBILLO
- TOLONTAG
- YARUQUI

2. AREA A LA QUE PERTENECE *

Marca solo un óvalo.

- ÁREA DE GERENCIA
- ÁREA DE CONTROL
- ÁREA ADMINISTRATIVA

3. GENERO *

Marca solo un óvalo.

- MASCULINO
- FEMENINO

4. RANGO DE EDAD *

Marca solo un óvalo.

- 18-25
- 26-35
- 36-45
- 46-55
- 55 EN ADELANTE

5. CUANTOS DÍAS A LA SEMANA TRABAJA (SIN CONTAR SÁBADO Y DOMINGO) *

6. CUANTAS HORAS TRABAJA EN LA COAC LUZ DEL VALLE DE LUNES A VIERNES *

7. CUANTOS SÁBADOS AL MES TRABAJA *

Marca solo un óvalo.

- 0
- 1
- 2
- 3
- 4

8. CUANTAS HORAS TRABAJA EN LA COAC LUZ DEL VALLE EL DÍA SÁBADO *

9. CUANTAS BOTELLAS DE AGUA (DESECHABLES) A LA SEMANA INGRESA A LA INSTITUCIÓN *

Marca solo un óvalo.

- NINGUNA
- 1 - 2 BOTELLAS
- 3 - 5 BOTELLAS
- 6 - 8 BOTELLAS
- 9 - 11 BOTELLAS

10. CUAL ES EL TAMAÑO DE LAS BOTELLAS QUE INGRESA A LA INSTITUCIÓN *

Marca solo un óvalo.

- 500 ML
- 1 L
- NO INGRESO BOTELLAS DE AGUA DESECHABLES

11. ¿Cuántas veces cepilla sus dientes dentro de su jornada laboral? *

Marca solo un óvalo.

- NINGUNA VEZ
- 1 vez
- 2 veces
- 3 veces
- MAS DE 3 VECES

12. ¿Cuánto tiempo deja abierta la llaves del lavabo para cepilla sus dientes? *

Marca solo un óvalo.

- NO ME LAVO LOS DIENTES EN LA INSTITUCION
- 1 min
- 2 min
- 3 min
- 4 min
- 5 min
- 6 min
- UTILIZO VASO

13. ¿Cuántas veces utiliza el urinario dentro de su jornada laboral? *

Marca solo un óvalo.

- ninguna vez
- NO HAY URINARIO
- 2 veces
- 3 veces
- 4 veces
- 5 veces

14. ¿Cuántas veces utiliza el inodoro dentro de su jornada laboral? *

Marca solo un óvalo.

- 1 vez
- 2 veces
- 3 veces
- 4 veces
- 5 veces
- 6 veces
- más de 6 veces
- Ninguna vez

15. ¿Cuántas veces lava sus manos dentro de su jornada laboral? *

Marca solo un óvalo.

- 1 a 3 veces
- 4 a 6 veces
- 7 a 9 veces
- 10 a 12 veces
- 13 a 15 veces

16. ¿Cuánto tiempo deja abierta la llaves del lavabo para lavarse las manos? *

Marca solo un óvalo.

- menos de 15 segundos
- 15 a 30 segundos
- 31 a 45 segundos
- 46 a 60 segundos
- 1 a 2 minutos
- más de 2 minutos

Anexo 3: Etiquetado de muestra y cadena de custodia

N Muestra: _____ Fecha: _____ Hora: _____	
Lugar: Luz Del Valle Sede _____	
Coord.: lat _____ long _____	
Detalle punto muestreo: _____	
Tipo de muestreo: S () C ()	
Responsable: Erika Johanna Mancero Ch.	
Temperatura de la muestra: _____	
Análisis solicitado: _____	

REGISTRO DE TOMA DE MUESTRAS DE AGUAS Y EFLUENTES LIQUIDOS

INFORMACIÓN												
EMPRESA:						E-MAIL DE CONTACTO:						
TELÉFONO:				PROVINCIA:				FECHA:				
DATOS DE LA MUESTRA Y SITIO DE TOMA DE MUESTRA												
N MUESTRA	HORA	LUGAR	COORD UTM	TIPO DE MUESTREO	T	T	pH	CONDUCTIVIDAD	TURBIDEZ	OXIGENO DISUELTO	CONDICIONES DE TRANSPORTE	ANÁLISIS SOLICITADO
					AMBIENTE	MUESTRA						
1												
2												
3												
4												
5												
6												
7												
8												

RESPONSABLE: _____ FIRMA: _____

Anexo 4: Coordenadas de los puntos de muestreo

Tabla 39

Coordenadas de los puntos de muestreo de cada agencia de la COAC

ZONA	AGENCIA	X	Y
1	Armenia	781487.92	9962853.19
	Conocoto	780366.61	9966986.24
	Fajardo	782289.30	9970134.30
	Guangopolo	783694.76	9971387.24
2	Amaguaña	777931.99	9958227.33
	Argelia	775708.61	9969203.58
	Cotogchoa	783360.20	9959310.45
	Ventanilla Tambillo	773294.86	9955237.82
3	Alangasí	787699.10	9966049.65
	La Merced	794733.44	9962535.16
	Píntag	792213.33	9958896.09
	Tolóntag	789449.00	9967770.00
	Yaruquí	798578.84	9982052.55
4	Matriz Sangolquí	784216.00	9963153.00

Nota: Elaborado por: Mancero Erika, 2020

Anexo 5: Recolección de muestras



Anexo 6: Cálculos para la salida de agua al efluente

Tabla 40

Cálculo de la salida de agua por cada actividad en las agencias de la COAC

AGENCIA	LAVADO DE DIENTES						LAVADO DE MANOS			
	CON VASO		A GRIFO			V _{TOTAL} (m ³)	N° VECES	T (seg)	Q _{GRIFO} (m ³ /seg)	V _{TOTAL} (m ³)
	N° VECES	V _{VASO} (m ³)	N° VECES	T (seg)	Q _{GRIFO} (m ³ /seg)					
Alangasí	0.25	0.0003	1.50	45.00	0.00003	2.98	4.50	26.25	0.00004	7.03
Amaguaña	0.00	0.0003	1.67	60.00	0.00003	4.24	7.00	45.00	0.00004	18.68
Argelia	0.00	0.0003	1.00	60.00	0.00003	1.64	9.00	37.50	0.00004	12.95
Armenia	0.00	0.0003	1.25	165.00	0.00003	5.78	7.50	75.00	0.00004	22.07
Conocoto	0.80	0.0003	0.60	24.00	0.00003	0.78	7.20	75.00	0.00004	26.37
Cotogchoa	0.75	0.0003	0.50	45.00	0.00003	0.84	5.25	37.50	0.00004	7.72
Fajardo	0.00	0.0003	1.20	108.00	0.00003	4.52	6.60	42.00	0.00004	13.53
Guangopolo	0.00	0.0003	1.50	75.00	0.00003	3.15	7.50	33.75	0.00004	9.93
La Merced	0.00	0.0003	1.33	60.00	0.00003	1.69	7.00	40.00	0.00004	8.30
Píntag	0.50	0.0003	0.75	105.00	0.00003	2.35	6.75	56.25	0.00004	14.90
Sangolquí	0.06	0.0003	0.83	45.00	0.00003	17.05	5.13	26.88	0.00004	86.23
Tambillo	0.67	0.0003	1.00	40.00	0.00003	0.97	9.00	35.00	0.00004	9.20
Tolóntag	1.00	0.0003	0.00	0.00	0.00003	0.29	3.00	22.50	0.00004	2.77
Yaruquí	0.00	0.0003	1.50	60.00	0.00003	2.47	3.00	22.50	0.00004	2.59
P. Limpieza	0.00	0.0003	0.71	34.29	0.00003	1.25	9.86	32.14	0.00004	22.72
V_{TOTAL} (m³)						50.01	264.99			

Nota: Elaborado por: Mancero Erika, 2020

CONSUMO EN URINARIO			CONSUMO EN INODORO		
N° VECES	V _{URINARIO} (m ³)	V _{TOTAL} (m ³)	N° VECES	V _{INODORO} (m ³)	V _{TOTAL} (m ³)
0.00	0.0019	0.00	2.75	0.0050	23.38
0.00	0.0019	0.00	3.60	0.0050	30.49
0.00	0.0019	0.00	2.75	0.0050	15.07
0.00	0.0019	0.00	4.25	0.0050	23.82
0.00	0.0019	0.00	3.60	0.0050	25.11
0.00	0.0019	0.00	2.50	0.0050	14.01
0.00	0.0019	0.00	3.60	0.0050	25.11
1.50	0.0019	3.19	3.00	0.0044	14.80
0.00	0.0019	0.00	4.33	0.0050	18.35
0.00	0.0019	0.00	3.60	0.0050	20.18
1.54	0.0019	52.34	2.75	0.0044	216.45
0.00	0.0019	0.00	2.33	0.0050	9.74
0.00	0.0019	0.00	1.50	0.0050	8.78
0.00	0.0019	0.00	1.50	0.0050	8.22
2.00	0.0019	7.79	3.60	0.0050	36.88
		63.32			490.39

Nota: Elaborado por: Mancero Erika, 2020

LAVADO DE PISOS				LAVADO DE MOPAS					V TOTAL DE AGUA CONSUMIDA POR COAC (m ³)	
N° VECES	Baldes Utilizados	V _{BALDE} (m ³)	V _{TOTAL} (m ³)	N° VECES	N° Días	N° Baldes	V _{BALDE} (m ³)	V _{TOTAL} (m ³)		
3.00	6	0.012	10.76	2.00	5.00	27.00	0.004	50.90	95.04	
0.00	0	0.012	0.00	3.00	5.00	27.00	0.004	76.35	129.75	
0.00	0	0.012	0.00	2.00	5.00	27.00	0.004	50.90	80.56	
2.00	6	0.012	7.17	2.00	5.00	27.00	0.004	50.90	109.74	
2.00	6	0.012	7.17	2.00	5.00	27.00	0.004	50.90	110.33	
0.00	0	0.012	0.00	3.00	5.00	27.00	0.004	76.35	98.93	
5.00	6	0.012	17.93	2.00	5.00	27.00	0.004	50.90	111.99	
1.00	6	0.012	3.59	3.00	5.00	27.00	0.004	76.35	111.01	
2.00	6	0.012	7.17	2.00	5.00	27.00	0.004	50.90	86.42	
1.00	6	0.012	3.59	3.00	5.00	27.00	0.004	76.35	117.36	
0.00	0	0.012	0.00	12.00	5.14	27.00	0.004	314.12	686.19	
0.00	0	0.012	0.00	3.00	5.00	27.00	0.004	76.35	96.26	
1.00	6	0.012	3.59	3.00	5.00	27.00	0.004	76.35	91.78	
0.00	0	0.012	0.00	3.00	5.00	27.00	0.004	76.35	89.62	
			60.96						1153.95	68.65

Nota: Elaborado por: Mancero Erika, 2020

Anexo 7: Datos Generales del muestreo en campo

Tabla 41

Temperatura de las muestras in situ, en °C

ALANGASÍ	AMAGUAÑA	ARGELIA	ARMENIA	CONOCOTO	COTOGCHOA	FAJARDO	GUANGOPOLO	LA MERCED	PÍNTAG	SANGOLQUÍ	TAMBILLO	TOLÓNTAG	YARUQUÍ
19.7	21.5	20.2	20.1	17.2	19.8	20.3	20.0	19.4	18.2	21.6	17.8	19.3	16.9
20.1	20.0	17.9	19.7	16.4	19.0	19.3	19.8	18.6	19.7	18.4	16.6	18.9	19.9
20.1	18.6	20.1	18.6	19.8	19.9	19.2	19.6	20.7	19.2	19.0	17.3	19.4	20.1
19.2	20.7	21.3	17.8	20.1	20.6	19.6	20.8	20.7	19.9	19.7	16.6	17.7	19.7
20.7	17.5	19.9	17.4	19.9	18.4	19.7	18.3	20.7	18.3	20.9	19.4	18.6	20.4
19.8	17.6	18.9	20.5	19.1	18.2	18.3	20.4	19.3	21.5	20.2	19.4	18.6	17.8
19.5	17.0	18.4	19.6	19.0	19.9	18.3	16.1	18.6	19.2	18.5	18.6	18.1	18.7
21.4	17.9	19.7	17.8	21.4	19.2	19.9	18.8	17.4	17.9	16.7	21.5	19.5	19.9
19.3	20.1	18.8	20.3	18.4	18.3	20.3	19.3	16.7	19.8	19.4	19.0	20.2	17.3
19.1	18.8	17.7	19.8	21.5	20.2	18.8	20.2	17.5	18.5	19.7	20.0	18.1	19.9
20.9	20.3	20.9	16.5	19.1	18.5	20.2	21.2	17.7	18.9	18.9	20.7	18.4	18.4
21.2	17.2	18.0	18.6	17.7	16.9	17.9	19.1	18.1	17.1	18.0	19.0	19.3	19.0
19.3	19.3	18.3	16.7	19.9	19.4	18.5	20.0	18.1	20.0	20.6	18.2	16.8	17.6
19.4	18.4	20.9	18.8	18.5	17.4	19.1	17.9	18.7	18.8	20.6	20.1	18.1	19.1
19.2	19.7	17.3	20.2	19.4	19.3	18.3	19.2	20.7	19.4	18.3	22.3	18.7	19.3

Nota: Elaborado por: Mancero Erika, 2020

Tabla 42*pH de las muestras in situ*

ALANGASÍ	AMAGUAÑA	ARGELIA	ARMENIA	CONOCOTO	COTOGCHOA	FAJARDO	GUANGOPOLO	LA MERCED	PÍNTAG	SANGOLQUÍ	TAMBILLO	TOLÓNTAG	YARUQUÍ
8.2	10.0	9.4	9.1	9.6	9.4	8.6	8.6	8.5	7.8	8.0	9.1	8.5	9.1
9.1	9.2	8.7	9.0	8.9	8.8	9.1	8.9	8.6	8.9	8.8	8.5	9.3	8.4
9.5	9.6	9.0	8.6	9.9	8.0	8.3	8.6	8.6	8.7	8.9	8.9	8.2	9.5
9.3	9.0	8.8	10.1	8.3	8.6	8.3	9.3	8.2	8.8	7.9	8.6	9.1	9.3
8.7	9.9	9.3	9.8	10.0	8.0	8.9	8.6	8.8	8.9	8.1	8.2	8.5	9.4
8.7	8.8	9.6	8.5	8.3	9.0	8.0	8.1	8.3	8.4	8.5	8.0	9.3	9.2
8.7	8.7	8.8	8.6	9.6	9.0	8.3	9.0	8.3	8.6	8.7	9.0	8.9	8.9
9.6	8.0	8.3	8.4	9.1	8.4	8.9	8.5	8.2	9.4	8.3	8.4	8.8	9.3
8.6	8.8	9.0	8.6	9.1	8.1	8.0	8.1	8.3	9.0	8.3	8.5	8.8	8.7
9.3	9.1	9.6	8.5	9.5	8.2	9.1	9.2	9.4	9.0	8.2	8.1	9.1	8.4
9.3	8.1	8.8	8.0	8.9	8.9	8.5	7.9	8.5	8.7	8.6	8.6	7.6	8.9
8.2	9.8	10.1	9.0	10.0	8.6	8.7	8.9	8.3	7.8	7.2	9.0	8.7	9.2
8.6	8.5	9.1	8.3	7.7	9.2	8.9	8.4	8.7	8.9	8.2	8.4	9.8	8.9
9.0	9.8	8.2	8.7	9.5	7.9	7.5	8.4	9.1	9.1	8.4	8.4	9.3	9.3
8.9	9.9	8.4	8.6	8.3	9.1	8.1	8.8	8.1	8.8	8.1	8.4	8.0	8.6

Nota: Elaborado por: Mancero Erika, 2020

Tabla 43*Conductividad de las muestras in situ, en uS/cm*

ALANGASÍ	AMAGUAÑA	ARGELIA	ARMENIA	CONOCOTO	COTOGCHOA	FAJARDO	GUANGOPOLO	LA MERCED	PÍNTAG	SANGOLQUÍ	TAMBILLO	TOLÓNTAG	YARUQUÍ
273	254	237	287	287	245	275	264	296	305	228	233	264	241
272	267	258	290	276	257	273	293	256	258	249	306	271	262
308	269	262	269	273	229	249	227	264	276	243	249	283	244
275	261	277	225	278	287	265	257	263	255	259	293	219	279
316	229	259	255	222	285	245	246	245	247	275	281	281	256
291	274	269	229	270	221	270	277	229	280	274	290	304	244
290	226	259	247	268	306	285	284	247	264	256	244	272	264
257	289	229	299	275	256	250	262	265	288	299	276	294	232
274	279	240	279	294	281	255	272	264	247	228	283	299	273
262	273	269	315	275	247	280	276	285	273	250	304	271	283
256	257	301	243	276	258	249	213	298	247	224	264	267	255
281	248	287	280	288	253	306	265	288	287	251	251	289	262
256	265	251	277	297	232	280	257	249	282	250	259	250	259
285	265	270	232	264	279	289	265	250	274	260	271	255	255
251	218	230	232	278	275	285	282	244	236	227	281	234	241

Nota: Elaborado por: Mancero Erika, 2020

Tabla 44*Turbidez de las muestras in situ, en NTU*

ALANGASÍ	AMAGUAÑA	ARGELIA	ARMENIA	CONOCOTO	COTOGCHOA	FAJARDO	GUANGOPOLO	LA MERCED	PÍNTAG	SANGOLQUÍ	TAMBILLO	TOLÓNTAG	YARUQUÍ
37	50	45	51	54	124	131	120	113	70	134	66	27	50
34	52	47	56	51	126	130	121	116	81	139	64	24	54
35	56	46	57	51	133	134	113	114	71	150	64	25	53
36	49	48	53	49	137	140	123	112	70	147	61	25	53
36	50	47	56	47	126	133	112	114	69	134	63	27	54
37	52	45	60	48	132	143	120	110	82	141	65	21	55
36	53	45	53	49	127	135	113	111	75	131	65	27	51
35	50	46	58	47	128	134	117	111	80	126	60	26	54
39	50	47	60	47	127	133	122	116	71	134	64	29	55
38	55	44	54	51	129	141	124	112	72	151	63	25	59
37	53	48	58	47	125	133	125	116	76	136	65	24	50
36	54	46	57	52	125	140	117	111	81	129	65	29	50
37	52	46	54	48	130	133	122	111	80	130	65	26	55
34	52	47	59	51	129	127	117	114	80	135	61	26	54
38	52	49	57	53	127	137	118	113	79	148	63	27	52

Nota: Elaborado por: Mancero Erika, 2020

Tabla 45*Oxígeno disuelto de las muestras in situ, mg/L*

ALANGASÍ	AMAGUAÑA	ARGELIA	ARMENIA	CONOCOTO	COTOGCHOA	FAJARDO	GUANGOPOLO	LA MERCED	PÍNTAG	SANGOLQUÍ	TAMBILLO	TOLÓNTAG	YARUQUÍ
3.18	3.10	3.24	2.77	3.19	3.03	2.73	2.77	3.11	2.95	2.86	3.30	3.01	2.35
3.25	2.54	2.51	3.05	3.05	3.28	3.55	3.34	3.43	3.06	2.88	2.78	3.18	2.85
2.91	3.53	3.22	3.26	3.33	3.11	3.01	2.99	2.97	2.67	2.96	2.99	3.10	3.32
2.67	2.97	3.53	2.53	2.76	3.19	3.24	2.88	3.11	2.34	3.00	3.00	3.12	3.07
3.25	3.17	2.74	3.20	3.10	3.12	3.27	3.03	3.03	3.07	2.80	2.76	2.88	2.66
3.07	2.75	2.54	2.46	2.88	3.03	3.40	2.80	3.19	3.18	2.63	2.67	3.04	3.36
3.21	3.07	3.04	3.09	2.78	2.84	2.70	3.03	2.70	2.93	3.52	2.49	2.95	3.36
2.33	2.62	3.03	3.22	3.10	3.76	3.61	3.04	2.53	3.12	3.13	2.79	3.06	3.21
2.81	3.18	3.02	2.95	2.65	2.78	3.26	3.46	3.19	3.00	3.14	2.52	3.26	2.76
3.26	3.40	2.76	3.52	3.08	2.27	2.91	3.16	2.80	2.65	2.70	2.79	3.00	2.97
3.01	2.92	2.98	3.12	3.43	2.55	2.93	2.83	3.22	3.59	3.40	3.19	3.27	3.31
3.04	2.99	3.41	2.64	2.97	2.66	2.96	3.01	2.76	2.87	3.19	2.79	2.80	2.55
2.98	2.62	2.83	3.40	2.79	3.70	3.10	2.83	3.28	2.34	2.98	3.38	3.27	2.79
3.54	2.69	2.68	2.75	3.19	3.19	2.95	3.15	2.55	3.07	3.22	2.72	2.80	2.83
3.16	3.34	3.36	3.30	3.18	2.77	2.93	2.93	3.10	3.22	3.22	3.03	3.12	3.30

Nota: Elaborado por: Mancero Erika, 2020

Anexo 8: Análisis en el laboratorio

Figura 13

Medición de oxígeno disuelto en las muestras



Nota: Elaborado por: Mancero Erika, 2020

Figura 14

Medición de la Demanda Química de Oxígeno



Nota: Elaborado por: Mancero Erika, 2020

Figura 15

Muestras de DBO5 en la estufa por 5 días a 20°C



Nota: Elaborado por: Mancero Erika, 2020

Anexo 9: Datos Generales obtenidos en el laboratorio

Tabla 46

Demanda bioquímica de oxígeno a los cinco días en el agua residual de la COAC "Luz del Valle" Ltda. (mg/L)

AGENCIA	N° 1	N° 2	N° 3	N° 4	N° 5	N° 6	N° 7	N° 8	N° 9	N° 10	N° 11
Alangasí	216.16	211.00	207.43	230.44	237.97	251.85	221.71	202.28	207.43	203.40	219.60
Amaguaña	360.45	385.27	341.85	406.63	377.69	321.17	343.91	388.71	416.97	333.60	310.80
Argelia	216.82	267.92	269.35	229.24	250.25	225.41	269.83	232.10	249.29	259.20	244.20
Armenia	284.22	259.96	332.05	342.45	244.71	343.84	313.34	299.47	246.79	244.80	264.00
Conocoto	253.74	227.64	233.04	167.36	161.06	197.95	221.34	166.46	192.55	200.40	208.80
Cotogchoa	359.15	315.82	395.14	431.13	408.36	450.96	320.96	439.20	333.44	411.60	414.60
Fajardo	179.88	266.06	201.97	267.38	231.14	248.38	271.36	222.75	198.88	213.60	208.20
Guangopolo	318.37	349.18	377.51	376.09	356.26	362.28	360.86	383.17	383.17	363.00	325.20
La Merced	462.32	373.60	421.28	406.19	421.28	369.97	474.99	462.92	429.12	424.20	398.40
Píntag	337.15	295.54	301.31	302.52	295.54	322.57	314.37	279.74	287.94	298.80	275.40
Sangolquí	274.58	306.38	247.42	258.77	254.33	313.39	311.02	288.40	288.35	303.40	305.20
Tambillo	155.34	115.68	175.17	163.60	141.01	154.23	151.48	175.72	120.08	130.20	139.80
Tolóntag	707.53	658.00	731.93	592.94	744.50	647.65	633.60	731.93	592.94	626.40	622.80
Yaruquí	548.22	451.32	536.10	576.90	575.63	516.98	452.60	553.95	539.29	546.60	543.00

Nota: Elaborado por: Mancero Erika, 2020

Tabla 47

Demanda química de oxígeno en el agua residual de la COAC "Luz del Valle" Ltda. (mg/L)

AGENCIA	N° 1	N° 2	N° 3	N° 4	N° 5	N° 6	N° 7	N° 8	N° 9	N° 10	N° 11
Alangasí	545	532	523	581	600	635	559	510	523	557	513
Amaguaña	523	559	496	590	548	466	499	564	605	500	437
Argelia	454	561	564	480	524	472	565	486	522	512	544
Armenia	410	375	479	494	353	496	452	432	356	376	359
Conocoto	282	253	259	186	179	220	246	185	214	246	212
Cotogchoa	489	430	538	587	556	614	437	598	454	629	509
Fajardo	407	602	457	605	523	562	614	504	450	493	462
Guangopolo	899	986	1066	1062	1006	1023	1019	1082	1082	1006	936
La Merced	766	619	698	673	698	613	787	767	711	746	624
Píntag	1110	973	992	996	973	1062	1035	921	948	990	901
Sangolquí	385	399	285	290	300	326	313	315	259	338	301
Tambillo	282	210	318	297	256	280	275	319	218	226	266
Tolóntag	957	890	990	802	1007	876	857	990	802	834	856
Yaruquí	860	708	841	905	903	811	710	869	846	818	895

Nota: Elaborado por: Mancero Erika, 2020

Anexo 10: Cálculo de la Huella Hídrica Gris

$$HH\ Gris = \frac{(V_{efluente} \times C_{efluente}) - (V_{afluente} \times C_{afluente})}{C_{m\acute{a}x} - C_{nat}}$$

Huella Hídrica gris para la agencia Alangasí con la DBO₅

$$HH\ Gris_{DBO_5} = \frac{(99.62\ m^3 \times 219.02\ \frac{mg}{L}) - (179.48\ m^3 \times 2.00\ \frac{mg}{L})}{250.00\ \frac{mg}{L} - 8.30\ \frac{mg}{L}}$$

$$HH\ Gris_{DBO_5} = 88.78\ \frac{m^3}{a\tilde{n}o}$$

Huella Hídrica gris para la agencia Alangasí con la DQO

$$HH\ Gris_{DQO} = \frac{(99.62\ m^3 \times 553\ \frac{mg}{L}) - (179.48\ m^3 \times 0.00\ \frac{mg}{L})}{500.00\ \frac{mg}{L} - 13.29\ \frac{mg}{L}}$$

$$HH\ Gris_{DQO} = 113.09\ \frac{m^3}{a\tilde{n}o}$$

Anexo 11: Cálculos del índice de escasez

Calculo para el índice de escasez para la agencia Alangasí en el mes de enero

$$Disponibilidad\ real_{microcuena} = Escorrentía_{microcuena} * 80\%$$

$$Disponibilidad\ real_{microcuena} = 9696655\ m^3 \times 80\%$$

$$Disponibilidad\ real_{microcuena} = 7757324\ m^3$$

$$Requerimiento\ ambiental_{microcuena} = Escorrentía - Disponibilidad\ real$$

$$Requerimiento\ ambiental_{microcuena} = 9696655\ m^3 - 7757324\ m^3$$

$$Requerimiento\ ambiental_{microcuena} = 1939331\ m^3$$

Porcentaje del recurso hídrico dotado a la agencia Alangasí

$$\frac{730\ 000}{6} \cdot \frac{100\ \%}{x} = 0.0008\%$$

Disponibilidad real de agua dotada en la agencia Alangasí

$$Disponibilidad\ real_{Alangasí} = Disponibilidad\ real \times \% \text{ dotación}$$

$$Disponibilidad\ real_{Alangasí} = 7757324\ m^3 \times 0.0008\%$$

$$Disponibilidad\ real_{Alangasí} = 62.06\ m^3$$

Huella Hídrica Azul de la agencia Alangasí para el mes de enero

$$Huella\ Hídrica_{Alangasí} = HH\ Azul \times \frac{\text{Número de días del mes de enero}}{\text{Número de días del año 2019}}$$

$$Huella\ Hídrica_{Alangasí} = 78.97\ m^3 \times \frac{31}{365}$$

$$Huella\ Hídrica_{Alangasí} = 6.78\ m^3$$

Sostenibilidad de la HH Azul para la agencia Alangasí en el mes de enero

$$\text{Sostenibilidad } HH_{Azul} = \frac{HH_{(mensual)}}{\text{Disponibilidad real}}$$

$$\text{Sostenibilidad } HH_{Azul} = \frac{6.78 \text{ m}^3}{62.06 \text{ m}^3}$$

$$\text{Sostenibilidad } HH_{Azul} = 0.109 \text{ m}^3$$

∴ el índice de escasez para el mes de enero en la agencia Alangasí es bajo

Anexo 12: Caudal de fugas de agua

Tabla 48

Caudal de orificios circulares con una presión de 50 m

	Orificio		Caudal de la fuga		
	(mm)	(L/min)	(L/hora)	(L/día)	(L/mes)
•	0.5	0.33	20.00	0.48	14.40
↓	1.0	0.97	58.00	1.39	41.60
	1.5	1.82	110.00	2.64	79.00
	2.0	3.16	190.00	4.56	136.00
	3.0	8.15	490.00	11.75	351.00
	4.0	14.80	890.00	21.40	640.00
	5.0	22.30	1340.00	32.00	690.00
○	6.0	30.00	1800.00	43.20	1300.00
	7.0	39.30	2360.00	56.80	1700.00

Nota: Elaborado por: Mancero Erika, 2020

Anexo 13: Relación DBO₅/DQO

Tabla 49

Relación DBO₅/DQO en el agua residual de la COAC "Luz del Valle" Ltda.

AGENCIA	N° 1	N° 2	N° 3	N° 4	N° 5	N° 6	N° 7	N° 8	N° 9	N° 10	N° 11
Alangasí	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
Amaguaña	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7
Argelia	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.4
Armenia	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7
Conocoto	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.8	1.0
Cotogchoa	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.8
Fajardo	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.5
Guangopolo	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.3
La Merced	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6
Píntag	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
Sangolquí	0.7	0.8	0.9	0.9	0.8	1.0	1.0	0.9	1.1	0.9	1.0
Tambillo	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.5
Tolóntag	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.8	0.7
Yaruquí	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.7	0.6

Nota: Elaborado por: Mancero Erika, 2020

Anexo 14: Datos de precipitación de las estaciones meteorológicas

Tabla 50

Datos de precipitación de las estaciones meteorológicas, (mm)

ESTACION	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
La Tola	59.70	105.20	194.10	105.80	27.20	11.50	5.10	7.10	20.30	87.80	125.40	95.80
Izobamba	121.70	193.80	226.30	146.10	97.50	19.70	25.70	5.10	31.80	151.10	176.90	123.30
Campo Alegre	52.50	83.90	71.50	69.00	99.30	27.80	37.80	28.20	23.60	71.60	75.80	83.10
Iñaquito	41.80	136.00	189.40	156.30	69.70	18.40	11.80	15.10	36.70	59.60	139.00	122.30
Quito Aeropuerto- Parque	61.90	141.20	131.50	120.40	73.30	8.40	18.70	13.55	39.80	56.20	200.70	113.70
Politécnica Salesiana	85.10	141.10	208.40	142.40	47.50	25.20	12.50	18.85	28.00	112.10	125.00	102.30

Nota: Elaborado por: Mancero Erika, 2020