

**CAUSAS Y FACTORES DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL MUNICIPIO DE OSPINA:
HUELLA HÍDRICA**

**CAUSAS Y FACTORES DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL MUNICIPIO DE
OSPINA: HUELLA HÍDRICA**

JEIMY LILIANA NASMUTA CARVAJAL

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO.
FACULTAD DE CIENCIAS HUMANAS.
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFÍA.
SAN JUAN DE PASTO
2022**

**CAUSAS Y FACTORES DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL MUNICIPIO DE OSPINA:
HUELLA HÍDRICA**

**CAUSAS Y FACTORES DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL MUNICIPIO DE
OSPINA: HUELLA HÍDRICA**

**JEIMY LILIANA NASMUTA CARVAJAL
ASESOR: PHD. JULIÁN ALBERTO RENGIFO RENGIFO**

**MODALIDAD: INVESTIGACIÓN (TESIS)
TRABAJO DE GRADO PRESENTADO COMO REQUISITO PARA OPTAR AL
TÍTULO DE GEÓGRAFA**

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: CUENCAS HIDROGRÁFICAS
GRUPO DE INVESTIGACIÓN: GEOCUENCA**

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO.
FACULTAD DE CIENCIAS HUMANAS.
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFÍA.
SAN JUAN DE PASTO
2022**

CAUSAS Y FACTORES DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL MUNICIPIO DE OSPINA:
HUELLA HÍDRICA

Nota de Responsabilidad

Las ideas y conclusiones aportadas en este Trabajo de Grado son Responsabilidad de los autores.

Artículo 1 del Acuerdo No. 324 de octubre 11 de 1966, emanado por el Honorable Concejo Directivo de la Universidad de Nariño.

CAUSAS Y FACTORES DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL MUNICIPIO DE OSPINA:
HUELLA HÍDRICA

Nota de Aceptación:

Firma del Presidente del Jurado

Firma del Jurado

Firma del Jurado

CAUSAS Y FACTORES DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL MUNICIPIO DE OSPINA: HUELLA HÍDRICA

Agradecimientos

“No hay mejor profesor que el que cree en sus alumnos”

Agradezco infinitamente a mi asesor Phd. Julián Alberto Rengifo Rengifo, por guiarme en el desarrollo y culminación de este trabajo de grado, por su dedicación, paciencia y apoyo. Sus enseñanzas quedarán plasmadas para siempre en mi vida y ayudarán a forjar mi futuro como una gran profesional.

A la comunidad en general del municipio de Ospina por brindarme su colaboración y ayuda en el transcurso de la investigación.

A mi gran amigo Ko Ky, gracias cariño mío por tu constante apoyo, por tus regaños y tu ayuda incondicional, gracias por ser mi moral y mi ancla, por estar para mí cuando más te necesito. Te quiero un montón

CAUSAS Y FACTORES DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL MUNICIPIO DE OSPINA: HUELLA HÍDRICA

Dedicatoria.

Quizá esta es la parte más difícil de este trabajo, no es fácil sacar a flote los sentimientos y expresar lo que siento; quiero dedicarle este trabajo al pilar más fundamental de mi vida, Mi Familia.

A mi padre, un nariñense fuerte e inteligente, quien día a día ha formado a sus hijos con esfuerzo y dedicación, gracias por inculcar en nosotros el valor de la responsabilidad y la honestidad, por enseñarnos a no doblegarnos ante ninguna adversidad.

A mi madre, una santandereana luchadora y amorosa, quien llegó a estas tierras nariñenses por amor a su familia, gracias mamá por tu ayuda, consejos y dedicación para con nosotros, siempre serás nuestro motor en este mundo.

A mis hermanas Lizeth y Yuri por apoyarme en mis proyectos y locuras. Por demostrarme que nada en este mundo nos quedará difícil si estamos juntas. Por ser mí mejor equipo en la lucha diaria y por entregarme su amor y comprensión.

A mí héroe y amor de mi vida, te amo infinitamente. Mi negro siempre serás el orgullo de esta familia, gracias por demostrarme que a los Nasmuta Carvajal no nos queda nada grande, que somos capaces de lograr todo lo que nos proponemos y que no importa estar lejos, el amor de familia siempre nos acompañará.

A mi perrita Alaska la bebé de la casa.

A la desgracia de mi vida

- Por enseñarme que después de un final siempre hay un comienzo.
 - Por enseñarme que todo lo malo tiene una pizca de bueno
 - Por enseñarme que no todo lo que uno quiere se puede tener.
- Y sobre todo por enseñarme que NO TODAS LAS DESGRACIAS SON MALAS.

CAUSAS Y FACTORES DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL MUNICIPIO DE OSPINA: HUELLA HÍDRICA

Resumen.

El recurso hídrico, debe de ser considerado como esencial para el desarrollo de las actividades socioeconómicas, el bienestar de una población y el correcto funcionamiento de los ecosistemas de un territorio, de ahí la importancia de ejercer control sobre la planificación encaminada a la conservación y cuidado de las fuentes hídricas, para establecer parámetros de control sobre la calidad del agua que consume una comunidad, y así mitigar los riesgos asociados a las condiciones y características del recurso hídrico.

En la actualidad, el modelo de desarrollo está encaminado a la sobreexplotación de los recursos naturales y la degradación del ambiente, el objetivo primordial de los entes territoriales deberá de estar enfocado en ejercer vigilancia y control a estos factores y generar una economía sostenible y amigable con el medio ambiente, que no genere sobrecarga y se impida el deterioro paulatino de los ecosistemas de cuencas hidrográficas.

De esta forma, es importante que se generen investigaciones enfocadas a generar indicadores de uso y disponibilidad del recurso hídrico, para evaluar las presiones e impactos que se general sobre el agua derivada de las actividades socioeconómicas que se desarrollan en un territorio, factores que se los medirán calculando la huella hídrica.

El objetivo general de esta investigación está enfocado en la determinación de causas y factores de calidad del agua para el municipio de Ospina, en donde se presenta un índice de riesgo alto, el cual se ve condicionado por la deterioro del medio ambiente, derivado principalmente de las actividades agrícolas y ganaderas que generan la degradación del recurso hídrico, a esto se le suman las bajas condiciones de potabilización de agua y la inexistencia de mecanismos de control de vertimientos de residuos directos sobre las fuentes hídricas.

CAUSAS Y FACTORES DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL MUNICIPIO DE OSPINA: HUELLA HÍDRICA

Abstrac.

Water resources must be considered essential for the development of socioeconomic activities, the welfare of a population and the proper functioning of the ecosystems of a territory, hence the importance of exercising control over planning, aimed at the conservation and care of water sources and establishing control parameters on the quality of water consumed by a community, in order to mitigate the risks associated with the conditions and characteristics of water resources.

At present, the development model is aimed at overexploitation of natural resources and environmental degradation; the primary objective of the territorial entities should be focused on monitoring and controlling these factors and generating a sustainable and environmentally friendly economy that does not generate overload and prevent the gradual deterioration of watershed ecosystems.

Thus, it is important to generate research focused on generating indicators of water resource use and availability, in order to evaluate the pressures and impacts on water derived from the socioeconomic activities developed in a territory. These factors will be measured by calculating the water footprint.

The general objective of this research is focused on the determination of causes and factors of water quality for the municipality of Ospina, where there is a high risk index, which is conditioned by the deterioration of the environment, mainly generated by the practice of agricultural and livestock activities that generate the degradation of the water resource, to this is added the low conditions of water purification and the lack of control mechanisms for direct waste dumping on water sources.

CAUSAS Y FACTORES DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL MUNICIPIO DE OSPINA: HUELLA HÍDRICA

Tabla de Contenido

Resumen.....	7
Introducción.....	16
1. Formulación del problema.....	18
1.2. Descripción del problema.....	18
2. Justificación.....	21
3. Objetivos.....	22
3.1. Objetivo General	22
3.2. Objetivos Específicos.....	22
4. Antecedentes.....	23
5. Localización y descripción del área de estudio	26
6. Marco conceptual.....	28
6.1. Huella Hidrológica	28
6.1.2. Huella Hídrica Azul.....	28
6.1.3. Huella Hídrica Verde.....	28
6.1.4. Huella Hídrica gris.....	29
6.1.5. Huella Hídrica total	30
5.2. Cuenca Hidrográfica	30
5.3. Calidad del Agua.....	31
5.3.1. Contaminación del agua.	31
6.3.2. Contaminación por actividades ganaderas.	31
6.3.3. Contaminación por actividades agrícolas.....	32
6.3.4. Contaminación por uso del recurso hídrico por parte de las industrias.....	32
7. Marco Normativo	33
8. Metodología.....	35
8.1. FASE 1: Diagnóstico del estado actual de las fuentes de captación de agua de los siete acueductos del municipio de Ospina.....	35
8.1.2. Actividad 1: Información preliminar de las características de las microcuencas.....	35
8.1.3. Actividad 2: Trabajo de campo	35
8.1.4. Actividad 3: Caracterización de tipos de potabilización de agua.....	35
8.1.5. Actividad 4: Sistematización de Información	35
8.1.6. Actividad 5: Elaboración de Cartografía base.....	35
8.2. FASE 2: Caracterización de las actividades socioeconómicas y usos del recurso hídrico en las microcuencas abastecedoras de los acueductos del municipio.....	36
8.2.1 Actividad 1: Recolección de información secundaria	36

CAUSAS Y FACTORES DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL MUNICIPIO DE OSPINA: HUELLA HÍDRICA

8.2.2. Actividad 2: Trabajo de Campo.....	36
8.2.3. Actividad 3: Sistematización de Información.	36
8.2.4. Actividad 4: Elaboración de Cartografía.....	36
8.2. FASE 3: Determinación de la Huella Hídrica.....	36
8.3.1 Actividad 1: Identificación y priorización de información	37
8.3.2. Actividad 2: Cuantificación de la huella hídrica.	37
9. Diagnóstico del estado actual de las fuentes de captación de agua de los siete acueductos del municipio de Ospina.	40
9.1. Hidrología.....	40
9.1.1. Microcuenca Quebrada Cunchila	40
9.1.2. Microcuenca La Chorrera.....	43
9.2. Caracterización de tipos de potabilización de agua	47
9.2.1. Bocatomas	47
9.2.2. Sistemas de potabilización de agua.	48
9.2. Características de los acueductos municipales.....	50
9.3. Índices de riesgo de calidad del agua.	51
9.3.1. Características de los acueductos del municipio de Ospina.	52
9.3.1.1. Acueducto Regional.	52
9.3.1.2. Acueducto Las Lomas.	53
9.3.1.3. Acueducto San Isidro – La Florida.....	54
9.3.1.4. Acueducto Cuadquiran.	55
9.3.1.5. Acueducto de Nariño.....	55
9.3.1.6. Acueducto de San Vicente.....	56
9.3.1.7. Acueducto Área Urbana.	57
10. Actividades socioeconómicas y usos del recurso hídrico en las microcuencas abastecedoras de los acueductos del municipio.....	59
10.1. Sector Agrícola.....	59
10.2. Sector pecuario.....	60
10.3. Interpretación de la comunidad sobre su territorio.....	62
10.4. Cobertura y uso del Suelos	63
10.4.1. Uso y cobertura del suelo rural.....	63
10.3.1.2. Clasificación agrológica.	65
10.3.1.3. Conflicto de uso del suelo:.....	69
11. Huella hídrica.....	70
11.1. Sector agrícola	70

CAUSAS Y FACTORES DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL MUNICIPIO DE OSPINA: HUELLA HÍDRICA

11.1.1. Datos requeridos por el CROPWAT 8.0	71
11.2. Determinación de huella hídrica	72
11.2.1. Módulo de Clima	72
11.2.2. Módulo precipitación.....	73
11.2.3. Módulo de cultivo.....	74
11.2.4. Módulo suelo	75
11.2.5. Requerimiento del agua del cultivo.	76
11.3. Cuantificación de la huella hídrica Sector Agrícola.....	77
11.3.1. Huella hídrica verde.....	78
11.3.2. Huella hídrica azul.....	81
11.3.3. Huella Hídrica Gris.....	84
11.3.4. Huella hídrica total	88
11.2. Huella hídrica Sector Pecuario	89
11.2.1. Huella hídrica alimento:	89
11.2.2. Huella hídrica de consumo:	91
11.2.3. Huella hídrica gris.	91
11.2.4. Total huella hídrica sector pecuario.....	92
11.3. Huella hídrica Sector Industria.....	92
11.3.1. Huella Hídrica Azul:.....	93
11.3.2. Huella hídrica gris:	93
11.3.3. Huella hídrica total.	94
11.4. Total huella hídrica en el municipio.....	94
12. Discusión y conclusiones.....	96
13. Recomendaciones.....	98
14. Bibliografía	99
Anexos	101

CAUSAS Y FACTORES DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL MUNICIPIO DE OSPINA:
HUELLA HÍDRICA

Lista de Tablas

Tabla 1 <i>Parámetros morfométricos microcuenca Cunchila</i>	41
Tabla 2. <i>Parámetros morfométricos microcuenca Cunchila</i>	44
Tabla 3 <i>Concesiones de aguas acueductos Ospina</i>	47
Tabla 4 <i>Tipo de tecnologías de tratamiento para agua potable</i>	49
Tabla 5 <i>Índice de riesgo de calidad del agua por acueducto</i>	51
Tabla 6. <i>Análisis características físico químicas y microbiológicas Acueducto Regional</i>	52
Tabla 7. <i>Análisis características físico químicas y microbiológicas Acueducto Las Lomas</i>	53
Tabla 8. <i>Análisis características físico químicas y microbiológicas Acueducto San Isidro-La Florida</i>	54
Tabla 9. <i>Análisis características físico químicas y microbiológicas Acueducto Cuadquiran</i>	55
Tabla 10 <i>Análisis características físico químicas y microbiológicas Acueducto Nariño</i>	56
Tabla 11. <i>Análisis características físico químicas y microbiológicas Acueducto San Vicente</i>	57
Tabla 12. <i>Análisis características físico químicas y microbiológicas Acueducto Área Urbana</i>	58
Tabla 13. <i>Cultivos existentes en Ospina</i>	60
Tabla 14. <i>Distribución del ganado por edades y sexo en Ospina</i>	61
Tabla 15. <i>Cantidad de leche producida en Ospina</i>	61
Tabla 16 <i>Etapas de crecimiento cultivos</i>	71
Tabla 17. <i>Datos climatológicos estación el Paraíso Túquerres año 2020</i>	72
Tabla 18. <i>Datos mensuales de precipitación para el año 2020, en el municipio de Ospina</i>	73
Tabla 19. <i>Datos requeridos por CROPWAT para el módulo cultivo</i>	74
Tabla 20 <i>Datos requeridos por CROPWAT para el módulo cultivo</i>	74
Tabla 21 <i>Datos requeridos por CROPWAT para el módulo cultivo</i>	75
Tabla 22. <i>Huella hídrica verde por cultivo</i>	80
Tabla 23 <i>Huella hídrica azul por cultivo</i>	83
Tabla 24 <i>Clasificación de agroquímicos utilizados por cultivo</i>	84
Tabla 25 <i>Huella hídrica gris por cultivo</i>	87
Tabla 26 <i>Agua consumida por categorías de ganado bovino</i>	91
Tabla 27 <i>Total huella hídrica gris sector pecuario</i>	92
Tabla 28 <i>Agua utilizada en el lavado y desinfección de artículos en el procesamiento de lácteos</i>	93
Tabla 29 <i>Parametros permisibles de vertimientos en una procesadora de lacteros</i>	93

CAUSAS Y FACTORES DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL MUNICIPIO DE OSPINA:
HUELLA HÍDRICA

Lista de Figuras.

Figura 1 <i>Forma microcuenca Cunchila</i>	42
Figura 2 <i>Perfil Cauce Principal Quebrada Cunchila</i>	43
Figura 3 <i>Curva hipsométrica, quebrada Cunchila</i>	43
Figura 4 <i>Forma microcuenca La Chorrera</i>	45
Figura 5 <i>Perfil cauce principal quebrada La Chorrera</i>	46
Figura 6 <i>Curva hipsométrica, quebrada La Chorrera</i>	46
Figura 7 <i>Análisis parámetros físico químicos y microbiológico</i>	59
Figura 8 <i>Módulo clima CROPWAT</i>	72
Figura 9 <i>Módulo precipitación CROPWAT</i>	73
Figura 10. <i>Módulo cultivo CROPWAT</i>	75
Figura 11 <i>Módulo suelos CROPWAT</i>	76
Figura 12 <i>Requerimiento del agua del Cultivo</i>	77
Figura 13 <i>Programación de riego para los pasto CROPWAT</i>	90

CAUSAS Y FACTORES DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL MUNICIPIO DE OSPINA:
HUELLA HÍDRICA

Lista de gráficas.

Gráfica 1 <i>Huella hídrica verde por hectárea sembrada.</i>	80
Gráfica 2 <i>Huella hídrica azul por hectárea sembrada.</i>	83
Gráfica 3 <i>Total huella hídrica gris por cultivo.</i>	88
Gráfica 4 <i>Total Huella hídrica por cultivo.</i>	89
Gráfica 5 <i>Huella hídrica pecuaria.</i>	92
Gráfica 6 <i>Total huella hídrica industria para el municipio de Ospina.</i>	94
Gráfica 7 <i>Total huella hídrica Ospina</i>	95

CAUSAS Y FACTORES DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL MUNICIPIO DE OSPINA: HUELLA HÍDRICA

Lista de Siglas

CEPAL: La Comisión Económica Para América Latina.

EOT: Esquema de Ordenamiento Territorial.

FAO: La Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.

IDEAM: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia.

IDSN: Instituto Departamental de Salud de Nariño.

IGAC: Instituto Geográfico Agustín Codazzi.

IRCA: Índice de Riesgo de Calidad del Agua.

PGAR: Plan de Gestión Ambiental Regional.

PGIRS: Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos.

PUEEA: Programa de Uso Eficiente y Ahorro de Agua.

UNESCO: Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura.

CAUSAS Y FACTORES DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL MUNICIPIO DE OSPINA: HUELLA HÍDRICA

Introducción.

La Constitución Política de Colombia establece como uno de los fines principales del Estado, la solución de las necesidades básicas insatisfechas, entre las que se encuentra el acceso a agua de calidad, fundamental para la vida humana y el desarrollo de todas las actividades económicas y sociales. Esta investigación inicia con la identificación de una problemática en el municipio de Ospina Nariño, donde la calidad del agua para el consumo humano presenta un alto índice de riesgo, centrándose en identificar las causas y factores que generan estas características en el recurso hídrico, encaminado, principalmente al estudio de las microcuencas abastecedoras de los acueductos, el análisis de las actividades socioeconómicas de los pobladores sobre el territorio y la identificación de la huella hídrica como indicador de la cantidad de agua consumida y contaminada en el municipio.

En este documento encontrará, primero, la formulación y descripción del problema que se identificó a partir del análisis de la situación actual que presenta el recurso hídrico en el municipio, se reseña de manera objetiva la realidad y se señalan las características y acontecimientos del problema de investigación; en seguida, la justificación, en donde se relata la importancia de realizar el proyecto, tanto para el desarrollo de las actividades socioeconómicas de la comunidad y su salud, como para la conservación y protección de las fuentes hídricas del municipio.

Más adelante, se plantean los objetivos de la investigación, general y específicos, estos contribuirán a la solución del problema, ya que serán la herramienta de trabajo para cumplir con el propósito principal de la investigación. Este proceso de investigación se desarrollará con el objetivo de determinar las causas y factores de la calidad del agua del municipio de Ospina, así pues, el reto es identificar qué particularidades del área de estudio permiten las características propias del recurso hídrico.

A continuación, se presenta la descripción del área de estudio, aquí, se relata las generalidades del municipio y sus características hidrológicas, se encontrarán la cartografía base en cuanto a la división política y las microcuencas abastecedoras del municipio. En el capítulo siguiente, se exponen los antecedentes de la investigación, estos se clasifican en internacional y nacional, los cuales han permitido conocer investigaciones realizadas anteriormente por autores, que servirán como contexto y referencia para guiar el tema de la investigación.

Seguido a esto, se encontrará el marco conceptual; contiene los conceptos necesarios para abordar la investigación, la función principal de este capítulo radica en ordenar la información y clasificarla según la importancia que tiene para dicho trabajo, se abordan los temas relacionados con cuencas hidrográficas, calidad del agua y contaminación, además, se explica el término de huella hídrica y su importancia con la identificación de causas y factores que generan las actividades socioeconómicas sobre la utilización del recurso hídrico.

Después, el marco legal de la investigación, en donde se sustentan los requisitos legales aplicables de la normatividad vigente colombiana, que reglamentan la calidad del agua tanto para el consumo humano como su utilización en las diferentes actividades que se realizan dentro de un área geográfica determinada. Estas leyes, decretos o reglamentaciones son la base para la sustentación y la solución del problema de investigación planteado anteriormente.

Posteriormente, la metodología de investigación, realizada con base a los objetivos específicos, determinados como las fases del proyecto y cada uno de ellos conlleva unas actividades precisas que contribuirán a la solución de los objetivos específicos y por ende al cumplimiento del objetivo general y la solución al problema de investigación. La metodología planteada contiene el aporte de autores, los cuales sirven como base para llevar a cabo el desarrollo del proyecto.

CAUSAS Y FACTORES DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL MUNICIPIO DE OSPINA: HUELLA HÍDRICA

Más adelante, se encuentra el diagnóstico del estado actual de las microcuencas abastecedoras de los acueductos del municipio, en donde se relata la importancia de la preservación y conservación de estos ecosistemas estratégicos para el municipio de Ospina; se hace una caracterización de los tipos de potabilización identificando los principales riesgos asociados al mal estado de estos. Más adelante, se relata las actividades socioeconómicas y el uso del recurso hídrico en el área de estudio haciendo énfasis en los suelos y los conflictos relacionados con el uso de los mismos.

Por último, se lleva a cabo la determinación y cuantificación de la huella hídrica para cada uno de los sectores socioeconómicos propios del área de estudio, realizando cálculos matemáticos para identificar la cantidad de agua utilizada en cada uno de los procesos. Se identifican la huella hídrica verde, azul y gris en cada uno de los sectores priorizados dentro de esta investigación, seguido a esto se encuentran las conclusiones y recomendaciones generadas por parte de este estudio.

CAUSAS Y FACTORES DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL MUNICIPIO DE OSPINA: HUELLA HÍDRICA

1. Formulación del problema

¿Cuáles son las causas y factores que influyen en la calidad del agua para el municipio de Ospina Nariño bajo los lineamientos del concepto de huella hídrica?

1.2. Descripción del problema

El municipio de Ospina posee 8 microcuencas, que abastecen los acueductos rurales y urbanos, la mayoría de estos afluentes nacen en la estrella hídrica del páramo de Paja Blanca y pertenecen a la Subcuenca del Río Sapuyes, que a su vez forma parte de la cuenca del Río Guaitara. Si bien, cuantitativamente el municipio cuenta con gran cantidad de redes hídricas, cualitativamente a excepción de 3 microcuencas, no representan caudales importantes ni sostenibles para el abastecimiento humano (EOT, 2004-2015), esto debido al deterioro paulatino de las mismas, principalmente por el cambio de la cobertura vegetal aguas abajo de los afluentes y la alta intervención antrópica que existe sobre las hectáreas que tiene jurisdicción el municipio sobre el páramo de Paja Blanca.

Dentro de las áreas de páramo del municipio, es evidente encontrar las modificaciones del uso de suelo por las actividades propias de los pobladores de esta zona, esto ha provocado una gran pérdida de la biodiversidad de las especies y la disminución del caudal y calidad de la fuente hídrica, según el Plan de Gobierno (2016-2019), actualmente en esta zona se definen tres coberturas del suelo; agrícola, pecuario y en una menor cantidad coberturas de bosque alto andino denso y fragmentado, subpáramo y páramo, es importante mencionar que la zona más deforestada del páramo de Paja Blanca se encuentra dentro del poco espacio que tiene jurisdicción el municipio, cuya frontera agrícola ya ha superado los 3.000m.s.n.m, disminuyendo y contaminado los caudales de las fuentes hídricas.

El Plan de ahorro y uso eficiente del agua (2016-2020), (PUEEA) determina, que en las microcuencas abastecedoras de los acueductos la vegetación es muy poca y existen algunos fragmentos de bosques plantados de Eucalipto y pino, que se utilizan para leña. La fauna silvestre alrededor de las microcuencas es escasa debido a la presión que ejercen las comunidades en el medio natural. De igual manera, el Plan de gestión integral de residuos sólidos de Ospina (PGIRS 2016-2020) establece que la contaminación de las fuentes hídricas en el municipio es notoria, principalmente en la reducción de los caudales y más evidente en los puntos de vertimiento de aguas residuales de los asentamientos tanto del área urbana como las diferentes veredas que no poseen sistema de alcantarillado.

Otros factores esenciales para este estudio, es el índice de riesgo de calidad del agua (IRCA) a nivel urbano y rural y los sistemas relacionados con la desinfección y tratamiento de agua potable para el consumo humano. Estos factores aumentan el riesgo al que están expuestos los habitantes de Ospina, el plan de gestión ambiental regional de CORPONARIÑO (PGAR 2016-2036) indica que el IRCA en Ospina, presenta un riesgo alto, puesto que el agua no cumple con los valores permisibles de los parámetros fisicoquímicos que deben cumplir las aguas aptas para el consumo humano, establecidos en la resolución 2115 de 2007 y el decreto 1575 de 2007.

Según el Estudio Nacional del agua (IDEAM, 2014), Ospina es uno de los municipios a nivel nacional que tiene un reporte por encima del 50% de organofosforados, compuesto químico derivado de los fungicidas e insecticidas, los cuales están generando daño a los ecosistemas hídricos, este derivado de las actividades agropecuarias que se generan en el municipio.

El renglón principal de la economía del municipio se centra en las actividades agropecuarias, este es deficiente y débil, se caracteriza por ser tradicional, de subsistencia y dependista de insumos, lo que contribuyen al deterioro de las fuentes hídricas condicionando la calidad de la misma, de ahí la importancia de evaluar y analizar las consecuencias de la utilización del recurso

CAUSAS Y FACTORES DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL MUNICIPIO DE OSPINA: HUELLA HÍDRICA

hídrico en estas actividades socioeconómicas, factor que se mide a través del indicador de huella hídrica, el cual, contribuirá al análisis de las relaciones causa-efecto a nivel socio-ambiental permitiendo identificar impactos sobre el recurso hídrico a causa de los hábitos de consumo de las poblaciones en ubicaciones geográficas específicas. Además, el indicador de huella hídrica permitirá determinar factores de escasez o contaminación del agua y analizar escenarios de mejora de la gestión del recurso hídrico, determinando causas y factores de la calidad del agua.

Sumado a lo anterior, el municipio no cuenta con un sistema de información continuo y sectorial de uso del agua para el desarrollo de las actividades socioeconómicas y tampoco se tiene registros históricos del agua usada de las fuentes, factor que hace referencia a la demanda del recurso. Según del diccionario UNESCO, este factor determina “las cantidades de agua previstas para su distribución a los usuarios en períodos de tiempo determinados para usos específicos” (p.382), lo que impide no poder cuantificar y optimizar la demanda del agua con el fin de fomentar la gestión integral del recurso y desarrollar planes de uso eficiente y ahorro de agua dentro del municipio.

También se debe analizar la continuidad del servicio como factor, las comunidades deben de tener acceso a una cantidad mínima de agua potable al día y el servicio deberá de ser continuo las 24 horas y los 365 días del año, para ello se ve necesario el estudio de continuidad en todo el municipio para determinar si el acceso al servicio es total. En el Plan de Gobierno municipal (2016-2019), se afirma que los acueductos se ven amenazados en un 60% en épocas del año por fenómenos climáticos como el fenómeno del Niño que afectan la disponibilidad del recurso.

De lo anterior se deduce que para satisfacer las exigencias que debe cumplir el agua para consumo humano, se deben tener en cuenta factores relacionados con la degradación de las fuentes abastecedoras, el deterioro de los ecosistemas, la calidad de los sistemas de potabilización y el cambio climático. Las fuentes hídricas son afectadas por prácticas derivadas de las actividades humanas como el uso de agroquímicos y pesticidas en cultivos y pastizales, el mal manejo de residuos sólidos, el pastoreo intensivo, el inadecuado manejo de aguas residuales, entre otras prácticas asociadas al uso y aprovechamiento del recurso hídrico. Estas actividades afectan enormemente la calidad y cantidad del agua, causan daños en la salud pública y perjudican el sistema ecológico acuático, (Arias, Bejarano y Zafra, 2014) de ahí la importancia de generar acciones inmediatas enfocadas al control y mejoramiento de las condiciones del agua para evitar que por la contaminación se limite la disponibilidad de este recurso hídrico.

El agua potable apta para consumo humano, uso doméstico e higiene personal, no deberá generar riesgos en los consumidores, la forma más eficaz de garantizar que el agua no presente ningún tipo de riesgo para la salud, es elaborar estudios de calidad del agua que permita evaluar los componentes del sistema de abastecimiento, desde la fuente de captación hasta la llegada del líquido al último usuario, para logra; mitigar el riesgo y garantizar el suministro de agua apta para el consumo humano. (World Health Statistics, [WHO], 2001). El área de estudio adolece de este tipo de análisis, en donde se involucre la calidad del agua con los factores del entorno, por esta razón no se ha interpretado realmente los elementos o componentes que afectan la calidad del recurso y que están generando la contaminación, disminución y disponibilidad del agua, de ahí la importancia de analizar la relación del agua con las actividades propias de las comunidades asentadas sobre las microcuencas del municipio de Ospina.

El recurso hídrico representa uno de los elementos más significativos para el desarrollo de las comunidades y sobre todo para su sostenimiento. Es por esto, que las microcuencas representan el factor más importante a tener en cuenta en la planificación de un territorio y de una región en general, en razón de esto depende que el recurso se mantenga y siga surtiendo las necesidades de las poblaciones que habitan estas microcuencas (Secretaría General Organización de los Estados

CAUSAS Y FACTORES DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL MUNICIPIO DE OSPINA: HUELLA HÍDRICA

Americanos Washington, D.c. [OEA],1978), para el municipio de Ospina como se mencionó anteriormente, la escasa o nula existencia de planes, programas o proyectos encaminados a la conservación de las fuentes hídricas, por parte de la entidad territorial, han ocasionado que no haya planificación territorial en torno a las fuentes hídricas, lo cual ha impedido que exista una relación fructífera entre hombre-naturaleza, impedido identificar la verdadera problemática que se relaciona alrededor de las fuentes hídricas, para ello es considerable que dentro del municipio se realice una equilibrada planificación, en donde se reconozcan los cauces y los elementos de la biodiversidad biológica, permitiendo disminuir los factores de riesgo de la calidad para que se pueda gozar de aguas aptas para el consumo humano.

2. Justificación

La importancia que tiene la conservación de los recursos naturales ha despertado en la sociedad la búsqueda de soluciones para cuidarlos y recuperarlos con el fin de que sean aprovechados. El agua es un recurso de vital importancia en la vida del hombre por lo que su conservación debe ser uno de los principales objetivos de la población. El recurso tiene un doble valor, es un elemento del ecosistema y es el regente de las actividades sociales y económicas de una sociedad, su calidad y escasez es una problemática que afecta la producción de alimentos, la salud, la estabilidad política y social.

La calidad del agua es afectada por el uso del suelo en las microcuencas, debido a que la agricultura, la industria, la urbanización y la deforestación representan las principales fuentes de contaminación puntual y difusa de las fuentes hídricas, elementos que pueden estar reflejados por el cambio del uso del suelo en la parte alta del municipio y a las riberas de las microcuencas, favoreciendo la disponibilidad del servicio y por ende la calidad del mismo.

Uno de los factores que justifica la realización del estudio está centrado en analizar y determinar el estado actual de las microcuencas del municipio y su relación con las actividades socioeconómicas de los pobladores, pues en épocas de sequía, algunos de los afluentes desaparecen en su totalidad; trayendo consigo dificultad de disponibilidad, calidad y cantidad del recurso a nivel municipal, lo que genera un desabastecimiento y el aumento de la problemática en torno al recurso hídrico.

La falta del accionar gubernamental y la pobreza de los agricultores, se constituyen en el factor más importante dentro de la compleja situación agropecuaria; esto deriva en la falta de asistencia técnica y económica para los campesinos; ya que ellos subsisten a través de una agricultura regular y de comercialización, los productores viven en condiciones no equitativas de tenencia de tierras, generando una agricultura de subsistencia, dejando consigo la alteración y la insostenibilidad de sus sistemas de producción.

Es fundamental que se realicen investigaciones con base a las microcuencas hidrográficas en el municipio, que permitan la identificación de problemáticas sumidas a la calidad y cantidad del recurso hídrico, entendiendo las microcuencas como una unidad de análisis y planificación que permita darle un enfoque integrado de estudio al recurso hídrico, así pues se deben de analizar cada uno de los factores que permitan la degradación del recurso, este tema se abordará a través del análisis de la huella hídrica, entendida como un indicador de sostenibilidad que permita identificar la relación causa-efecto entre la utilización del recurso y la calidad, disponibilidad y cantidad del mismo, es de vital importancia estudiar las actividades socioeconómicas del área de estudio, las cuales son un factor principal de presión sobre el recurso natural. La huella hídrica permitirá detectar impactos sobre el agua a causa de los hábitos de consumo de la comunidad del municipio de Ospina.

La importancia de los estudios geográficos se deriva de hacer una integración de las dinámicas económicas, sociales y ambientales, los cuales ayuda a determinar las problemáticas, generando un aporte importante hacía investigaciones sobre microcuencas hidrográficas con relación al recurso hídrico y sirviendo de elemento investigativo y de toma de decisiones para estos estudios, proyectos o soporte a las acciones del orden municipal. La ciencia geográfica permite identificar las interacciones humanas con la naturaleza y brindar soluciones a las problemáticas ambientales, determinando causas y efectos de las actividades sobre el medio ambiente, de ahí la importancia de generar escenarios de estudio y análisis, a través de la academia que brinden mejorar la calidad de vida de los habitantes de determinado espacio geográfico.

CAUSAS Y FACTORES DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL MUNICIPIO DE OSPINA: HUELLA HÍDRICA

3. Objetivos

3.1. Objetivo General

- Establecer las causas y factores que influyen sobre la calidad del agua en el municipio de Ospina Nariño a través de la incorporación del concepto de huella hídrica.

3.2. Objetivos Específicos

- Diagnosticar el estado actual de las fuentes de captación de agua de acueductos del municipio de Ospina.
- Caracterizar las actividades socioeconómicas y usos del recurso hídrico en las microcuencas del municipio.
- Determinar la huella hídrica para las fuentes de captación del municipio de Ospina.

4. Antecedentes

En el contexto internacional en primer lugar se puede mencionar a La Comisión Económica para América Latina (CEPAL, 2004) quien afirma que las causas del aumento de la contaminación del agua en los países latinoamericanos se vinculan principalmente a procesos de urbanización no planificados, a la agricultura con el uso de técnicas no sostenibles, en los que intervienen el uso de sustancias agroquímicas y a la inadecuada gestión del medio ambiente, además expone que la disponibilidad de agua potable y el saneamiento en los países está estrechamente relacionada con la calidad de vida de la población, para inhibir esta problemática, la comisión destaca que se deberán implementar políticas públicas que sean socialmente aceptadas y orientadas al desarrollo sustentable del recurso hídrico. Por otra parte, señala que la gestión de recurso hídrico en torno a su calidad, es una problemática que abarcan todos los países latinoamericanos, ya que no se cuenta con instituciones reguladoras que generen políticas de protección y manejo adecuado del recurso hídrico.

Guzmán (2008) afirma que la mala calidad del agua que presentan todos los países de Latinoamérica, está impulsada por el crecimiento de la población y el desarrollo económico, constituidos en factores de presión sobre los recursos naturales y el ambiente, la expansión de la frontera agrícola y la deforestación. Lo que permite determinar que estas actividades generan impactos ambientales casi irreversibles sobre la oferta ambiental disminuyendo así la calidad de las fuentes hídricas.

La Organización de las Naciones unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO, 2009), explica que en muchas de las regiones del mundo la explotación excesiva, el mal uso y la contaminación, son factores que representan una amenaza para la disponibilidad y calidad del agua potable, determinado que las cuencas de captación suministran una gran parte del agua la cual, se destina a satisfacer las necesidades domésticas y agrícolas, presentan una alta degradación de su ecosistema, también en el estudio se determina que es de suma importancia entender la relaciones existente entre el bosque y el recurso hídrico, para crear planes, programas o proyectos encaminados a la protección de estas áreas naturales.

Además, la organización señala, que los responsables del ordenamiento territorial, deberán afrontar un gran desafío a la hora de encaminar el ordenamiento hacia la protección de los bosques y el agua permitiendo así elevar al máximo los beneficios multisectoriales entre estos y la población, sin permitir la degradación de estas áreas naturales, entendiendo la interacción de los bosques con el agua, a fin de generar conciencia y capacidad en materia de hidrología forestal, es oportuno crear mecanismos institucionales para coordinar mejor el tratamiento de las cuestiones forestales e hidrológicas, aplicar y hacer que se cumplan los programas nacionales y regionales.

Por otra parte, no solamente la contaminación del recurso es un factor de calidad del agua, la disponibilidad del mismo también deberá de ser medida para determinar y analizar las condiciones en las que se encuentra el agua, es así como Breña, (como se citó Padrón y Cantú 2009) afirma que la inadecuada distribución geográfica, ha provocado una sobreexplotación de las fuentes proveedoras del recurso hídrico, también hace énfasis en que la disponibilidad natural del agua por habitante es un indicador fundamental para evaluar las condiciones del recurso en las cuencas hidrográficas.

Por lo anterior, es bueno que se generen estudios en torno a los impactos ambientales que genera la utilización del recurso hídrico en todos sus componentes, uno de los indicadores utilizados para medir el impacto en el uso del agua es la huella hídrica, la cual es el volumen total de agua usada directa e indirectamente por las personas en todas sus actividades, este concepto que fue introducido por Hoekstra (2002) con el fin de tener un indicador basado en el consumo del agua,

CAUSAS Y FACTORES DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL MUNICIPIO DE OSPINA: HUELLA HÍDRICA

que permitiera tener información para la toma de decisiones en cuanto a políticas en el uso del agua, ya que la información que se tenía hasta ese momento no le daba la importancia a la cantidad de agua consumida. (Chapagain y Hoekstra, 2004).

Las primeras evaluaciones de huella hidrológica fueron realizadas en 2002 y 2003 por Hoekstra y Hung, y Chapagain Hoekstra respectivamente, en cada uno de estos estudios se cuantificaba la huella hídrica, con el fin de evaluar las posibilidades de importar agua para solucionar los problemas de escasez del recurso hídrico en el Medio Oriente. En este mismo año Chapagain y Hoekstra publicaron el informe principal de huella hídrica, en el cual se detallan los procesos y cálculos para la determinación de la misma en la agricultura y en la industria.

En la publicación Metodología Estándar del Cálculo y el Manual de Evaluación de huella hídrica en 2009 y 2011 respectivamente, se encuentran cada una de las fórmulas y mecanismos para determinar la huella hídrica en una área geográfica determinada, (cuencas hidrográficas), para cada uno de sus componentes, huella hídrica verde, azul y gris, (Hoekstra et al, 2009 y 2011).

En el contexto Nacional, se puede destacar el estudio realizado por Domínguez, Gonzalo, Vanegas y Moreno, (2008), en donde señalan que la disponibilidad hídrica en Colombia es cada vez menor, debido al uso del territorio para el desarrollo socioeconómico, determinando que el crecimiento demográfico ha delimitado la oferta del agua y la excesiva presión sobre las cuencas hidrográficas, factores que podrían producir la desaparición de las mismas, de ahí la importancia de realizar una planificación sostenible del recurso, conocer la cantidad de agua disponible, los niveles de demanda y las restricciones de usos necesarios. Permitiendo así, que el agua sea apta para el consumo humano y además permita el abastecimiento de todas las actividades agropecuarias de los territorios.

Díaz et al, (2009), afirma que el agua como un recurso ambiental, ya que se encuentra estrechamente relacionada con el funcionamiento de los ecosistemas y los ciclos naturales, deberá de ser incluida en la agenda pública colombiana, no únicamente para su manejo y preservación, sino que también por las implicaciones sociales que se pueden generar para su empleo, además de lo anterior los autores destacan que el análisis del desarrollo sostenible deberá de estar ligado al recurso hídrico por su importancia con los sistemas ecosistémicos y la relación con las dimensiones sociales y económicas de la planificación territorial.

También declaran, que la problemática actual del agua está ligada al desconocimiento de los bienes y servicios que brindan ecosistemas como los páramos y humedales, ya que la mayoría de la población no es consciente de las características biológicas que permiten el desarrollo y conservación de la estructura hídrica.

La implementación de la metodología y estudios de Huella Hidrológica a nivel nacional son relativamente escasos, los autores se han centrado en implementar la metodología para áreas geográficas con extensiones muy grandes y la evaluación de la misma en los sectores de la economía como el pecuario y el agrícola, es así como Pérez (2007), hace un análisis de la situación actual de la agricultura en Colombia, identificando los impactos que genera el uso del agua en esta actividad, integrando la demanda del agua en el análisis económico. Dentro de su trabajo el propósito principal es integrar dinámicas económicas en el desarrollo y uso de instrumentos que permitan integrar la dinámica de la economía con el consumo de los recursos naturales, el autor señala que una buena forma de medir el agotamiento de los recursos naturales es cuantificar el total de recursos que se están utilizando en cualquier actividad económica, para ello implementa la metodología de la huella hídrica con cada uno de sus componentes.

Como lo afirman Uribe, Arango y Mogollon (2011), realizan el estudio Nacional de huella hídrica para el sector agrícola, mediante el cual conceptualizan este indicador frente al tema de

CAUSAS Y FACTORES DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL MUNICIPIO DE OSPINA: HUELLA HÍDRICA

sostenibilidad del recurso, en el documento se presentan los impactos ambientales asociados a la actividad agropecuaria, e implementan la metodología de cuantificación de los componentes de la huella hídrica verde, azul y gris.

Otro aporte realizado con respecto a la huella hidrológica en Colombia, es el elaborado por Arévalo (2012), en el estudio “Una mirada a la agricultura de Colombia desde la Huella Hídrica”, en el que hace un análisis de la huella hídrica centrado en la producción agrícola, para eso el autor realiza una priorización de los productos agrícolas más relevantes cultivados en Colombia, y a cada uno de ellos le realiza la estimación de cada uno de los componentes de la huella hídrica durante el proceso de producción, los principales cultivos que el autor evalúa son el café, palma de aceite africana, banano, cacao, algodón, yuca y arroz, identificando que el cultivo de café y la palma de aceite africana, son los que mayor contaminación a las fuentes hídricas.

Los estudios en el contexto regional en torno a la calidad del agua son escasos o nulos, únicamente se evidencia los planes de ordenamiento del recurso hídrico de los cauces más principales del departamento, los cuales han sido elaborados por la Corporación Autónoma Regional Corponariño, además es importante mencionar que dentro de este contexto no se encuentran estudios relacionados con la cuantificación de la huella hídrica.

CAUSAS Y FACTORES DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL MUNICIPIO DE OSPINA: HUELLA HÍDRICA

5. Localización y descripción del área de estudio

El municipio de Ospina se encuentra ubicado el sur occidente del departamento de Nariño, con una distancia de 75 kilómetros de San Juan de Pasto, limita hacia el norte con los municipios de Imués y Túquerres, hacia el sur con el municipio de Iles, por el occidente con el municipio de Sapuyes y por el oriente con los municipios de Imués e Iles.

De acuerdo a la ubicación geográfica de Ospina, las principales características climatológicas dependen de la influencia de los vientos alisios del Nor-Este y Sur, las lluvias están distribuidas en dos épocas del año, primeramente en los meses de marzo, abril y mayo seguido de los meses de octubre, noviembre y diciembre. Posee una temperatura promedio mensual de 11,0 ° C, donde los valores máximos mensuales son de 12,50°C y los mínimos mensuales alcanzan a ser de 9,9°C. Los meses con menores temperaturas son abril y mayo y los de mayores temperaturas los meses de julio y agosto.

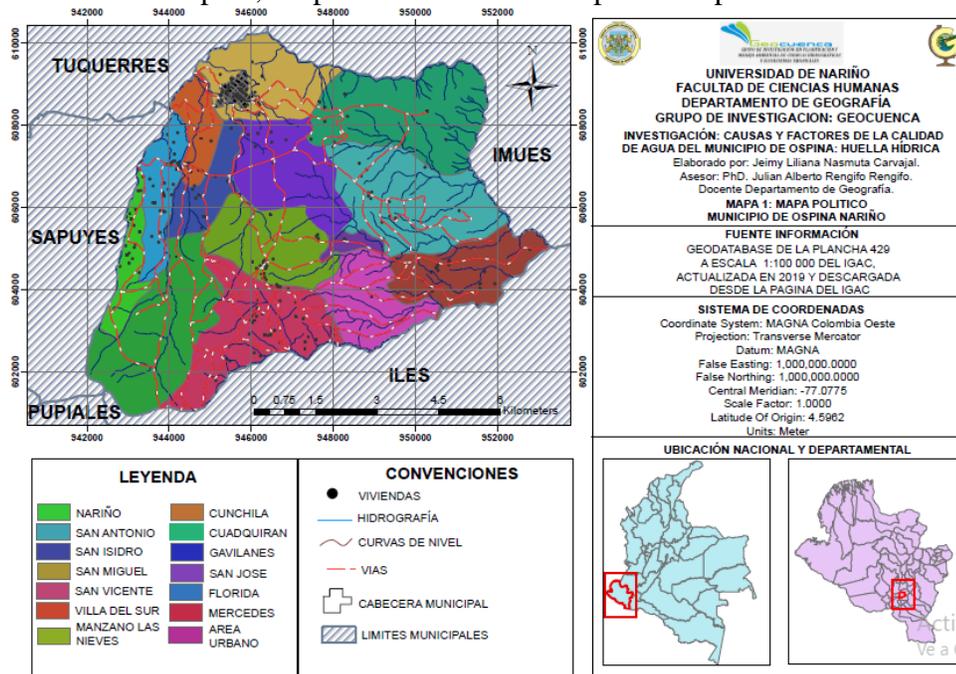
El municipio cuenta con una extensión de 64.5 km², es decir unas 6.450 hectáreas aproximadamente, pertenece a la Subregión de la Sabana, la cual la integran los municipios de: Túquerres, Imués, Guaitarilla, Sapuyes y Ospina.

Posee una población aproximada de 8.233 habitantes de los cuales 2.097 se acentúan en el área urbana y 6.136 en el área rural.

Es importante mencionar que el municipio, tiene jurisdicción sobre el Parque Natural Regional Páramo de Paja Blanca, la cual posee alta oferta hídrica y recursos ecosistémicos, siendo poseedor de 520 hectáreas del total del páramo, de ahí nacen los principales afluentes de recurso hídrico para los acueductos urbano y rurales.

El municipio está dividido políticamente en su zona rural 13 veredas (ver mapa 1: mapa político de Ospina) de la siguiente manera: veredas Nariño, Cuadquiran, El Manzano, San Vicente, San Isidro, San Antonio, San Miguel, Cunchilla, Las Mercedes Gavilanes, Villa del Sur, Vereda San José.

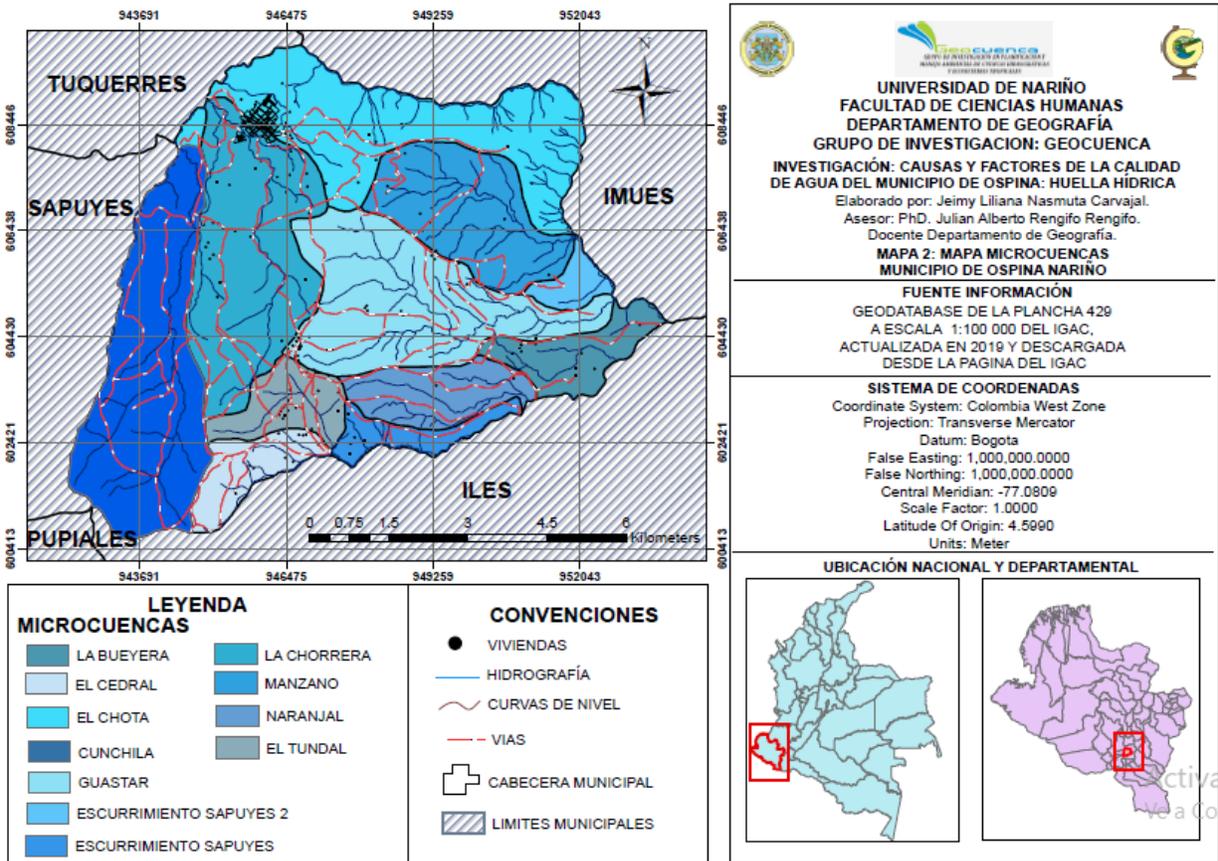
Mapa 1, Mapa Político del municipio de Ospina Nariño



CAUSAS Y FACTORES DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL MUNICIPIO DE OSPINA: HUELLA HÍDRICA

El área de estudio de la presente investigación está centrada en las microcuencas abastecedoras de los acueductos del municipio, (ver mapa 2) en donde la capacidad hídrica se ha reducido con el tiempo considerablemente, de ahí la importancia de analizar los factores y causas que están permitiendo el deterioro paulatino de las microcuencas y por ende la calidad del recurso hídrico.

Mapa 2. Mapa Microcuencas del municipio de Ospina Nariño.



6. Marco conceptual

6.1. Huella Hidrológica

Para el concepto de huella hídrica en esta investigación se tuvo en cuenta los términos definidos por Hoekstra et al, 2011, en el Manual de Evaluación de Huella Hídrica. Los autores afirman que la huella hídrica es un indicador del uso de agua dulce que se ve no solo en el uso del agua directa de un consumidor o productor, sino también en el uso indirecto de la misma.

La huella de agua puede ser considerada como un indicador de sostenibilidad que permite identificar las relaciones causa-efecto a nivel socio ambiental, siendo las actividades socioeconómicas el principal factor de contaminación ambiental sobre el recurso natural. (Hoekstra et al, 2011.). La huella hídrica total está constituida por tres componentes, huella hídrica azul, verde y gris, estas se explican a continuación.

6.1.2. Huella Hídrica Azul.

La huella hídrica azul se refiere al consumo de los recursos de agua azul, es decir, agua superficial y subterránea. “El consumo” hace alusión a la pérdida de agua de la masa de agua disponible en un área de captación. Dichas pérdidas se refieren principalmente a uno de los cuatro casos siguientes:

- El agua se evapora.
- El agua se incorpora en un producto.
- El agua no vuelve a la misma zona de flujo, por ejemplo, es devuelta a otra zona de captación o al mar.
- El agua no vuelve en el mismo periodo, por ejemplo, si se retira en un periodo seco y se devuelve en un periodo de lluvias.

El primer componente, la evaporación, es generalmente el más importante. Todo lo relacionado con la producción cuenta como evaporación, incluyendo el agua que se evapora durante el almacenamiento (en depósitos de agua artificiales), transporte (en canales abiertos), el tratamiento (la evaporación del agua caliente que no se recoge) y eliminación (de canales de drenaje y de plantas de tratamiento de aguas residuales). (Hoekstra et al, 2011.)

Los dos últimos componentes se refieren a la parte devuelta a la cuenca que no está disponible para su reutilización dentro de la misma cuenca hidrográfica en el mismo plazo de retirada, ya sea porque se devuelve a otro sistema de captación (o se vierte al mar) o porque se devuelva en otro período de tiempo.

En otras palabras, la huella hídrica azul es el volumen de agua dulce extraída de un cuerpo de agua superficial o subterránea y que es evaporada en el proceso productivo o incorporada en un producto.

La huella hídrica azul se calcula de la siguiente manera:

$$\text{Huella Hídrica}_{\text{azul}} = \text{Agua evaporada} + \text{Agua Incorporada} + \text{Agua que no retorna}$$

Fuente: Hoekstra et al, 2011.

6.1.3. Huella Hídrica Verde.

Se refiere al consumo de los recursos de agua verde. El agua verde se describe como la precipitación sobre la tierra que no provoque escorrentía o se sume a las aguas subterráneas, pero que se mantenga en el suelo o su superficie o la vegetación, es decir, que no se pierde por

CAUSAS Y FACTORES DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL MUNICIPIO DE OSPINA: HUELLA HÍDRICA

filtración o río abajo. Finalmente, esta es la parte de la precipitación que se evaporará o que transpiran las plantas. (Hoekstra et al, 2011.).

El agua verde puede ser productiva para el crecimiento de cultivos (aunque no toda el agua verde puede ser absorbida por el cultivo, ya que siempre existirá la evaporación del suelo y porque no todas las épocas del año o zonas son adecuadas para el crecimiento de un cultivo).

Para el cálculo de la huella hídrica verde se utiliza la siguiente ecuación.

$$Huella\ Hídrica_{verde} = Agua\ evapotranspirada + Agua\ incorporada$$

Fuente: Hoekstra et al, 2011.

El consumo de huella hídrica verde en la agricultura, puede ser medido o estimado con un conjunto de fórmulas empíricas o con un modelo de cultivo apropiado para estimar la evapotranspiración con una base de datos sobre las características de clima, suelo y cultivo. (Hoekstra et al, 2011.).

La distinción entre la huella hídrica azul y verde es importante porque los impactos hidrológicos, ambientales y sociales, así como los costos de oportunidad económica de la superficie y el uso de aguas subterráneas para la producción difieren claramente de los impactos y los costos del uso del agua de lluvia.

6.1.4. Huella Hídrica gris.

Se define como la carga contaminante dividida por la concentración máxima aceptable en el cuerpo de agua receptor. Un poco más adelante, se reconoció que la huella hídrica gris se calcula mejor como la carga contaminante dividida por la diferencia entre el máximo aceptable y la concentración natural del contaminante en el agua (Hoekstra et al, 2011).

Para el cálculo de esta huella hídrica se utiliza la siguiente ecuación:

$$Huella\ hídrica\ gris = \frac{C_c}{C_{max} - C_{nat}}$$

Fuente: Hoekstra et al, 2011.

Dónde:

C_c = Carga contaminante vertida

C_{max} = Máximo aceptable (Cantidad de contaminante según normativa)

C_{nat} = Concentración Natural del contaminante.

La huella hídrica gris es un indicador de la capacidad de asimilación absorbida. Por tanto, la capacidad de asimilación de un cuerpo de agua receptor depende de la diferencia entre el máximo permitido y la concentración natural de una sustancia (Hoekstra et al, 2011), así como de factores físicos, químicos, y biológicos, que tienen una naturaleza dinámica. Si se compara la concentración máxima permisible con la concentración real de una sustancia, nos indicará la capacidad de asimilación restante, que cambia con el tiempo, en función del nivel real de contaminación en un momento determinado. (Hoekstra et al, 2011).

La huella hídrica gris tiene como objetivo mostrar el volumen necesario de agua natural para asimilar productos químicos. Las normas de calidad ambiental del agua son una categoría específica de las normas de calidad del agua. El estándar de calidad del agua puede variar de un cuerpo a otro de agua para una sustancia en particular (Hoekstra et al, 2011).

CAUSAS Y FACTORES DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL MUNICIPIO DE OSPINA: HUELLA HÍDRICA

6.1.5. Huella Hídrica total

La huella hídrica total está compuesta por la huella hídrica verde, azul y gris de dicho producto, grupo o región. Sin embargo, la mayoría de los estudios solo tienen en cuenta el componente de agua verde y azul. La huella hídrica gris adquiere más importancia en el análisis de descargas de procesos, o cuando se involucran plantas de tratamiento de agua.

La huella hídrica total se calcula así:

$$\text{Huella hídrica}_{\text{Total}} = \text{Huella Hídrica}_{\text{Azul}} + \text{Huella Hídrica}_{\text{Verde}} + \text{Huella Hídrica}_{\text{Gris}}$$

Fuente: Hoekstra et al, 2011.

5.2. Cuenca Hidrográfica

En esta investigación se tendrá en cuenta el concepto de cuenca hidrográfica, entendida esta como unidad de planificación y ordenamiento territorial, con el objetivo de hacer énfasis en la conservación y preservación del recurso hídrico.

Según Botero 1982, (como se citó en León 2014) “la cuenca hidrográfica es una unidad espacial definida por un complejo sistema de interacciones físicas, bióticas, sociales y económicas”, determinada como una unidad funcional en donde existe la relación estrecha entre hombre-naturaleza. Así mismo Aguirre (2011), afirma que la cuenca hidrográfica brinda servicios directos desde la provisión de bienes o productos, como el abastecimiento de agua para las actividades productivas y sociales de la población, hasta el aprovisionamiento de servicios ecosistémicos como los de regulación del ciclo hidrológico y hábitat de las especies faunísticas y florísticas propias de un área geográfica, además dentro de una cuenca se pueden prestar servicios relacionados con el eco-turismo. Es así como se deberá entender la cuenca desde el enfoque sistemático, en donde interactúan en el tiempo y espacio los subsistemas social, cultural, económico, político, institucional, biológico y físico.

Teniendo en cuenta las afirmaciones de los autores, la cuenca hidrográfica debe de ser considerada como una unidad territorial en donde se realice la gestión integral del agua, ya que dentro de esta área es en donde interactúan, los procesos permanentes y dinámicos entre los sistemas físicos y el biótico. Además, que es dentro del territorio de cuenca hidrográfica donde se producen las actividades socioeconómicas e involucran directamente la funcionalidad del recurso.

Por otra parte, Maidment (como se citó en Trujillo, Barroso y Escobar 2010) expresa que una de las herramientas más importantes para el análisis hídrico dentro de las cuencas, es el estudio de las características morfométricas, las cuales permiten identificar los parámetros de evaluación del funcionamiento de esta unidad territorial. Estos instrumentos sirven como análisis espacial y ayudan al manejo y planificación del recurso natural.

Los parámetros morfométricos de una cuenca se dividen de la siguiente manera:

- Parámetros asociados a la forma de la cuenca: área, perímetro, ancho de la cuenca, factor de forma de Horton, y el coeficiente de compacidad.
- Parámetros Relativos al relieve: altura y elevación, pendiente y curva hipsométrica.
- Parámetros relativos al perfil: cota mayor y cota menor del cauce, pendiente promedio del cauce, longitud del cauce principal y hasta la divisoria.
- Parámetros relativos al drenaje: longitud de cauce principal, longitud de cauces orden uno y densidad de drenaje.

5.3. Calidad del Agua

Para abordar el concepto de calidad del agua es importante contemplar los factores de acuerdo al uso del recurso hídrico en las diferentes actividades socioeconómicas. Según la normativa vigente colombiana la calidad del agua está determinada por un conjunto de parámetros que indica que el agua puede ser usada para diferentes fines como: uso agrícola ganadero, doméstico, industrial entre otros.

En esta investigación el concepto de calidad del agua será abordado desde el punto de vista de las características físicas y químicas que puedan afectar un uso específico en un área determinada (Ver anexo 1, Tabla parámetros fisicoquímicos, calidad del agua). Estas características deben ser monitoreadas para definir sus condiciones y proveer información para establecer las causas y efectos de las relaciones entre dichas particularidades (Chapman, 1992).

La evaluación de la calidad del agua es un proceso de enfoque múltiple que estudia la naturaleza física, química y biológica del agua con relación a la calidad natural. (FAO 1993). Muchas de las acciones humanas contribuyen a la degradación del agua, afectando su calidad y cantidad. Entre las causas de mayor impacto a la calidad del agua en las cuencas hidrográficas, están el desarrollo de actividades agropecuarias inadecuadas, presión sobre el uso del suelo, la contaminación del recurso hídrico con vertimientos directos de aguas domésticas e industriales sin realizarles un tratamiento, estas características de contaminación se dan principalmente en las zonas rurales en donde no existe una vigilancia continua de las actividades. (OMS 1999).

Es importante que las comunidades rurales y urbanas, cuenten con un abastecimiento seguro, que cumpla con la normativa nacional vigente en cuanto a disponibilidad, cantidad, calidad y confiabilidad del abastecimiento del recurso hídrico y permita el desarrollo socioeconómico.

En este orden de ideas, es vital que se aborden los conceptos de las principales fuentes de contaminación de agua, para analizar la calidad de la misma que existe en una determinada área.

5.3.1. Contaminación del agua.

Se define como contaminación del agua a cualquier modificación, natural o artificial, que directa o indirectamente cambie la calidad original y perturbe o destruya los recursos naturales. Las categorías de contaminación que impactan a los recursos hídricos se derivan de fuentes puntuales y no puntuales. Estas afectan y alteran las características naturales de los recursos hídricos, ocasionalmente por actividades naturales, el mayor grado de contaminación sobre el recurso hídrico está determinado por las actividades que desarrolló el hombre sobre las cuencas hidrográficas. (FAO 1993).

6.3.2. Contaminación por actividades ganaderas.

La ganadería es una de las prácticas primarias de uso de la tierra, que genera grandes impactos sobre la calidad del agua. Cuando se da un sobrepastoreo, se forma un efecto negativo que altera las propiedades fisicoquímicas del suelo y por acción de la escorrentía se genera que se remueven partículas del suelo que van directamente hasta los cuerpos de agua más cercanos, este efecto se observa en lugares de alta precipitación, fuertes pendientes, cercanos a fuentes de agua. El impacto más significativo se da en el caso de que estas fuentes hídricas estén desprovistas de cobertura vegetal que les de protección, o la ausencia de una zona de amortiguamiento, ya que estas corrientes arrastran microorganismos patógenos, nutrientes y sólidos suspendidos. (Brooks *et al.* 1991).

Por consiguiente, un efecto sobre la calidad del agua se da por la intensidad del sobrepastoreo, este afecta la densidad del suelo, con el incremento del pisoteo del ganado, de tal manera que al

CAUSAS Y FACTORES DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL MUNICIPIO DE OSPINA: HUELLA HÍDRICA

ocurrir una lluvia o riego, la capacidad de almacenamiento del suelo es superada fácilmente, lo que provocará el arrastre inmediato de los nutrientes por acción de la escorrentía y lixiviación a las fuentes de agua. (Vidal et al. 2000).

6.3.3. Contaminación por actividades agrícolas.

Las actividades agrícolas generan un gran impacto sobre el ambiente y principalmente sobre las características del recurso, así mismo la agricultura es el mayor consumidor de agua y un importante contaminador, ya que la escorrentía de fertilizantes sobre el estado natural de los ríos y ecosistemas hídricos causan daños a su composición natural. La agricultura también acelera la pérdida de la biodiversidad al despejar zonas de praderas y bosques para realizar estas actividades. (Foley, 2014).

Según Ongley (1997), la agricultura es el gran usuario del agua dulce a escala mundial y el primer factor de degradación de los recursos hídricos superficiales y subterráneos, debido a la erosión y la escorrentía con productos provenientes de agroquímicos.

La agricultura no es solamente el mayor consumidor de los recursos hídricos, sino que debido a las ineficiencias en su distribución y aplicación de químicos, estos retornan a las aguas superficiales o subterráneas suministrando grandes cantidades de sales y nutrientes, que contribuyen al deterioro de la calidad del agua (FAO 1993).

La expansión agrícola y la deforestación en países tropicales son causas de deterioro de las propiedades del agua. Se ha demostrado que plaguicidas asociados con sedimentos son una fuente muy común en estos países. (Ongley, 1997).

6.3.4. Contaminación por uso del recurso hídrico por parte de las industrias.

Gran parte de las aguas residuales industriales se vierten sin tratamiento en los cursos de agua y a veces, se infiltran en los acuíferos y contaminan los recursos hídricos subterráneos. Los vertimientos directos causados por las industrias artesanales contienen contaminantes como: grasas, aceites, metales pesados, residuos de materia fecal entre otros. La evaluación de la calidad del agua se lleva a cabo utilizando tres indicadores: demanda bioquímica de oxígeno (DBO), demanda química de oxígeno (DQO) y sólidos suspendidos totales (SST). La DBO y la DQO se utilizan para determinar la cantidad de materia orgánica presente en los cuerpos de agua provenientes principalmente de las descargas de aguas residuales municipal y no municipal. (Valencia y Leticia, 2009).

Así mismo Fernández, (2012), afirma que las industrias requieren en mayor medida agua para sus procesos y los vertidos son una fuente de contaminación, ya que se realizan muchas veces sin tratamiento a las corrientes de agua. La industria es también una fuente de fósforo y nitrógeno, pero en menor proporción que las aguas residuales municipales y agrícolas, además de eso los tipos de industrias alimentarias y agroalimentarias, proveen grandes cantidades de materia orgánica residual. Las aguas de refrigeración de las industrias producen contaminación térmica, debido a que retornan al medio acuático a mayor temperatura en grandes cantidades, causando una disminución de la solubilidad del oxígeno.

7. Marco Normativo

Para esta investigación se tuvo en cuenta una serie de requisitos legales aplicables que sirvieron como sustento para la toma de decisiones y establecer las relaciones entre la investigación con la legislación colombiana, a continuaciones se nombran la normativa vigente aplicable, clasificada en cuatro parámetros importantes para el proyecto:

a. Conservación del recurso y medio ambiente: dentro de esta clasificación se nombraran los requisitos legales, que tienen como propósito la conservación y cuidado de las fuentes hídricas y las áreas de interés dentro del proyecto como los páramos, entre las que se puede nombrar:

- Ley 99 de 1993. Por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental –SINA y se dictan otras disposiciones.

- Decreto 2811 de 1974, Por el cual se dicta el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente, en este código se encuentran aspectos relacionados con el recurso hídrico, en cuanto a la conservación y protección del mismo, además presenta conceptos sobre contaminación y factores que pueden afectar las características naturales del agua a nivel nacional.

b. Uso del recurso: se señalan requisitos legales aplicables al uso del recurso hídrico para cada una de las actividades socioeconómicas y sanciones por contaminación causada por los vertimientos directos hacia las fuentes y alcantarillados:

- Decreto 3930 de 2010, Por el cual se reglamenta parcialmente el Título I de la Ley 9 de 1979, así como el Capítulo II del Título VI-Parte III- Libro 11 del Decreto - Ley 2811 de 1974 en cuanto a usos del agua y residuos líquidos, el objetivo de este decreto es establecer disposiciones relacionadas con el uso del recurso hídrico, el ordenamiento y los vertimientos que se hacen directa o indirectamente al agua, al suelo y a los alcantarillados.

- Decreto 3100 de 2003, por el que se reglamentan las tasas retributivas por utilización directa del agua, dentro de este decreto se estipula la tasa mínima que deberán pagar las entidades territoriales por los vertimientos que se hacen sobre las fuentes hídricas superficiales.

- Decreto 1900 de 2006, por el cual se reglamenta que todo proyecto que incluya dentro de su ejecución el uso de recurso hídrico y sea tomada desde una fuente natural deberá de pagar el 1% del total de su inversión para la recuperación, conservación, preservación y vigilancia de la cuenca hidrográfica.

c. Planificación y Ordenamiento de las Cuencas Hidrográficas: se especifican los decretos que tienen como finalidad establecer herramientas para el ordenamiento y manejo de las cuencas hidrográficas en torno a la conservación y preservación de los recursos naturales, identificando que estos instrumentos permitan la sostenibilidad del recurso,

- Decreto 1640 de 2012, por medio del cual se reglamenta los instrumentos de planificación, ordenación y manejo de las cuencas hidrográficas y acuíferos. Establece que las entidades del estado deberán definir una estructura de planificación de las cuencas, las cuales serán responsables de la coordinación, formulación, ejecución y seguimiento de los instrumentos establecidos para tal fin.

- Decreto 1480 de 2007, el objetivo principal de este decreto es establecer disposiciones en cuanto a los procesos de ordenamiento y manejo de las cuencas hidrográficas, además que las entidades territoriales deberán adoptar las medidas necesarias para prevenir y mitigar los factores de riesgo.

CAUSAS Y FACTORES DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL MUNICIPIO DE OSPINA: HUELLA HÍDRICA

- Decreto 1076 de 2015: establece que la gestión y administración del recurso hídrico se deberá ser acorde al manejo de las cuencas hidrográficas teniendo en cuenta aspectos relacionados con la planificación, gestión en el uso y aprovechamiento del recurso, prevención y control de la contaminación hídrica, planes departamentales de agua y gestión del riesgo.

d. Calidad del agua: se establecen requisitos legales que garanticen los niveles de calidad del agua teniendo como referente la relación con la disponibilidad del recurso, dentro de estos se establecen la normativa en los que se fijan parámetros y características específicas que deberán cumplir las aguas aptas para el consumo humano y los límites permisibles de vertimientos de los diferentes usos. Además se señalan directrices que deben cumplir sistemas de potabilización de agua:

- Decreto 1575 de 2007, Por el cual se establece el Sistema para la Protección y Control de la Calidad del Agua para Consumo Humano.

- Resolución 1096 de 2000, Por la cual se adopta el reglamento técnico para el sector de agua potable y saneamiento básico – RAS. Que consta de siete títulos fundamentales, en los que se establece los requisitos técnicos que deben cumplir los diseños y obras que corresponden al sector del agua potable y saneamiento básico.

- Resolución. 631 de 2015 el artículo 9. Establece Los parámetros fisicoquímicos y sus valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales de Aguas Residuales no Domésticas cuerpos de aguas superficiales de las actividades productivas de agroindustria y ganadería. De acuerdo a este artículo nos envía al diario oficial No.49.486 publicada en el 2015, donde se determinarán los valores permisibles.

- Resolución 2115 de 2007, por la cual se señalan las características, instrumentos básicos y frecuencias del sistema de control y vigilancia de la calidad del agua para el consumo humano, dentro de esta resolución se establecen los parámetros permisibles de las características físico químicas que debe cumplir el agua para su consumo.

8. Metodología

Para abordar el problema de investigación se partió inicialmente de la elaboración de un diagnóstico del estado actual de las principales microcuencas hidrográficas que abastecen los acueductos rurales y urbanos, seguido de una caracterización de las actividades socioeconómicas de la población y por último una determinación de la huella hídrica.

Este proyecto se desarrolló bajo la línea de investigación de Cuencas Hidrográficas del Departamento de Geografía, dado que para abordar el problema se tomó como unidad de análisis el estado de las microcuencas y sus características de calidad del agua para el municipio. Esta investigación es de tipo Descriptiva debido a que se encarga de determinar las posibles causas y efectos de la calidad del agua y se elaborará una descripción de las particulares fundamentales de los procesos que se llevan a cabo en el área de estudio.

La metodología que se utilizó para la investigación, permitió el cumplimiento del objetivo general mediante el desarrollo de los objetivos específicos planteados, para el proceso de investigación se utilizó una metodología con características analíticas en las que se destacan técnicas como la observación, deducción y comprobación, además se integran datos de tipo cuantitativo y cualitativo que serán de gran ayuda.

8.1. FASE 1: Diagnóstico del estado actual de las fuentes de captación de agua de los siete acueductos del municipio de Ospina

8.1.2. Actividad 1: Información preliminar de las características de las microcuencas. Esta actividad permitió la recopilación y revisión de información secundaria existente en las diferentes dependencias de la alcaldía municipal, entidades gubernamentales públicas y privadas, donde se hayan realizado con anterioridad estudios y proyectos que estuvieron relacionados con el objetivo del estudio.

8.1.3. Actividad 2: Trabajo de campo. Con esta actividad se verificó en campo la información obtenida anteriormente, lo que permitió contrastar la información secundaria con la real, se ejecutaron verificaciones oculares sobre las microcuencas.

Uno de los factores importantes que llevó a cabo para la identificación de la disponibilidad del recurso, fue la medición del Caudal, factor que se tomó en campo, utilizando en algunas zonas el Método por Flotador.

Otra subactividad, fue la Identificación de Actores Claves dentro de las microcuencas, como al gobierno local, organizaciones corregimentales y veredales, juntas de acción comunal que manejen o estén a cargo de los acueductos del municipio, además las poblaciones que tiene relación directa con la microcuenca.

8.1.4. Actividad 3: Caracterización de tipos de potabilización de agua. Para esta actividad se realizó una lista de chequeo en cada uno de los acueductos existentes en las áreas de estudio, teniendo en cuenta la normativa vigente RAS 2000 2017, donde se señalan las características que deben cumplir los sistemas de potabilización de agua rural y urbano. Esta acción se llevó a cabo con el acompañamiento de los presidentes de los acueductos rurales y la persona encargada de la empresa prestadora del servicio público de agua potable y saneamiento básico del municipio.

También se hizo un análisis de los datos que poseen la oficina de Saneamiento Básico y ECOSPINA sobre los análisis físicos químicos del agua de todos los acueductos del municipio.

8.1.5. Actividad 4: Sistematización de Información. Una vez obtenida la información anterior se procedió a sistematizar en equipos de cómputo.

8.1.6. Actividad 5: Elaboración de Cartografía base. Se desarrolló con la ayuda de un Sistema de Información Geográfica (SIG), utilizando insumos como imágenes satelitales y las

CAUSAS Y FACTORES DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL MUNICIPIO DE OSPINA: HUELLA HÍDRICA

georreferenciaciones obtenidas en la salida de campo, la escala de trabajo a utilizar es 1:25.000, en cuanto a la escala gráfica los mapas son de tipo vector.

Los primeros mapas generados son:

- Mapa base.
- Mapa de microcuencas: dentro de este mapa únicamente estarán las microcuencas sobre las cuales se llevará a cabo esta investigación.

8.2. FASE 2: Caracterización de las actividades socioeconómicas y usos del recurso hídrico en las microcuencas abastecedoras de los acueductos del municipio.

8.2.1 Actividad 1: Recolección de información secundaria. Revisión de documentos generados por las entidades gubernamentales públicas y privadas donde se especifique el uso de la tierra en las diferentes actividades socioeconómicas y la cantidad de producción por tiempo definido, con el fin de realizar un inventario preliminar de estas.

8.2.2. Actividad 2: Trabajo de Campo. Seguimiento de la recolección de datos secundarios se ejecutaron talleres participativos con las comunidades asentadas en las diferentes microcuencas, donde se usó mecanismos de participación que permitan que la población se involucre a la investigación. Para esta actividad se tuvo en cuenta la metodología planteada por Miguel Expósito Verdejo en la Guía práctica de diagnóstico rural participativo.

Dentro de los talleres participativos se ejecutaron actividades como:

- Mapa Social: las comunidades deberán identificar sobre un mapa el acceso al servicio de saneamiento básico como el agua potable y alcantarillado, con el fin de analizar la situación social y la identificación de focos de contaminación de vertimientos de agua.

- Elaboración de Calendarios: Permitirán la identificación de todos los aspectos relacionados con el tiempo, se elaborarán calendarios agrícolas y pecuarios, donde se señalará el tiempo de siembra y producción.

8.2.3. Actividad 3: Sistematización de Información. Se llevó a cabo con la ayuda de equipos de cómputo.

8.2.4. Actividad 4: Elaboración de Cartografía. Procedimiento realizado en un Sistema de Información Geográfica, se utilizaron insumos como imágenes satelitales, la escala de trabajo es de 1:25000, los mapas son tipo vector, Se elaboraron los siguientes mapas:

- Mapa de cobertura y uso de tierra: Para este mapa se tendrá en cuenta la metodología Corine Land Cover adaptada para Colombia, y los datos del IGAC.
- Mapa de Conflictos de uso del suelo.

8.2. FASE 3: Determinación de la Huella Hídrica

Como se mencionó en el Marco Conceptual, la huella hídrica es un indicador que tiene en cuenta el uso del agua directo e indirecto de un consumidor o de un productor. Se mide en términos de volumen de agua consumida (evaporada o incorporada a un producto) y/o contaminada por unidad de tiempo.

El cálculo de la Huella Hídrica involucra todas las actividades para cuantificar en el espacio y el tiempo los diferentes usos del agua en una zona geográfica específica, la metodología utilizada, es una adaptación de las fases propuestas por Hoekstra et al., 2011 en el manual llamado The Water Footprint y la Guía metodológica de aplicación de huella hídrica en cuenca por el Centro de Ciencia y Tecnología de Antioquia. Para esta investigación las fases propuestas por los autores son determinadas como actividades y están clasificadas de la siguiente manera:

CAUSAS Y FACTORES DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL MUNICIPIO DE OSPINA: HUELLA HÍDRICA

8.3.1 Actividad 1: Identificación y priorización de información. Se seleccionó la información obtenida en cada una de las anteriores fases de esta investigación, con base a ello se determinó la huella hídrica para cada uno de los sectores que generan impacto sobre el recurso hídrico. Este proceso se realizó de la siguiente manera:

1) Delimitación del área de estudio: Esta actividad se realizó teniendo en cuenta la priorización de microcuencas abastecedoras del recurso hídrico, (resultado de la fase 1).

b) Definición del alcance de la investigación: Una vez delimitada el área de estudio, se procedió a determinar el alcance de la investigación. El objetivo principal de esta subactividad fue la priorización e identificación de las actividades socioeconómicas y diferentes usos del recurso hídrico que se tuvieron en cuenta para la aplicación del indicador de la Huella Hídrica, (resultado de la fase 2).

d) Identificación de fuentes de información primaria y secundaria: Fue significativo que se tendieran identificados los actores claves como los entes gubernamentales, autoridades ambientales, instituciones públicas y privadas que puedan tener información de los proyectos o planes que se hayan ejecutado y tengan objetivos similares al problema de investigación, (resultado de la fase 1).

e) Análisis de confiabilidad de la información: Toda la información recopilada fue analizada con el fin de verificar su confiabilidad y así garantizar que los resultados obtenidos en el indicador de Huella Hídrica fueran verídicos.

8.3.2. Actividad 2: Cuantificación de la huella hídrica. Para la investigación se midió la huella hídrica por sectores, por eso fue primordial contar con el inventario de las actividades productivas del sector socioeconómico y los diferentes usos del agua, (resultado de la fase 2).

Una vez se tuvo priorizados los sectores socioeconómicos y los diferentes usos del recurso hídrico, se procedió a realizar la cuantificación de la huella hídrica en sus tres componentes: huella hídrica verde, azul y gris:

8.3.2.1. Huella hídrica sector agrícola. (Ver gráfica metodológica 1, Anexo 2).

• **Huella hídrica verde y azul:** Para la cuantificación de la Huella Hídrica Verde y azul, se necesitan los siguientes datos:

- Superficie de cobertura de áreas verdes
- Tipo de cobertura (pastos, arbustos, etc.)

La Huella Hídrica Verde fue cuantificada en el software CROPWAT 8.0 que es un programa informático desarrollado por la FAO para determinar el volumen de agua evapotranspirada por los cultivos en distintos lugares del mundo, para la cuantificación de la Huella Hídrica Verde.

Inicialmente, este programa pide datos de entrada sobre el clima, incluyendo variables como temperatura mínima, máxima, humedad y precipitación del área de estudio, seguido de eso, se debe contar con un inventario del tipo de cultivo, días de etapa de crecimiento, fecha de siembra, fecha de cosecha, profundidad de raíz, resultado de los talleres participativos con las comunidades de las microcuencas.

Finalmente se debe incluir los datos del suelo, humedad disponible, tasa máxima de precipitación, etc. Estos parámetros se los pueden obtener de la base de datos del CROPWAT si es que no hay registro o estudio de aquellos.

La metodología utilizada es aplicable para cultivos transitorios, anuales y continuos, el componente verde de la huella hídrica de un cultivo o plantación forestal (HHcultivo, verde, L/ha) se calcula como el agua verde utilizada por el cultivo (CWUverde, L/ha). El componente azul (HHcultivo, azul, L/t) se calcula de igual manera.

CAUSAS Y FACTORES DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL MUNICIPIO DE OSPINA: HUELLA HÍDRICA

Las ecuaciones son las siguientes:

$$\text{Huella Hídrica}_{\text{cultivo verde}} = \text{CWU verde}$$

Fuente: Hoekstra et al, 2011.

$$\text{Huella Hídrica}_{\text{cultivo azul}} = \text{CWU azul}$$

Fuente: Hoekstra et al, 2011.

- Nota: Para encontrar la cantidad de agua que se necesita para satisfacer la demanda de agua de los cultivos, en litros/día/hectárea se debe de utilizar la siguiente fórmula:

$$\text{FWS} = \frac{\text{Irrig. Req} * 10000}{(\text{Irrig. Efficiency} / 100) * \text{TimeStep}(\text{dias}) * 24}$$

Fuente: Módulo Cropwat para Windows

Donde:

FWS= Field Water Supply (suministro de agua en el Campo)

Irrig.Req= Requerimiento (neto) de riego para el periodo considerado (considerando la lluvia). Se calcula CWU – Precipitación efectiva

TimeStep= Periodo total de producción del cultivo.

Irrig.Efficiency: Por defecto el Cropwat toma 70%.

Para el cálculo de los requerimientos de agua verde y azul del sector agrícola (CWUverde y CWUazul), no hay que dejar de lado aspectos relacionados con el nacimiento, crecimiento, desarrollo, producción y muerte, del producto agrícola con el que se está analizando.

- **Huella hídrica gris:** Para el cálculo de la huella hídrica gris se debe contar con el inventario de insumos agrícolas que utilizan los campesinos de las áreas para los procesos de fertilización y pesticidas. (Resultado taller participativo fase 2). Se analizará principalmente la utilización de agentes contaminantes que contengan fósforo y nitrógeno, ya que son los componentes químicos con mayor carga contaminante.

La huella gris para cultivos se medirá en m³/ Ha está relacionada con el cálculo de la siguiente ecuación:

$$\text{Huella Hídrica}_{\text{gris}} = \frac{L}{C_{\text{max}} - C_{\text{nat}}}$$

Fuente: Hoekstra et al, 2011

Dónde:

L= Cantidad de fertilizante/pesticida aplicado al cultivo (kg/ha).

Cmax= Concentración máxima permisible de nitrógeno o fósforo en el agua (kg/m³).

Cnat= Concentración natural de nitrógeno o fósforo en el agua (kg/m³).

8.3.2.2. Sector Pecuario. (Ver gráfica metodológica, Anexo 3).

Para el análisis de este sector se contó con el inventario de actividades relacionadas con la producción de ganado en el área de estudio y se analizó la huella hídrica del alimento, consumo y limpieza o aseo, (resultado de la fase 2).

CAUSAS Y FACTORES DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL MUNICIPIO DE OSPINA: HUELLA HÍDRICA

• **Huella hídrica verde y azul:** La Huella Hídrica del sector pecuario está dada por la ecuación:

$$Huella\ hídrica_{pecuaria} = Hh_{alimento} + Hh_{consumo} + Hh_{limpieza}$$

Fuente: Hoekstra et al, 2011.

Dónde:

• **Huella Hídrica del alimento ($Hh_{alimento}$):** Está asociada a los pastos que se utilizan como alimento, principalmente para bovinos. La huella hídrica del sector pecuario para este caso corresponde a la huella hídrica verde de los pastos presentes en las microcuencas. Se calculó en el software CROPWAT, siguiendo el mismo procedimiento que para los cultivos.

• **Huella Hídrica del consumo ($Hh_{consumo}$):** Se tomó como el volumen de agua que consumen los animales para su funcionamiento fisiológico. Se contó con datos de consumo de agua por animal para los subsectores analizados.

• **Huella hídrica gris:** Para el cálculo de la Huella Hídrica Gris o uso de agua para limpieza se tuvo en cuenta el agua usada para la limpieza de utensilios de ordeño. (Lavado de cantinas, lavado de pezones, en algunos casos el agua empleada para el lavado de las ordeñaderas mecánicas).

8.3.2.3. Sector Industrial artesanal. (Ver gráfico metodológico, Anexo 4).

La metodología del cálculo de la Huella Hídrica en el sector industrial está basada en la metodología estándar de la Water Footprint Network (WFN), la cual define la huella hídrica de un proceso como el volumen total de agua dulce que se usa directa o indirectamente para la consecución de los fines de la empresa, para ello fue importante definir el nivel de detalle del cálculo de la huella hídrica para este sector.

Huella hídrica azul: la huella hídrica Azul es el resultado de la diferencia entre el agua entrante (afluente) y saliente (efluente) de cada industria. Se diferenció entre el volumen de agua incorporada y el volumen de agua evaporada. Para el cálculo de esta huella hídrica se realizaron aforos, con el fin de medir el volumen de agua que entra a cada una de las industrias y el volumen de agua que es vertido al alcantarillado.

Huella hídrica gris: para la cuantificación de esta huella hídrica se realizan aforos para determinar la cantidad de vertimientos directos diarios de la industria a las fuentes hídricas.

9. Diagnóstico del estado actual de las fuentes de captación de agua de los siete acueductos del municipio de Ospina.

9.1. Hidrología

El recurso hidrológico del municipio de Ospina hace parte esencial de los procesos socioeconómicos, permitiendo así satisfacer las necesidades básicas de los pobladores. Las fuentes hídricas que abastecen los sistemas de acueducto nacen y pertenecen al sistema de estrella fluvial del páramo Paja Blanca y pertenecen a la Subcuenca del Río Sapuyes que forma parte de la cuenca del Río Guaitara.

Ospina posee numerosas fuentes hídricas que sirven como abastecimiento para el consumo humano y las actividades socioeconómicas propias de la zona; entre las fuentes más importantes están las Quebradas Cunchila, La Chorrera, Nariño, El Tundal, El Naranjal, Guaracán, San Isidro, Rosales, La Cailona, Guastar, El Manzano y La Bueyera, (Plan de Desarrollo Ospina 2016-2019).

Según SISBEN a corte 2020, Ospina posee una población de 8.233 personas, de las cuales 2.097 habitan en la zona urbana y 6.136 en la zona rural. Las principales actividades económicas que se desarrollan dentro del área de estudio y sobre las microcuencas están ligadas a la agricultura y ganadería, Ospina depende de la explotación de suelos y sus recursos para subsistir. Los principales cultivos agrícolas que se siembran sobre los suelos son: papa, maíz, frijol, quinua, cebada, arveja, y algunas hortalizas para el pan coger, en cuanto a la ganadería esta se explota de manera extensiva y en menor proporción de manera intensiva, principalmente el ganado se utiliza para la extracción de leche, las especies menores juegan un papel importante en el municipio, especialmente las que hacen referencia a las aves de postura, corral, conejos y cuyes.

Según el PUEAA el municipio de Ospina presenta un índice de escasez de agua muy alto, lo que quiere decir que se está ejerciendo una fuerte presión sobre el recurso hídrico, donde las captaciones existentes de agua son muy altas y el factor de disponibilidad de agua es limitado, de ahí la necesidad de ejercer un correcto ordenamiento territorial sobre la oferta y demanda del recurso.

Esta investigación, está direccionada al estudio del estado actual de las microcuencas abastecedoras de los siete acueductos del municipio de Ospina: la microcuenca de la quebrada Cunchila y la quebrada Chorrera.

9.1.1. Microcuenca Quebrada Cunchila

Esta microcuenca pertenece a la estrella hídrica del Páramo de Paja Blanca, siendo de gran importancia en la región tanto local como Departamental, puesto que, es una fuente de abastecimiento que suministra agua a la mayor parte de los habitantes del municipio; de los siete acueductos existentes esta fuente abastece a seis, su demanda hídrica es muy alta y cubre 5 veredas, Villa del Sur, Gavilanes, Las Mercedes, Cunchila, Nariño y parte del área urbana de Ospina. Esta microcuenca posee ocho afluentes: la quebrada Rosales, Cinco afluentes sin nombre y Quebrada Los Monos, esta última determina el límite del municipio de Ospina con el municipio de Sapuyes. (Ver anexo 5, mapa 3: microcuenca Cunchila).

Dentro de esta zona las características geomorfológicas son diversas, pues la cota más alta varía desde los 2.600 m.s.n.m hasta 3.400 m.s.n.m, donde su clima es frío húmedo a muy frío, gran parte de estas condiciones determinan la variedad de especies vegetativas y faunísticas que se distribuyen a lo largo y a lo ancho de la microcuenca.

Es importante mencionar que esta microcuenca es la más intervenida, presentando un alto grado de erosión por el mal manejo del suelo a la hora de la preparación y adecuación para los

CAUSAS Y FACTORES DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL MUNICIPIO DE OSPINA: HUELLA HÍDRICA

cultivos, introduciendo maquinaria agrícola en las zonas de ladera lo que acelera lo que acelera estos procesos, así mismo, área de influencia de la quebrada Cunchila es la zona con mayor población y en donde se llevan a cabo la mayoría de las actividades socioeconómicas del municipio.

La fauna en esta zona está representada por aves como torcazas, Colibríes, Gorriones, Chiguacos, Tórtolas, Miranchur, Monjas, Codornices, Perdices, Lechuzas, Juicios; Roedores como Erizos, Ratonés de agua y Terrestres, raposa, Chucur; Reptiles como Culebras, lagartijas y Conejos salvajes y Zorrillos.

9.1.1.2 Morfometría de la microcuenca Cunchila. La morfometría de la microcuenca permitió evaluar el funcionamiento del sistema hídrico con base en un conjunto de estimaciones lineales, de relieve y superficie. Para la obtención de estas características morfométricas y fisiográficas se utilizó el software IDRISI y una imagen ASTER del área de estudio.

En la tabla 1, se observa los parámetros morfométricos calculados de la microcuenca Cunchila, características que permitieron definir que el recurso hídrico de esta área es abundante debido a la extensa longitud del cauce principal, es importante mencionar que la entrada del agua por medio de la precipitación es fundamental para el aumento del caudal en este territorio.

Por su forma esta microcuenca es susceptible a avenidas torrenciales, en épocas de sequía la densidad de drenaje es baja por lo que se requiere plantear planes, programas o proyectos encaminados a la reforestación, protección y conservación de las áreas altas y las riberas de los cauces de quebrada.

Tabla 1

Parámetros morfométricos microcuenca Cunchila

Parámetros Morfométricos	
Área (Km ²)	13.31
Perímetro(Km)	28.08
Ancho máximo de la microcuenca(km)	2.93
Elevación media de la microcuenca(m)	3153.23
Pendiente media de la microcuenca (grados)	13.14
Pendiente media de la microcuenca (Porcentaje)	23.76
Longitud axial (Km)	8.63
Longitud del cauce (km)	10.16
Elevación máxima del cauce(m)	3466
Elevación mínima del cauce(m)	2688
Pendiente del cauce principal(porcentaje)	11.44
Tiempo de concentración por la fórmula de Kirpich	1.06

Fuente. Esta investigación.

- **Forma de la Cuenca:** Este índice morfométricas expresa la relación entre el ancho promedio y la longitud axial de la microcuenca.

$$Ff = \frac{A}{L.ax}$$

CAUSAS Y FACTORES DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL MUNICIPIO DE OSPINA: HUELLA HÍDRICA

Dónde:

A= Área de la microcuenca

L.ax= Longitud Axial elevada al cuadrado

$$Ff = \frac{13,31\text{km}}{8,63\text{km}} = 1,54$$

El factor forma de esta microcuenca está entre el rango de 1,50 y 1,79 lo que indica que su forma es oval oblonga a rectangular oblonga como se muestra en la figura 1. Las microcuencas que poseen este factor forma son susceptibles a fenómenos de riesgo principalmente los asociados a las avenidas torrenciales.

- **Coefficiente de compacidad:** este coeficiente ayuda a determinar la forma de la microcuenca, y se determina con la siguiente fórmula.

$$Kc = \frac{P}{2\sqrt{\pi \cdot A}}$$

Dónde:

P= Perímetro de la microcuenca.

Π= 3,1416.

A= Área de la microcuenca.

$$Kc = \frac{28,08}{2\sqrt{\pi \cdot 13,31}} \quad Kc = \frac{28,08\text{km}}{12,93\text{km}} \quad Kc = 2,17$$

El coeficiente de compacidad de esta microcuenca está en la Clase Kc3 ya que es mayor a 1,5, lo significa que su forma es oval oblonga o rectangular oblonga.

- **Índice de alargamiento:** se obtiene con la relación de la longitud axial con el ancho máximo, utilizando la siguiente ecuación:

$$Ia = \frac{L. \text{axi}}{W. \text{max}}$$

Dónde:

L.axi= Longitud axial de la microcuenca.

W.max= Ancho máximo de la microcuenca.

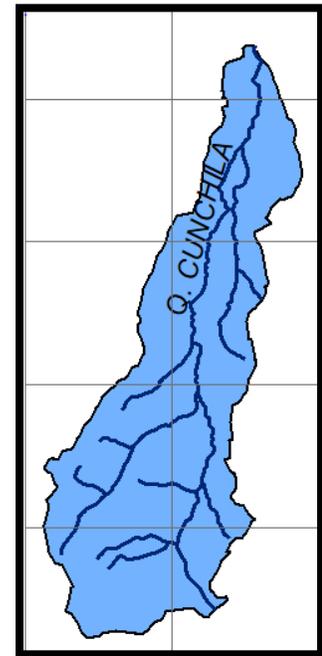
$$Ia = \frac{8,63}{2,83} = 3,045$$

Para los índices de alargamiento que se alejan al valor de 1, las microcuencas poseen una forma rectangular o alargada, es el caso de esta área de estudio, determinando así, que los cursos de la quebrada son más amplios y tienen una mayor sinuosidad.

- **Perfil del cauce:** el perfil longitudinal del cauce permite conocer el lugar de nacimiento de la quebrada Cunchila en la parte alta del municipio de Ospina, hasta su desembocadura en el río Sapuyes, la cota más alta está sobre los 3400 m.s.n.m ubicados en el área de jurisdicción del Páramo de Paja Blanca y la cota más baja se encuentra sobre los 2600 m.s.n.m. El cauce principal

Figura 1

Forma microcuenca Cunchila

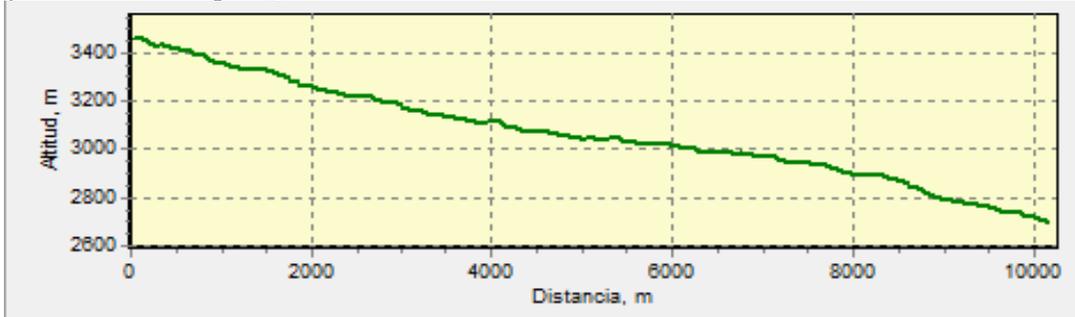


Fuente: esta investigación.

CAUSAS Y FACTORES DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL MUNICIPIO DE OSPINA: HUELLA HÍDRICA

presenta una longitud de 10.16km, permitiendo ser el cauce de mayor longitud sobre el territorio del municipio. En la figura 2 se presenta el perfil longitudinal del cauce principal de la quebrada Cunchila.

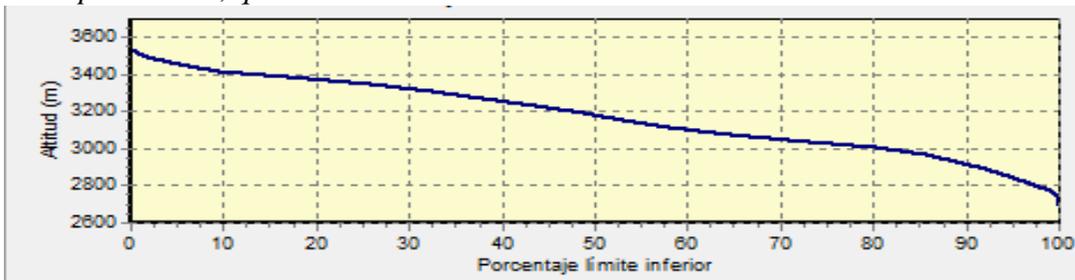
Figura 2
Perfil Cauce Principal Quebrada Cunchila.



Fuente: esta investigación (IDRISI).

- **Curva Hipsométrica:** La curva hipsométrica está determinada por la altitud y la superficie de la microcuenca, en la figura 3, se puede analizar que la microcuenca presenta una superficie en equilibrio no es ni muy plana ni escarpada con respecto a la altitud. La curva hipsométrica de esta microcuenca permite analizar que ésta se encuentra en una fase o estado de madurez, teniendo estabilidad respecto a los procesos erosivos.

Figura 3
Curva hipsométrica, quebrada Cunchila.



Fuente: esta investigación (IDRISI).

9.1.2. Microcuenca La Chorrera

Las características geomorfológicas de esta zona ofrecen paisajes ondulados a casi planos, así mismo los suelos en algunas zonas presenta baja productividad, razón por la cual se utiliza considerablemente los abonos químicos como también la implementación de pesticidas y fungicidas para el control de plagas; dentro de estos procesos también está la introducción de maquinaria agrícola como el tractor lo que evidentemente acelera los procesos de erosión en laderas y zonas de pendientes elevadas. (Ver anexo 6, mapa 4: microcuenca la chorrera).

En esta microcuenca no existe la presencia de bosques primarios, la vegetación nativa se encuentra en las orillas de las quebradas, las que cada vez revelan su estado de deterioro e intervención a la que se encuentran expuestas. La escasa vegetación que se encuentra en esta microcuenca está representada por especies como el Mortiño, Chilca, Aliso, Colla Blanca,

CAUSAS Y FACTORES DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL MUNICIPIO DE OSPINA: HUELLA HÍDRICA

Moquillo, Cerote, Chaquilulo, Cortadera. También se pudo identificar algunos fragmentos muy pequeños de bosques plantados de Eucalipto y pino, que se utilizan para leña. La fauna silvestre en esta zona es escasa debido a la presión que ejercen las comunidades en el medio natural. Es importante mencionar que la fauna silvestre en esta área también es escasa debido a la presión que ejercen la población que se encuentra asentada a lo largo de la microcuenca sobre el medio natural.

También se encuentran pastos naturales y algunos terrenos de pastos mejorados utilizados para la cría de ganado y especies menores como cuyes. Igualmente se encuentran matorrales en menor extensión ubicados en las márgenes de los caudales y como barreras naturales entre cultivos; en trabajo de campo se logró identificar la presencia de pequeños bosques de matorrales en conservación, ubicados en predios privados en la vereda de Cuadquirán y que aproximadamente tienen una extensión de 2 a 3 has.

La contaminación identificada en esta zona está influenciada principalmente por los vertimientos de agua que se evacúan de las viviendas cercanas a las quebradas, también los residuos sólidos que se arrojan a los caudales o al campo abierto sin ningún tipo de control principalmente los empaques de pesticidas y fungicidas. La contaminación de las fuentes hídricas de esta microcuenca tiene mayor evidencia en la parte baja, influenciada por la evacuación de las aguas negras evacuadas de la zona urbana que actualmente carecen de un sistema de tratamiento de aguas residuales.

9.1.1.2. Morfometría de la microcuenca La Chorrera. En la tabla 2 se muestran los parámetros morfométricos de la microcuenca La Chorrera, los cuales tienen una estrecha relación con el comportamiento del caudal del cauce principal de la quebrada.

Tabla 2.

Parámetros morfométricos microcuenca Cunchila.

Parámetros Morfométricos	
Área (Km ²)	7.65
Perímetro(Km)	21.05
Ancho máximo de la microcuenca(km)	1.98
Elevación media de la microcuenca(m)	3004.34
Pendiente media de la microcuenca (grados)	10.75
Pendiente media de la microcuenca (Porcentaje)	19.21
Longitud axial (Km)	6.28
Longitud del cauce (km)	7.76
Elevación máxima del cauce(m)	3227
Elevación mínima del cauce(m)	2690
Pendiente del cauce principal(porcentaje)	12.27
Tiempo de concentración por la fórmula de Kirpich	0.9

Fuente. Esta investigación.

• **Forma de la Cuenca:** Este índice morfométrico expresa la relación entre el ancho promedio y la longitud axial de la microcuenca.

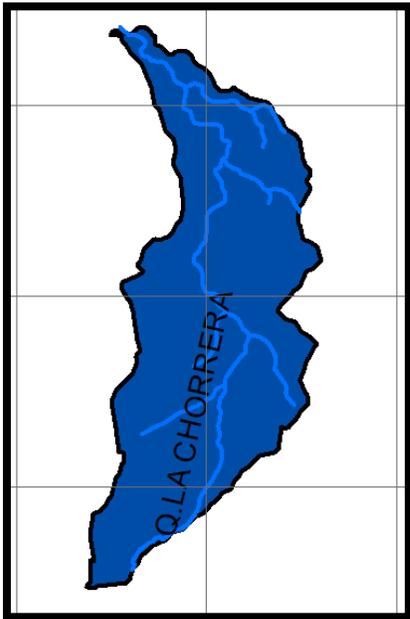
Factor Forma (Ff)

$$Ff = \frac{A}{L.ax}$$

CAUSAS Y FACTORES DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL MUNICIPIO DE OSPINA:
 HUELLA HÍDRICA

Figura 4

Forma microcuenca La Chorera



Fuente: esta investigación.

Dónde:

A= Área de la microcuenca

L.ax= Longitud Axial elevada al cuadrado

$$Ff = \frac{7.65\text{km}}{5.98\text{km}} = 1,27$$

El factor forma de esta microcuenca está entre el rango de 1,26 y 1,50, lo que indica que su forma está entre oval redonda a oval oblonga, como se muestra en la figura 4, característica de las microcuencas que son medianamente susceptibles a crecidas.

- **Coefficiente de compacidad:** este coeficiente ayuda a determinar la forma de la microcuenca, y se determina con la siguiente fórmula.

$$Kc = \frac{P}{2\sqrt{\pi \cdot A}}$$

Dónde:

P= Perímetro de la microcuenca.

Π= 3,1416.

A= Área de la microcuenca.

$$Kc = \frac{21.05}{2\sqrt{\pi \cdot 7.65}} \quad Kc = \frac{21.05\text{km}}{9.80\text{km}} \quad Kc = 2.14$$

El coeficiente de compacidad de esta microcuenca está en la Clase Kc3 ya que es mayor a 1,5 lo significa que su forma es oval oblonga o rectangular oblonga.

- **Índice de alargamiento:** se obtiene con la relación de la longitud axial con el ancho máximo, utilizando la siguiente ecuación:

$$Ia = \frac{L. \text{axi}}{W. \text{max}}$$

Dónde:

L.axi= Longitud axial de la microcuenca.

W.max= Ancho máximo de la microcuenca.

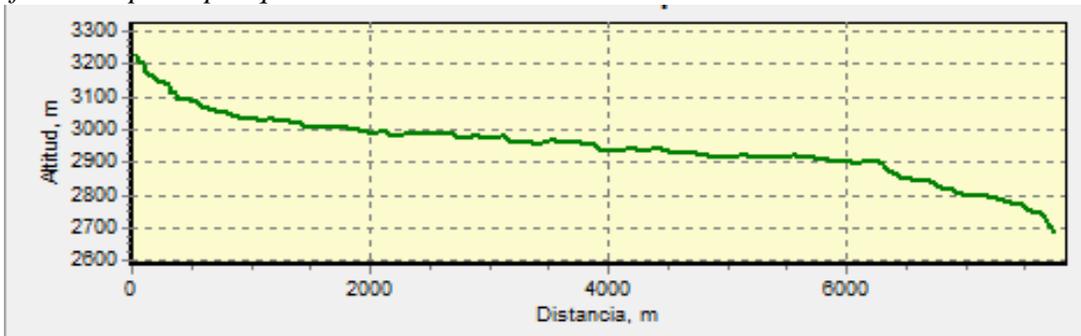
$$Ia = \frac{6,28}{1,98} = 3,17$$

CAUSAS Y FACTORES DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL MUNICIPIO DE OSPINA: HUELLA HÍDRICA

Para los índices de alargamiento que se alejan al valor de 1, las microcuencas poseen una forma rectangular o alargada, determinando así que los cursos de la quebrada son más amplios y tienen una mayor sinuosidad.

- **Perfil del cauce:** en la figura 5 se muestra el perfil longitudinal del cauce principal de la quebrada La Chorrera, su altura máxima se encuentra sobre los 3.200 m.s.n.m y la altura mínima sobre los 2.600 m.s.n.m, la longitud total del cauce es de 7,7km.

Figura 5
Perfil cauce principal quebrada La Chorrera

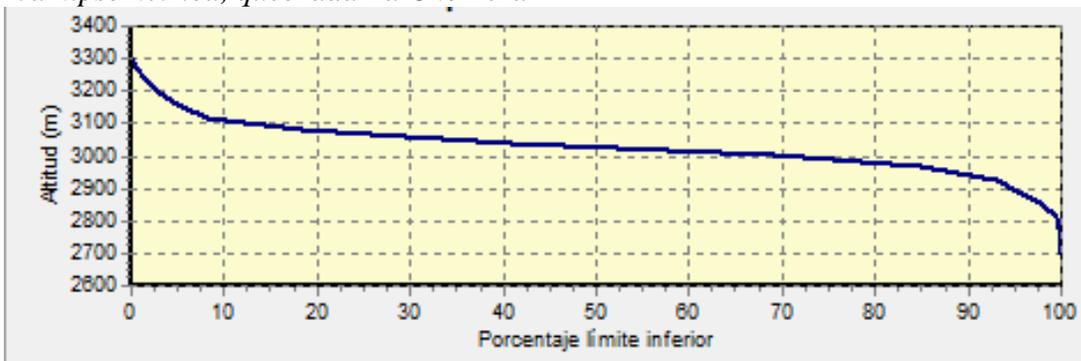


Fuente: esta investigación (IDRISI).

- **Curva Hipsométrica:** Respecto a la forma de la curva hipsométrica, en la figura 6 se puede inferir que esta microcuenca corresponden a una microcuenca en equilibrio (Harlin, 1984), lo cual implica que esta área no presenta gran potencial erosivo y tiende a clasificarse como una cuenca en su fase de madurez.

Debido al deterioro paulatino que presentan las microcuencas abastecedoras de los acueductos del municipio es importante que se realice un Plan de Manejo Ambiental que contenga como estrategias principales, programas de Educación Ambiental y reforestación con control y vigilancia periódicas encaminadas al manejo para la producción de agua para el consumo humano y la conservación de los cauces evitando su deterioro.

Figura 6
Curva hipsométrica, quebrada La Chorrera



Fuente: esta investigación (IDRISI).

CAUSAS Y FACTORES DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL MUNICIPIO DE OSPINA: HUELLA HÍDRICA

9.2. Caracterización de tipos de potabilización de agua

El municipio de Ospina posee siete acueductos distribuidos en los diferentes corregimientos, veredas y área urbana, son abastecidos principalmente por dos microcuencas y dos nacimientos hídricos. Cada uno de los acueductos cuenta con la concesión otorgada por Corponariño como se muestra en la siguiente tabla 3.

Tabla 3
Concesiones de aguas acueductos Ospina.

Nombre del Acueducto	Cobertura	Fuente Abastecedora	Concesión Corponariño
Acueducto regional	Corregimiento Antonio, veredas José Obrero, San Miguel y Manzano Las Nieves.	San Quebrada Cunchila.	Resolución N°.087 del 15 de marzo de 2014.
Acueducto Regional Las Lomas	Corregimiento Cunchila, veredas Villa del Sur, Gavilanes y Las Mercedes.	Quebrada Cunchila.	Resolución N°. 519 del 23 de julio de 2010.
Acueducto San Isidro La Florida	Corregimiento San Isidro y vereda Florida.	San Quebrada La Cunchila.	Resolución N°. 282 del 24 de junio de 2009.
Acueducto Cuadquiran	Vereda Cuadquiran	Quebrada Cunchila.	Resolución N°. 0042 de 25 de abril de 2012.
Acueducto Nariño	Vereda Nariño	Quebrada Cunchila.	Resolución N°. 307 del 10 de agosto de 2011.
Acueducto San Vicente	Corregimiento Vicente	San Nacimiento Predios de Luis Erazo Calpa.	Resolución N°. 218 del 30 de julio de 1991.
Acueducto Casco Urbano	Área urbana del Municipio	Quebrada la chorrera, quebrada Cunchila y nacimiento La Piscina.	Resolución N°. 085 del 15 de marzo de 2014, para la quebrada la chorrera. Resolución N°. 086 del 16 de marzo de 2014, para la quebrada Cunchila. Resolución N°. 093 del 2 de abril de 2013, para el nacimiento La Piscina.

Fuente. Oficina de saneamiento básico Ospina 2020.

9.2.1. Bocatomas

Los sistemas de abastecimiento de agua potable del municipio cuentan con dos bocatomas de fondo, estas captan el agua a través de una rejilla ubicada en la parte superior de la presa construida en concreto, sobre ellas se encuentra el canal colector de agua. La bocatoma principal

CAUSAS Y FACTORES DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL MUNICIPIO DE OSPINA: HUELLA HÍDRICA

se encuentra en la parte alta de la quebrada Cunchila y abastece a seis acueductos, así mismo la bocatoma auxiliar recoge agua de la quebrada la Chorrera y es la reserva hídrica para el acueducto del área urbana. (Ver anexo 7, mapa 5: ubicación sistemas de acueducto).

En la inspección ocular que se realizó a las bocatomas o áreas de captación de agua, se identificaron factores de riesgos que agravan la calidad del recurso, afectando principalmente las características fisicoquímicas y microbiológicas. La avanzada intervención antrópica de los pobladores de esta zona hacia el páramo de Paja Blanca y las áreas altas del municipio han permitido que se generen riesgos latentes, es importante mencionar que en el área donde se encuentran las fuentes y los acueductos no cuentan con un cerramiento que impida el paso hasta esta zona, igualmente no existe una vigilancia y control continúa sobre los recursos naturales que se presentan en la zona.

Es relevante mencionar que en la parte alta se presenta una alta inestabilidad del terreno, debida a la falta de vegetación protectora del suelo que ha sido removida por los habitantes con el fin de satisfacer sus necesidades económicas, así mismo esta falta de vegetación ha favorecido a los procesos de escorrentía, permitiendo que el agua lluvia circulen libremente sobre la superficie del terreno, aumentando el arrastre de material orgánico e inorgánico que se presenta cerca de la fuente abastecedora, generando la contaminación de la fuente cada vez que exista precipitación, lo que modifica el color y turbiedad del recurso, además se evidencia una mala disposición final de los empaques o envases de fungicidas y pesticidas, en muchos de los terrenos cerca de las fuentes se encuentran a cielo abierto y en muchos casos a las riberas de las quebradas.

Según la normativa Ras 2000 2017, el diseño de la bocatoma debe cumplir con requisitos específicos que permitan la captación del recurso, para las bocatomas del municipio se aplicó una lista de chequeo (Ver anexo 8. Lista de chequeo bocatomas auxiliar y principal).

Si bien las bocatomas cuentan con algunas de las disposiciones de la normativa ambiental vigente, estas se encuentran en un mal estado o no cuentan exactamente con las características que la normativa contiene, lo que contribuye a que la calidad el agua antes de llegar a los sistemas de potabilización no sea la más óptima. Las bocatomas son las principales captadoras del recurso por esa razón deben de contar con las especificaciones mínimas de las normas ambientales vigentes, esto facilitará la desinfección del agua para consumo humano.

9.2.2. Sistemas de potabilización de agua.

Es importante el proceso de potabilización de agua, ya que esta permite mejorar los parámetros físicos, químicos y bacteriológicos con el fin de mejorar la calidad del recurso para el consumo humano. Este proceso se lleva a cabo en las plantas de tratamiento, las cuales deben de estar diseñadas de acuerdo a la calidad del agua cruda de cada territorio y se realiza con un conjunto de operaciones y procesos que permitan la eliminación de agentes patógenos que se encuentran en el agua.

Según la normativa ambiental ras 2017 todos los proceso de potabilización para aguas de tipo superficiales o subterráneas deben de tener en cuenta los contaminantes presentes en el recurso, esto asegurará los estándares de calidad del agua apta para el consumo humano, a continuación se muestra la tabla 4 en donde se relaciona los contaminantes que se van a remover y el tipo de tecnología de tratamiento que se debe de tener en cada uno de los procesos de potabilización.

CAUSAS Y FACTORES DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL MUNICIPIO DE OSPINA:
HUELLA HÍDRICA

Tabla 4

Tipo de tecnologías de tratamiento para agua potable.

Tecnología de tratamiento	Aireación	Coagulación + Floculación + Filtración	Ablandamiento	Oxidación Química	Micro filtración	Ultrafiltración	Nano filtración	osmosis inversa	Electrodialisis inversa	Intercambio Iónico	Filtración por adsorción	Filtración optimizada
Contaminante que se va a remover												
Características Físicas												
Color aparente		X	X	X	X	X	X	X			X	X
Olor y sabor	X			X							X	
Turbiedad		X	X		X	X						X
Solidos disueltos totales		X	X		X	X		X	X	X		X
Características Químicas Orgánicas												
Antimonio								X	X			
Arsénico		X	X	X				X	X	X	X	X
Bario				X				X	X	X		
Cadmio		X	X	X				X	X	X		X
Cianuro libre y disociable				X								
Cloruros						X		X	X			
Cobre		X		X				X		X		
Cromo		X	X	X				X	X	X		X
Dureza				X			X	X	X	X		
Fluoruros				X				X	X		X	
Fosfatos				X				X			X	X
Hierro	X	X	X	X	X					X		X
Magnesio	X	X	X	X	X					X		X
Mercurio				X				X	X			
Molibdeno												X
Níquel				X				X	X	X		
Nitratos								X	X	X		
Plomo		X						X		X		
Selenio		X						X	X	X	X	
Sulfatos							X	X	X			
Trihalometanos Totales	X			X			X			X	X	
Zinc				X				X	X	X		

CAUSAS Y FACTORES DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL MUNICIPIO DE OSPINA:
HUELLA HÍDRICA

Características Químicas orgánicas						
Carbono Orgánico Total	X	X	X	X	X	X
Pesticidas/Herbicidas				X	X	X
Orgánicos Sintéticos					X	X
Orgánicos Volátiles	X					X
Características Microbiológicas						
Escherichia Coli	X	X	X			X
Giardia y Cryptosporidium		X	X			X

Fuente. Resolución 330 de 2017.

Según la tabla 4, es importante que el prestador de servicio tenga en cuenta los agentes patógenos que se presentan en las aguas para consumo humano y así poder definir el mejor mecanismo de potabilización, que permita la eliminación de las sustancias que puedan generar daño a la salud humana de los pobladores. En el municipio de Ospina los sistemas de potabilización de agua para el área rural y urbana cuentan con una bocatoma, el desarenador principal, ventosas, purgas, sistema de conducción y área de desinfección. Estos mecanismos no son suficientes para el tratamiento y eliminación de los microorganismos presentes en el agua para consumo humano.

El agua disponible en el municipio de Ospina, se encuentra entre los rangos de suficiente a escasa, debido a que en algunos territorios del municipio la disponibilidad del recurso no es la suficiente, algunos acueductos por la falta del recurso prestan el servicio ininterrumpidamente en diferentes épocas del año, debido a la fragilidad en la que se encuentra actualmente los ecosistemas hídricos del área de estudio.

Así mismo, las quebradas del municipio están siendo gravemente afectadas por diferentes agentes contaminantes como: la disposición final de aguas negras y servidas, procesos de contaminación por agroquímicos y la mala e inadecuada disposición de inminente los residuos.

9.2. Características de los acueductos municipales

La calidad del agua para uso doméstico en el municipio, no puede ser la mejor, cuando se carecen de sistemas con plantas convencionales y de desinfección, situación que se torna cada vez más compleja por el insuficiente mantenimiento y el mal estado de las redes hidráulicas, que en su mayoría han cumplido con su vida útil en cada uno de los acueductos del municipio. En su mayoría los acueductos presentan un índice de riesgo de calidad del agua alta, lo que según la normativa las hace aguas no aptas para el consumo humano y presenta un riesgo eminente en la salud de los habitantes. Según la Tabla 4 los procesos de potabilización deben de cumplir con algunas tecnologías de potabilización, en Ospina los únicos componentes que existen en los sistemas son los de captación, desarenador y cloración de las aguas, en muchos de los acueductos este último proceso no se desarrolla de la forma correcta ni se hace periódicamente.

Al contar únicamente con el sistema de desinfección por cloración en los acueductos del municipio, la normativa ambiental vigente resalta que se deben de tener parámetros específicos para la desinfección del agua para consumo humano el cual se debe de emplear en los tanques de contacto, previo al almacenamiento con el fin de proporcionar un tiempo de relación que deberá

CAUSAS Y FACTORES DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL MUNICIPIO DE OSPINA: HUELLA HÍDRICA

de ser mínimo 20 minutos, este debe de garantizar la desinfección del agua. En los acueductos rurales este tanque no existe, el hipoclorito de sodio es vertido directamente sobre el tanque de almacenamiento ubicado en cada una de las veredas, además la dosificación del desinfectante no se realiza con un cronograma específico y las cantidades utilizadas para la desinfección no son las adecuadas, ninguno de los acueductos posee un sistema de instrumentación, monitoreo y control, que permitan un adecuado control de calidad del servicio.

9.3. Índices de riesgo de calidad del agua.

Para la evaluación de calidad del agua de consumo humano se debe de tener en cuenta la normativa nacional colombiana, en las cuales se señalan parámetros y lineamientos en cuanto a las características microbiológicas, físicas y químicas que debe de cumplir el recurso para no generar ningún riesgo primeramente para la salud de los habitantes del municipio, la Resolución 2115 de 2007, es el requisito ambiental en donde se señalan las puntuaciones de cada uno de los parámetros que deben de ser evaluados y analizados. (Ver anexo 1. Parámetros fisicoquímicos).

El Instituto departamental de Salud en el aplicativo web “Sistema de información de la Vigilancia de la Calidad del Agua para consumo Humano- SIVICAP” permite conocer los reportes de la información de Calidad del Agua otorgada por cada una de las entidades prestadoras del servicio en cada uno de los municipios en cumplimiento del Decreto 1575 de 2007 y sus resoluciones reglamentarias, por el cual se establece el sistema de protección y control del agua para consumo humano; para el Municipio de Ospina y sus siete acueductos en el periodo de enero 2020 y julio 2021, en el cual se tomaron muestras en algunos meses de este periodo, los resultados arrojados para el reporte muestras por persona prestadora del servicio para determinar el Índice de Riesgo de calidad del agua (IRCA), se muestran en la tabla 5.

Tabla 5
Índice de riesgo de calidad del agua por acueducto.

Acueducto	IRCA	Evaluación
Acueducto Regional	66,19	Riesgo Alto: Agua no Apta para el consumo humano.
Acueducto Las Lomas	60,94	Riesgo Alto: Agua no Apta para el consumo humano.
Acueducto San Isidro-La Florida	60,10	Riesgo Alto: Agua no apta para el consumo humano.
Acueducto Cuadquiran	57,50	Riesgo Alto: Agua no apta para el consumo humano.
Acueducto Nariño	10,95	Riesgo Bajo: Agua no apta para consumo humano, susceptible de mejoramiento
Acueducto San Vicente	89,93	Inviabile Sanitariamente: Agua no apta para consumo humano, gestión directa de acuerdo a su competencia de la persona prestadora.
Acueducto Área Urbana	40,82	Riesgo Alto: Agua no apta para el consumo humano.

Fuente. Sistema de información de la Vigilancia de la Calidad del Agua para consumo Humano- SIVICAP.

CAUSAS Y FACTORES DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL MUNICIPIO DE OSPINA: HUELLA HÍDRICA

9.3.1. Características de los acueductos del municipio de Ospina.

Todos los acueductos del municipio de Ospina, presentan un índice de riesgo alto o son inviables sanitariamente lo que indica que los habitantes del municipio están consumiendo aguas no aptas, según los reportes del Instituto Departamental de Salud de Nariño, las muestras fueron recogidas en puntos específicos después de las plantas o los sistemas de tratamiento de agua potable de cada uno de los acueductos, esto permite verificar que las técnicas utilizadas para la potabilización de agua no funcionan, o no se está llevando a cabo la desinfección del agua correctamente, la normativa es clara en mencionar cuáles son los parámetros físicos, químicos y microbiológicos que se deben analizar para la evaluación de la calidad del agua, a continuación se realiza una relación de cada uno de los acueductos existentes en el municipio y se muestran los resultados encontrados en el SIVICAP.

9.3.1.1. Acueducto Regional. Suministra el recurso a las veredas San Miguel, San Antonio, San José Obrero y Manzano, (ver anexo 8. Carta de campo acueducto regional) con un total de suscriptores en el área rural de 346, la quebrada que abastece a este acueducto, es la quebrada Cunchila y el caudal de ingreso de la bocatoma principal al desarenador es 8L/s es importante destacar que el desarenador de este acueducto se encuentra en regular estado y presenta filtraciones, además entre la bocatoma y el último tanque de almacenamiento ubicado en la vereda el Manzano el sistema de conducción del recurso ya cumplió su vida útil y está en mal estado. Cada uno de los tanques de almacenamiento ubicados en las veredas presenta filtraciones y dentro de su estructura no cuentan con recubrimiento. En las veredas San José y San Miguel no existe un sistema de desinfección del agua. El IRCA para este acueducto es de 66,19, presentando así un riesgo algo y permitiendo que estas aguas no sean aptas para el consumo humano en la tabla 6, se presentan los parámetros físicos químicos evaluados por el instituto departamental de salud.

Tabla 6.

Análisis características físico químicas y microbiológicas Acueducto Regional.

Acueducto Regional		
Muestra tomada desde	Grifo	
Intradomiciliario	Si	
Desinfectante	Hipoclorito de Sodio	
Tipo de Agua	Tratada	
Características Físicas, químicas y microbiológicas	Resultado	Diagnóstico
PH	6.8	Aceptable
Color Aparente	40	No Aceptable
Alcalinidad total	20	Aceptable
Cloruros	7.5	Aceptable
Fluoruros	0.5	Aceptable
Cloro Residual Libre	0	No Aceptable
Conductividad	37	Aceptable
Turbiedad	2	Aceptable
Dureza Total	12	Aceptable
Nitritos	0.012	Aceptable

CAUSAS Y FACTORES DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL MUNICIPIO DE OSPINA:
HUELLA HÍDRICA

Coliformes Totales	866.4	No Aceptable
E.coli	38.8	No Aceptable
Hierro Total	0.21	Aceptable

Fuente. Sistema de información para vigilancia de la calidad del agua potable–SIVICAP Instituto Nacional de Salud.

9.3.1.2. Acueducto Las Lomas. Este acueducto abastece a 1393 habitantes del corregimiento de Cunchila y las veredas Villa de Sur, Gavilanes y Las Mercedes, (ver anexo 9. Carta de campo) la fuente abastecedora es la quebrada Cunchila y el caudal que ingresa a la bocatoma principal 9 L/S, el método de desinfección se hace mediante la aplicación de hipoclorito de sodio sobre un tanque dosificador que vierte por sistema de un goteo el químico al tanque de almacenamiento principal.

Una vez se realiza la desinfección del agua, esta pasa a cada uno de los tanques auxiliares de las veredas para abastecer de recurso a los usuarios, el caudal que ingresa a al tanque de la vereda Gavilanes es de 2 L/s, Cunchila 3 L/s, Mercedes 2 L/s y Villa del sur 1 L/s.

Es importante destacar que la bocatoma y el desarenador principal se encuentran en perfecto estado y no presentan filtraciones, pero los tanques de almacenamiento de todas las veredas que abastece este acueducto no están en las mejores condiciones, están elaborados en concreto, pero presentan filtraciones, además ninguno cuenta con revestimiento por dentro de la infraestructura lo que impide el correcto lavado y desinfección del tanque. Presenta un Índice de Riesgo de Calidad del Agua de para el año 2020 Alto con un 60,945, determinando que no es agua apta para el consumo humano según el IDSN, en la tabla 7 se muestran los análisis fisicoquímicos evaluados.

Tabla 7.

Análisis características físico químicas y microbiológicas Acueducto Las Lomas.

Acueducto Las Lomas		
Muestra tomada desde	Grifo	
Intradomiciliario	Si	
Desinfectante	Hipoclorito de Sodio	
Tipo de Agua	Tratada	
Características Físicas, químicas y microbiológicas	Resultado	Diagnóstico
PH	6.7	Aceptable
Color Aparente	30	No Aceptable
Alcalinidad total	40	Aceptable
Cloruros	7.6	Aceptable
Fluoruros	0.4	Aceptable
Cloro Residual Libre	0	No Aceptable
Conductividad	39	Aceptable
Turbiedad	2	Aceptable
Dureza Total	15	Aceptable
Nitritos	0.018	Aceptable
Coliformes Totales	937.4	No Aceptable

CAUSAS Y FACTORES DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL MUNICIPIO DE OSPINA:
HUELLA HÍDRICA

E.coli	5058	No Aceptable
Hierro Total	0.25	Aceptable

Fuente. Sistema de información para vigilancia de la calidad del agua potable–SIVICAP Nacional de Salud

9.3.1.3. Acueducto San Isidro – La Florida. El caudal de ingreso desde la bocatoma principal al desarenador es de 5 L/s, la fuente abastecedora es la quebrada Cunchila y provee del líquido a 1.196 habitantes del corregimiento de San Isidro y la vereda La Florida (ver anexo 10. Carta de campo). En cuanto el estado de la infraestructura tanto la bocatoma como el desarenador se encuentran en buen estado y no presentan filtraciones, el tanque de almacenamiento al igual que los demás acueductos no cuenta con revestimiento factor que impide la limpieza y desinfección del mismo, además la línea de conducción desde el desarenador hasta el tanque de almacenamiento está en mal estado y se requiere la construcción de un tramo. El sistema de desinfección no se realiza de forma periódica lo que agrava la calidad del agua, el IRCA registrado en la plataforma del IDSN presenta una puntuación de 60,1008 para el año 2020, encontrándose en el rango de Riesgo Alto, en la tabla 8 se muestran los parámetros fisicoquímicos analizados para este acueducto, donde características microbiológicas como coliformes totales, E.coli se encuentran en una calificación de no aceptables, parámetros que afectan notablemente la calidad del agua para este acueducto.

Tabla 8.

Análisis características físico químicas y microbiológicas Acueducto San Isidro-La Florida.

Acueducto San Isidro-La Florida

Muestra tomada desde	Grifo	
Intradomiciliario	Si	
Desinfectante	Hipoclorito de Sodio	
Tipo de Agua	Tratada	
Características Físicas, químicas y microbiológicas	Resultado	Diagnóstico
PH	6.7	Aceptable
Color Aparente	9	Aceptable
Alcalinidad total	18	Aceptable
Cloruros	8.1	Aceptable
Fluoruros	0.8	Aceptable
Cloro Residual Libre	0	No Aceptable
Conductividad	20	Aceptable
Turbiedad	2	Aceptable
Dureza Total	15	Aceptable
Nitritos	0.002	Aceptable
Coliformes Totales	2546.8	No Aceptable
E.coli	1023	No Aceptable
Hierro Total	0.10	Aceptable

Fuente. Sistema de información para vigilancia de la calidad del agua potable–SIVICAP Instituto Nacional de Salud.

CAUSAS Y FACTORES DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL MUNICIPIO DE OSPINA: HUELLA HÍDRICA

9.3.1.4. Acueducto Cuadquiran. Este acueducto abastece a 608 habitantes de la vereda Cuadquiran (ver anexo 11. Carta de campo), el caudal de ingreso desde la bocatoma principal es de 3L/s, tanto la bocatoma, el desarenador y el tanque de almacenamiento se encuentra en buen estado y no presentan filtración. Al igual que los demás sistemas de potabilización en este acueducto se utiliza el hipoclorito de sodio para la desinfección, pero por falta de energía eléctrica no se realiza correctamente. Este acueducto cuenta con dos tanques de almacenamiento de agua potable, solamente uno de ellos cuenta con revestimiento en cerámica en su interior, que facilita la limpieza y desinfección. La línea de conducción desde la bocatoma hasta el tanque de almacenamiento se encuentra en mal estado lo que requiere el cambio de la tubería, esta presenta fallas de goteo en diferentes tramos. En la tabla 9 se indica los análisis de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos realizados a este acueducto, al igual que la mayoría de los acueductos del municipio este presenta un índice de riesgo alto.

Tabla 9.

Análisis características físico químicas y microbiológicas Acueducto Cuadquiran.

Acueducto Cuadquiran

Muestra tomada desde	Grifo	
Intradomiciliario	Si	
Desinfectante	Hipoclorito de Sodio	
Tipo de Agua	Tratada	
Características Físicas, químicas y microbiológicas	Resultado	Diagnóstico
PH	6.7	Aceptable
Color Aparente	10	Aceptable
Alcalinidad total	20	Aceptable
Cloruros	7.5	Aceptable
Fluoruros	0.5	Aceptable
Cloro Residual Libre	0	No Aceptable
Conductividad	32	Aceptable
Turbiedad	1.4	Aceptable
Dureza Total	17	Aceptable
Nitritos	0.005	Aceptable
Coliformes Totales	1553.1	No Aceptable
E.coli	727	No Aceptable
Hierro Total	0.16	Aceptable

Fuente. Sistema de información para vigilancia de la calidad del agua potable–SIVICAP Instituto Nacional de Salud.

9.3.1.5. Acueducto de Nariño. Este acueducto abastece a 630 habitantes de la vereda Nariño (ver anexo 12. Carta de campo), el caudal de ingreso desde la bocatoma principal hasta el desarenador es de 3L/s, el desarenador como el tanque de almacenamiento se encuentran en buen estado, no presentan filtraciones, pero no cuentan con revestimiento en cerámica, lo que impide el correcto lavado y desinfección de estos, el sistema de potabilización se realiza con hipoclorito de sodio, pero no es periódico y se realiza directamente por sistema de goteo sobre el tanque de almacenamiento. El sistema de conducción del recurso hídrico desde el desarenador hasta el tanque

CAUSAS Y FACTORES DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL MUNICIPIO DE OSPINA: HUELLA HÍDRICA

de almacenamiento se encuentra en mal estado, presenta goteo en varios tramos lo que requiere un cambio. En la tabla 10 se muestran el diagnóstico de los análisis de las características físico, químicas y microbiológicas.

Tabla 10

Análisis características físico químicas y microbiológicas Acueducto Nariño.

Acueducto Nariño

Muestra tomada desde	Grifo	
Intradomiciliario	Si	
Desinfectante	Hipoclorito de Sodio	
Tipo de Agua	Tratada	
Características Físicas, químicas y microbiológicas	Resultado	Diagnóstico
PH	6.5	Aceptable
Color Aparente	5	Aceptable
Alcalinidad total	15	Aceptable
Cloruros	8.1	Aceptable
Fluoruros	0.8	Aceptable
Cloro Residual Libre	0	No Aceptable
Conductividad	20	Aceptable
Turbiedad	2	Aceptable
Dureza Total	15	Aceptable
Nitritos	0.002	Aceptable
Coliformes Totales	2546.8	No Aceptable
E.coli	0	Aceptable
Hierro Total	0.10	Aceptable

Fuente. Sistema de información para vigilancia de la calidad del agua potable–SIVICAP Instituto Nacional de Salud.

9.3.1.6. Acueducto de San Vicente. Este acueducto abastece a 293 usuarios de la vereda San Vicente es el único acueducto que cuenta con una fuente de abastecimiento propia ubicada en los predios del señor Luis Erazo Calpa, en donde existe un nacimiento de agua, (ver anexo 14. Carta de campo) el caudal que ingresa desde el nacimiento hasta el tanque de almacenamiento es de 2L/s. Este acueducto no cuenta con bocatoma ni desarenador, la conducción se realiza directamente desde el pozo de nacimiento de agua hasta el tanque de almacenamiento, este no presenta filtraciones, pero al igual que todos los tanques de los acueductos del municipio no cuenta con revestimiento en cerámica que permita el correcto lavado y desinfección, el sistema de desinfección es a través de hipoclorito de sodio aplicado directamente sobre el tanque de almacenamiento de agua, la tubería de conducción se encuentra en regular estado y a diferencia de todos los acueductos del municipio este es el único que presenta un índice de riesgo superior debido a que sus aguas son INVIABLES SANITARIAMENTE, facto que puede estar agravado por las malas condiciones e inexistencia de infraestructura apropiada para el tratamiento de agua. En la tabla 11 se muestra el diagnóstico de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de este acueducto, donde la mayoría presentan un diagnóstico desfavorable.

CAUSAS Y FACTORES DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL MUNICIPIO DE OSPINA:
HUELLA HÍDRICA

Tabla 11.

Análisis características físico químicas y microbiológicas Acueducto San Vicente.

Acueducto San Vicente		
Muestra tomada desde	Grifo	
Intradomiciliario	Si	
Desinfectante	Hipoclorito de Sodio	
Tipo de Agua	Tratada	
Características Físicas, químicas y microbiológicas	Resultado	Diagnóstico
PH	6.7	Aceptable
Color Aparente	50	No Aceptable
Alcalinidad total	50	Aceptable
Cloruros	7.5	Aceptable
Fluoruros	0.5	Aceptable
Cloro Residual Libre	0	No Aceptable
Conductividad	112	Aceptable
Turbiedad	5.7	No Aceptable
Dureza Total	42	Aceptable
Nitritos	0.012	Aceptable
Coliformes Totales	142.1	No Aceptable
E.coli	7.5	No Aceptable
Hierro Total	0,38	No Aceptable

Fuente. Sistema de información para vigilancia de la calidad del agua potable–SIVICAP Instituto Nacional de Salud.

9.3.1.7. Acueducto Área Urbana. Este acueducto surte agua potable al área urbana del municipio de Ospina, la abastecen la quebrada Cunchila y la quebrada El Pantano, el caudal de ingreso a la planta de potabilización es de 6L/s, este acueducto cuenta con una bocatoma principal ubicada en la parte alta de la quebrada Cunchila y la bocatoma auxiliar localizada en la quebrada El Pantano, además de estas dos bocatomas el acueducto cuenta con otra área de abastecimiento de agua llamado el nacimiento La Piscina localizado dentro del perímetro urbano del municipio (ver anexo 14. Carta de campo).

Las bocatomas se encuentran en perfecto estado y no presentan filtraciones, cuenta con desarenador principal el cual está en buenas condiciones y un desarenador auxiliar fuera de servicio por problemas de filtraciones, el método de desinfección de agua se realiza por medio de la aplicación de hipoclorito de sodio, sobre el tanque de almacenamiento de agua potable. Es importante mencionar que la bocatoma auxiliar localizada en el nacimiento La Piscina no requiere de desinfección química, debido a que el agua es tomada directamente del nacimiento y no presenta agentes patógenos que contaminen el recurso, esta bocatoma únicamente surte agua a un barrio del municipio y en ocasiones que hay desabastecimiento de agua los habitantes del territorio acuden hasta este nacimiento para adquirir agua para las necesidades básicas. El índice de riesgo de calidad del agua para el área urbana del municipio de Ospina es de 40,82, está catalogada en el rango de Riesgo Alto, en la tabla 12 se muestran los parámetros físicos,

CAUSAS Y FACTORES DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL MUNICIPIO DE OSPINA: HUELLA HÍDRICA

químicos y microbiológicos analizados, los parámetros que presentan diagnóstico no aceptable dentro del acueducto son los factores que agravan la situación referente a la calidad del agua.

Tabla 12.

Análisis características físico químicas y microbiológicas Acueducto Área Urbana.

Acueducto Área Urbana		
Muestra tomada desde	Grifo	
Intradomiciliario	Si	
Desinfectante	Hipoclorito de Sodio	
Tipo de Agua	Tratada	
Características Físicas, químicas y microbiológicas	Resultado	Diagnóstico
PH	6.7	Aceptable
Color Aparente	10	No Aceptable
Alcalinidad total	56	Aceptable
Cloruros	7.5	Aceptable
Fluoruros	0.5	Aceptable
Cloro Residual Libre	1.1	Aceptable
Conductividad	132	Aceptable
Turbiedad	3	No Aceptable
Dureza Total	45	Aceptable
Nitritos	0.005	Aceptable
Aluminio	0.06	Aceptable
Coliformes Totales	2	No Aceptable
E.coli	0	Aceptable
Hierro Total	0.14	Aceptable

Fuente. Sistema de información para vigilancia de la calidad del agua potable–SIVICAP Instituto Nacional de Salud.

Según lo anterior, parámetros como PH, alcalinidad total, cloruros, fluoruros, conductividad, dureza total y nitritos presentan valores Aceptables para la mayoría de los acueductos a diferencia del color aparente, turbiedad cloro residual, coliformes totales y E.coli.

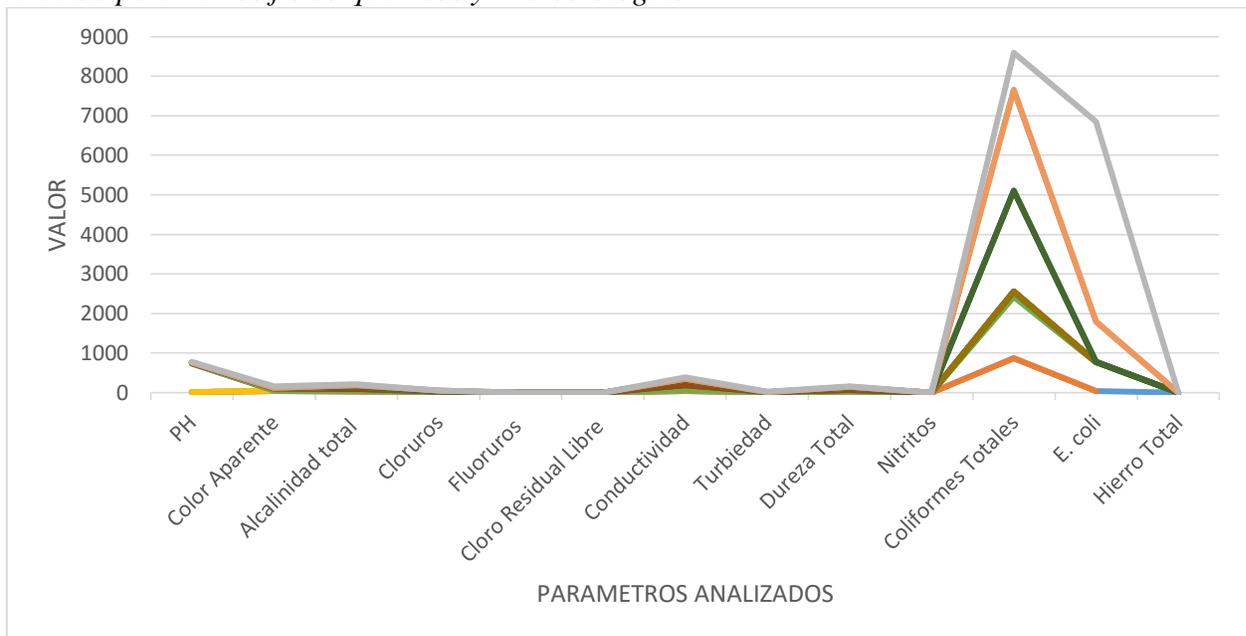
En la figura 7 se muestran los valores de cada uno de los parámetros analizados, parámetros como Coliformes totales y E.coli presentan un valor muy alto en todos los acueductos. Estos dos tipos de bacterias en el agua hacen referencia a la presencia de contaminación microbiológica en el recurso, las coliformes totales están relacionadas con la presencia de aguas negras o desechos en descomposición sobre las aguas tratadas, así mismo la E.coli es un tipo de bacteria de coliformes fecales que se encuentran en los intestinos de los seres humanos y los animales, este tipo de agentes patógenos sobre el agua pueden causar enfermedades que atacan principalmente al tracto gastrointestinal de las personas que consuman aguas que tengan este tipo de bacterias.

La inexistencia del cloro residual libre en cada una de las muestras analizadas es un factor de riesgo muy alto, este parámetro indica la cantidad de hipoclorito de sodio que debe de quedar en el agua después de un periodo de contacto definido con el recurso, al ser nulo o tener un valor que no se encuentra en el rango permitido permite analizar que el agua no está siendo desinfectada correctamente, lo que genera un factor de riesgo sumamente grande para los habitantes del municipio que consumen estas aguas.

CAUSAS Y FACTORES DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL MUNICIPIO DE OSPINA: HUELLA HÍDRICA

Figura 7

Análisis parámetros físico químicos y microbiológico.



Fuente. Esta investigación.

10. Actividades socioeconómicas y usos del recurso hídrico en las microcuencas abastecedoras de los acueductos del municipio.

Según el censo del DANE 2018 el 88% de la población del municipio de Ospina es económicamente activa, el principal renglón de la económica está ligado especialmente al sector agropecuario, es importante mencionar que las actividades socioeconómicas campesinas del municipio se basa en una economía de subsistencia según el EOT la explotación del recurso suelo es tradicional y los cultivos que se generan en el municipio son de poco rendimiento, siendo inferiores a los promedios de otros municipios en el departamento.

10.1. Sector Agrícola

En el municipio la explotación agrícola es débil y deficiente, caracterizándose por ser tradicional, dependiente de insumos y tradicional, los pequeños productores no cuentan con canales de conexión de comercialización estables que permitan la circulación de sus productos a nivel departamental o nacional, lo que los lleva a venderlos dentro del municipio o en los municipios cercanos a precios muy bajos, es fundamental mencionar que la agricultura dentro del municipio no cuenta con la maquinaria adecuada y no se siguen pautas ecológicas y técnicas que contribuyan a la conservación, lo que genera la degradación del suelo y por ende el deterioro paulatino del mismo. La contaminación del suelo y las fuentes hídricas del municipio esta derivada principalmente de las inadecuadas prácticas agrícolas, es evidente notar a lo largo del territorio el mal uso de agroquímico y la disposición final de los residuos sólidos, muchas veces se encuentran a las riberas de las fuentes hídricas.

CAUSAS Y FACTORES DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL MUNICIPIO DE OSPINA: HUELLA HÍDRICA

Según las Evaluaciones Agropecuarias Municipales (EVA) los cultivos presentes en el municipio son de carácter transitorio, para el año 2020 del total de hectáreas del territorio 2.263 son hectáreas sembradas, con cultivos de cebada, quinua, trigo, zanahoria, arveja, fríjol voluble, papa, papa criolla y cebolla de bulbo.

En la tabla 13 se encuentra la relación de los cultivos que se siembran en el municipio de Ospina, siendo el cultivo de papa el principal producto con un total de 1.750 hectáreas sembradas a 2020 con una producción de 435.000 toneladas durante ese año, seguido del cultivo de arveja con 330 hectáreas y una producción de 135 toneladas, en tercer lugar fríjol voluble con 90 hectáreas y producción de 135 toneladas, el trigo ocupa el cuarto lugar, seguido de la cebada, quinua, papa criolla, zanahoria y por último la cebolla de bulbo.

Tabla 13.
Cultivos existentes en Ospina.

Cultivo	Última área sembrada reportada (ha)	Área sembrada 2020 (ha)	Área cosechada (ha)	Producción (t)	Rendimiento (t/ha)
Cebada	35,00	48	48	148	3,08333
Quinua	47,00	32	32	99,2	3,1
Trigo	50,00	50	50	186	3,72
Zanahoria	15,00	15	14	434	31
Arveja	330,00	150	150	840	5,6
Fríjol Voluble	90,00	90	90	135	1,5
Papa	1.880	1.750	1.750	435.000	44,84
Papa Criolla	20,00	18	17	637,5	37,5
Cebolla de Bulbo	10,00	0	0	0	0

Fuente: Evaluaciones Agrícolas Municipales 2020

Como se mencionó anteriormente la producción agrícola, se hace de manera tradicional, la gran mayoría de los productores no utilizan tecnología e innovación que les permitan incrementar su productividad y competitividad.

Desde todo punto de vista la producción agrícola está afectada por diferentes condiciones que hacen que el sector no sea determinante ni siquiera para la economía campesina, los costos de producción son demasiado altos, por tal razón la rentabilidad para el pequeño productor se ve minimizada. Es prioritaria la concientización y educación para los productores en la conformación de los grupos asociativos con el fin de ser más competitivos y contribuir con su propio desarrollo.

10.2. Sector pecuario

Este sector hace parte a la producción de ganado bovino, porcino y especies menores. En el municipio de Ospina la ganadería se realiza de forma extensiva según el EOT más del 50% de los predios están dedicados a la ganadería o tenencia de ganado bovino. El fondo nacional del ganado (Fedegan), afirma que en el municipio existen 891 predios censados en los cuales existe un total de 6,952 cabezas de ganado distribuidas entre hembras y machos de diferentes edades. La crianza de ganado en su mayoría está destinada para la producción de leche para el

CAUSAS Y FACTORES DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL MUNICIPIO DE OSPINA: HUELLA HÍDRICA

autoconsumo y para el procesamiento de sus derivados en una de las tres industrias lecheras ubicadas en la vereda San Isidro.

En la tabla 14 se muestra la distribución del ganado por edades y sexo. La mayoría de ganado que existe en el municipio son las Hembras entre 3 y 5 años y 1 y 2 años con un total de 2,307 y 1,029 respectivamente, el cual es ganado utilizado principalmente para la producción de leche, según el EOT la mayor cantidad de cabezas de ganado se ubican en las veredas de San Isidro, Las Mercedes, Cunchila, Gavilanes, Villa de sur y La Florida.

Tabla 14.

Distribución del ganado por edades y sexo en Ospina.

Predios censados	Hembras menor 3 meses	Hembras entre 3 y 8 meses	Hembras entre 8 y 12 meses	Hembras entre 1 y 2 años	Hembras entre 2 y 3 años	Hembras entre 3 y 5 años	Hembras mayor 5 años	Censo total hembras
891	159	443	280	1,029	469	2,307	78	4,765
	Machos menor 3 meses	Machos entre 3 y 8 meses	Machos entre 8 y 12 meses	Machos entre 1 y 2 años	Machos entre 2 y 3 años	Machos mayores 3 años		Total machos
	134	399	429	871	317	37		2,187
Total								6,952

Fuente: FEDEGAN 2020

Así mismo Fedegan 2020 afirma que en Ospina diariamente la producción de leche está estimada en alrededor de 13,788 litros, de los cuales 7,262litros son vendidas a las queserías que se ubican en la vereda de San Isidro, 6.031litros a los cruderos y 215L es comercializada a terceras personas, como se muestra en la tabla 15.

Tabla 15.

Cantidad de leche producida en Ospina.

Vacas en producción	Litros producidos día	Promedio vaca/día	Cantidad producida vendida a la industria	Cantidad producida vendida a intermediarios	Cantidad producida vendida a queseros	Cantidad producida vendida a cruderos	Cantidad producida vendida a otros
1.663	13.788	8,3	0	279	7.262	6.032	215

Fuente: FEDEGAN 2020

Como se mencionó anteriormente las actividades socioeconómicas en el municipio de Ospina se centra principalmente en el primer renglón de la economía, los campesinos se dedican principalmente a las labores del campo como la agricultura y la ganadería de ahí la importancia de reconocer en campo la importancia que los pobladores del municipio le dan al recurso hídrico y determinar cuáles son las actividades en las que ellos utilizan el agua.

10.3. Interpretación de la comunidad sobre su territorio.

Se llevó a cabo un encuentro con algunos habitantes del municipio de Ospina, por motivos de pandemia no se pudo contar con una gran participación, se realizaron grupos focales de aproximadamente 10 personas tanto en el área urbana como en las veredas. Esta actividad es de suma importancia para la investigación, ya que gracias a esta se pudo conocer la importancia que tiene el territorio para los pobladores, además se identificó la visión de la problemática actual que tiene el recurso hídrico por parte de los campesinos.

La comunidad realizó mapas parlantes en donde se obtuvo información mediante relatos y dibujos, de la perspectiva que se tienen sobre el territorio y principalmente sobre el recurso hídrico. Para esta actividad se tuvo en cuenta la metodología planteada por Miguel Expósito Verdejo en la Guía práctica de diagnóstico rural participativo.

Los mapas parlantes llevados a cabo están ligados a la utilización de la fuente hídrica; con este recurso se conoció de primera fuente en que actividades principalmente se utiliza el agua, además se pudo constatar como es el acceso en cuanto a servicios de agua potable y alcantarillado por parte de la comunidad del área urbana y rural participante en esta actividad.

- **Interpretación habitantes área urbana:** Las personas que habitan el área urbana del municipio reconocen que la utilización del recurso hídrico, se centra en una gran proporción en la preparación de alimentos para el consumo diario, del mismo modo; se visualiza que las personas emplean el agua como un factor que aporta a la limpieza no solo de los productos o alimentos que provienen de la tierra, sino que también a esa limpieza de objetos materiales y la higiene personal.

Por otra parte, la mayoría de los habitantes del área urbana aseguran que el agua para consumo diario es suministrada por el acueducto urbano, la principal fuente hídrica es la quebrada Cunchila, los habitantes expresan que si cuentan con agua potable y alcantarillado, no obstante, resaltan que en algunas ocasiones, cuando realizan limpieza a la planta de tratamiento de agua le agregan mucho cloro, así mismo cuando hay días de mucha lluvia en el municipio el agua llega a las casas con residuos de barro y muy turbia lo que impide su consumo. (Ver Anexo 16, Mapa parlante de recursos hídricos área urbana).

- **Interpretación habitantes área rural:** Desde el sector rural los habitantes manifiestan que el agua de consumo diario suministrada por los acueductos veredales no presenta las condiciones necesarias para ser aguas aptas y que el servicio es intermitente, y no se presta las 24 horas del día. En el área rural los campesinos además de utilizar las fuentes hídricas para la preparación de alimentos y las actividades diarias, aprovechan este recurso para algunos sistemas de riego para los cultivos, como; papa, maíz, arveja, trigo, entre otros, con el fin de que estos productos eleven los rendimientos.

La comunidad reconoce que el recurso hídrico está disminuyendo y además está siendo objeto de contaminación, atribuyen las causas al manejo inadecuado de agroquímicos y ausencia de un sistema de tratamiento integral de residuos sólidos y al sistema ineficiente de manejo de aguas servidas, además los habitantes que viven en las áreas cercanas al Páramo Paja Blanca afirman que la frontera agrícola es cada vez más grande y que existen muchos cultivos de papa principalmente en el páramo, lo que contribuye a la degradación del ecosistema y disminuye la calidad del recurso hídrico.

Las personas que asistieron al taller expresan que no cuentan con agua potable y mucho menos con alcantarillado, además de lo anterior se llevó una actividad con los campesinos que siembran productos agrícolas, con el fin de identificar la relación del recurso hídrico en las siembras de cada uno de los productos, para cultivos como la papa por ejemplo los pobladores

CAUSAS Y FACTORES DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL MUNICIPIO DE OSPINA: HUELLA HÍDRICA

aseguran que la siembra se hace en diferentes meses del año y que el cultivo dura aproximadamente seis meses, en los cuales dependiendo de la necesidad del cultivo se le agrega diferentes tipos de agroquímicos y fertilizantes, productos que muchas veces son suministrados al cultivo cada 8 días.

Los pobladores del municipio aseguran que en el año hay dos periodos de lluvia, el primero en los meses de febrero, marzo, abril y mayo y el segundo a finales del año en los meses de octubre, noviembre y diciembre, pero que las lluvias últimamente son muy variables, factor que se le atribuye al cambio climático.

La participación de la comunidad es de gran importancia para este tipo de investigaciones, ya que gracias a ello se puede reconocer la perspectiva que tienen las personas sobre su territorio e identificar con mayor eficacia las principales problemáticas que existen en el área de estudio. En el municipio de Ospina las poblaciones reconocen y aceptan que el recurso hídrico del área presenta un alto índice de riesgo tanto en calidad como en disponibilidad, y enfatizan en que se deben de realizar gestiones por parte de los entes gubernamentales y educativos para generar conciencia sobre los recursos naturales en general.

10.4. Cobertura y uso del Suelos

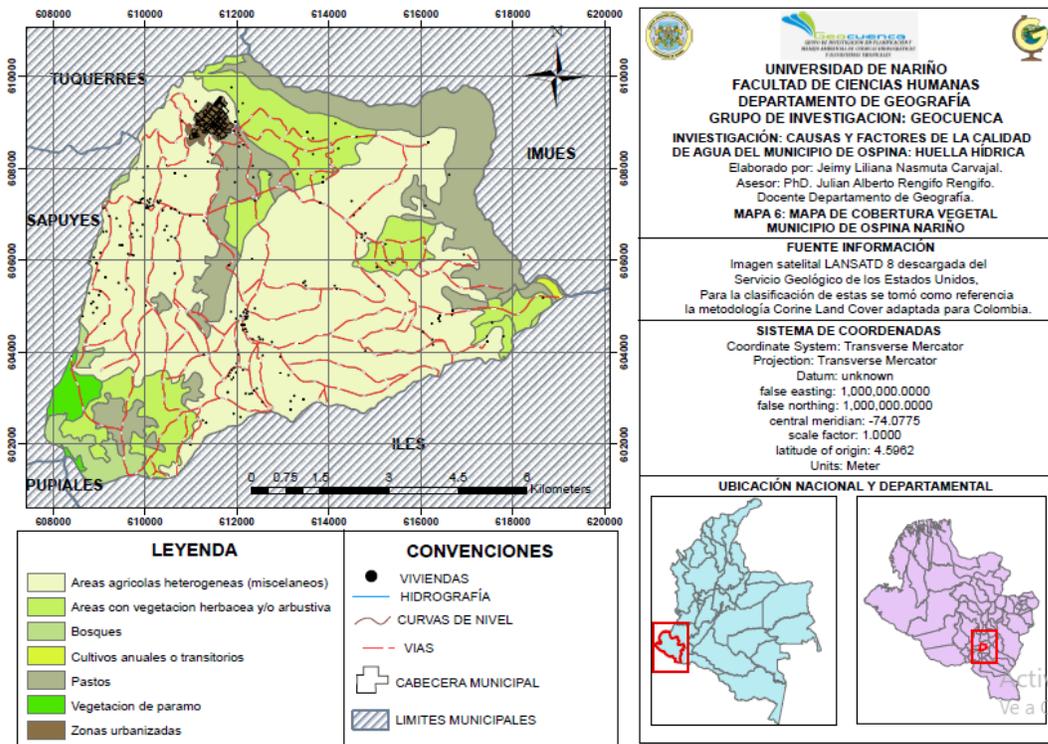
Para el análisis y evaluación de las coberturas y usos del suelo en esta investigación se tuvo en cuenta el Estudio general de suelos para el Departamento de Nariño, propuesto por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC), en el cual se destacan las propiedades físicas químicas del suelo y la Metodología Corín Land Cover propuesta para Colombia en donde se determina la cobertura del suelo.

10.4.1. Uso y cobertura del suelo rural.

Para este proceso se realizó el mapa de cobertura vegetal, utilizando una imagen satelital LANDSATD 8 descargada del Servicio Geológico de los Estados Unidos, en el software se procesaron las bandas 6,5,4 para el análisis de vegetación, 6,5,2 para agricultura y 7,6,4 para la clasificación de zonas urbanas. Para la clasificación de estas se tomó como referencia la metodología Corine Land Cover. (Ver Mapa 6. Mapa de cobertura del suelo).

Mapa 6. Mapa de Cobertura del Suelo Municipio de Ospina Nariño.

CAUSAS Y FACTORES DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL MUNICIPIO DE OSPINA: HUELLA HÍDRICA



Dentro de la metodología se describen diferentes niveles que llevarán a describir la cobertura actual del suelo, según la cartografía para el municipio los diferentes niveles que se encuentran en el territorio son:

- **Bosques y áreas seminaturales:** Dentro de esta categoría se determinan las coberturas vegetales de tipo boscoso, arbustivo y herbáceo, además de lo anterior se tiene en cuenta dentro de este grupo los suelos con afloramientos rocosos, arenosos, suelos desnudos y territorios que hayan sufrido alguna intervención antrópica (vegetación secundaria, plantaciones forestales).

Bosques: Determinados por las áreas naturales o seminaturales, comprendidas esencialmente por elementos arbóreos de especies nativas o exóticas, dentro de esta categoría se determinan los árboles que presenten una altura del dosel superior a los cinco metros.

Bosques de galería y ripario: Se refiere a las coberturas constituidas por vegetación arbórea ubicada en las márgenes de cursos de agua permanentes o temporales. Este tipo de cobertura está limitada por su amplitud, ya que bordea los cursos de agua y los drenajes naturales. Dentro del área de estudio esta cobertura ocupa 13,41 hectáreas del total del municipio y es la que menos cobertura presenta, a pesar de que dentro del municipio existen muchas microcuencas al margen de cada una de ellas la cobertura de bosque ripario es muy baja, debido principalmente a la alta intervención antrópica por parte de los pobladores para realizar actividades como la ganadería y la agricultura.

- **Área con vegetación herbácea y/o Arbustiva:** Dentro de esta categoría se encuentran los grupos de coberturas vegetales de tipo natural y producción de la sucesión natural, donde se desarrolla la vegetación arbustiva y herbácea desarrollada sobre diferentes sustratos, con poco o ninguna intervención antrópica.

Herbazal: Aquí se encuentra la cobertura constituida por los elementos típicamente herbáceos los cuales han sido desarrollados de forma natural en diferentes densidades y sustratos, estas coberturas no han sido intervenidas o su intervención ha sido selectiva.

CAUSAS Y FACTORES DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL MUNICIPIO DE OSPINA: HUELLA HÍDRICA

Herbazal denso: En el área de estudio existen 94,96 hectáreas de herbazal denso, ubicado principalmente en las áreas que el municipio tiene jurisdicción del páramo de Paja Blanca. Esta vegetación tiene características típicas de los elementos herbáceos desarrollados de forma natural, dentro de las especies de flora que se ubican en esta categoría y están presentes en el municipio se puede mencionar al musgo de montaña, mortiño, cortadera y princhilan principalmente. Es importante mencionar que la alta intervención antrópica sobre esta área ha favorecido a que exista escasa vegetación propia de páramo sobre el área de estudio, debido principalmente a la presión ejercida sobre este ecosistema para realizar actividades socioeconómicas propias del área.

- **Territorios Agrícolas:** En esta categoría se agrupan todos los terrenos dedicados principalmente a la producción de alimentos y pastos para la producción ganadera. Aquí se ubican las áreas dedicadas a cultivos permanentes, transitorios, áreas de pastos y zonas agrícolas heterogéneas. Dentro del área de estudio esta categoría es la que mayor porcentaje de hectáreas ocupa.

Áreas agrícolas heterogéneas: Dos o más clases de coberturas agrícolas están asociados a estas unidades, generando un patrón de mosaicos geométricos lo que genera la difícil separación en coberturas individuales. En el municipio se define las siguientes unidades dentro de esta clase:

Mosaico de pastos y Cultivos: En el área de estudio esta cobertura es la que mayor territorio ocupa con 3874,16 hectáreas, esto debido principalmente a las actividades socioeconómicas propias de los campesinos de la zona; comprende tierras destinadas a la producción de cultivos y pastos en los cuales el tamaño de las parcelas son muy pequeños para clasificarlos por separado. Entre los principales cultivos existentes en el municipio están: la papa, la arveja, el fríjol, la cebada, el trigo, la quinua.

- **Pastos:** Aquí se reúnen todos los territorios cubiertos con hierba densa dedicada principalmente al pastoreo, en el área de estudio esta cobertura está dedicada a la crianza de ganado bovino para la producción de leche. Dentro de las categorías que se encuentran en esta clase para el municipio están:

Pastos Limpios: Ocupa una superficie en el territorio de 333,98 ha, y se caracterizan por ser pastos que presentan alguna clase de manejo ya sea de limpieza o con la utilización de fertilizantes, prácticas que impiden el desarrollo de otras coberturas sobre el suelo.

Pastos enmalezados: Su principal características es que son coberturas que tiene la presencia de pastos y malezas, conformadas por asociación de vegetación secundaria, en el municipio este proceso se da debido al desplazamiento de la vegetación arbustiva para ser reemplazada por pastos.

- **Territorios artificializados:** Se caracteriza por cumplir una función urbana y de prestación de servicios; los usos predominantes son la vivienda, comercial y de servicios, recreacional e institucional. Para el área de estudio debido a la escala de trabajo únicamente se cartografió el área urbana del municipio.

Zonas Urbanizadas: Son áreas en donde el territorio está cubierto por infraestructura urbana como parques, calles, edificaciones entre otras, en donde se presenta un tejido urbano continuo.

Tejido Urbano Continuo: En esta cobertura se encuentra el área urbana del municipio de Ospina.

10.3.1.2. Clasificación agrológica.

El estudio general de suelos para el departamento de Nariño define la profundidad efectiva como la profundidad hasta la cual pueden llegar las raíces de las plantas, sin que se encuentren

CAUSAS Y FACTORES DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL MUNICIPIO DE OSPINA: HUELLA HÍDRICA

impedimentos físicos o químicos de cualquier naturaleza. Dentro del municipio de la Ospina se encuentran dos tipos de suelos predominantes, los suelos de altiplanicie y suelos de paisaje de montaña.

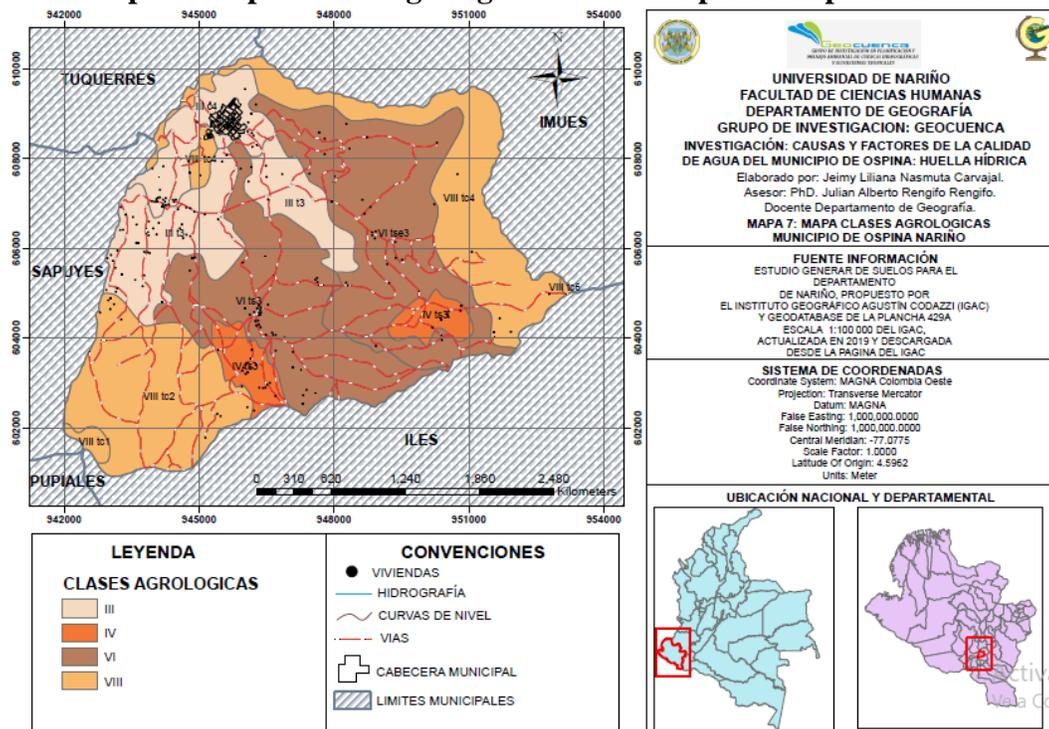
Los suelos de altiplanicie se caracterizan por tener suelos profundos y muy profundos, sin embargo, en las lomas y los cañones y algunos vallecitos de las mesas los suelos son superficiales debido a la presencia en algunos casos de capa cementada.

En los suelos de paisaje de montaña varían desde muy superficiales hasta muy profundos, dependiendo de la profundidad a la que se encuentren una o varias de las siguientes clases obstáculos: fragmentos gruesos en más de 60% material rocoso continuo nivel freático, material saprolítico, capa cálcica y material compactado. Los suelos de montaña que oscilan entre muy superficial y moderadamente profundos presentan limitaciones en profundidad por roca continua o por nivel freático alto y los que presentan abundantes fragmentos de roca, capa cálcica o material saprolítico, normalmente son moderadamente profundos.

Según la clasificación realizada por el IGAC, existen las siguientes ocho clases agrológicas para Colombia: I, II, III, IV, V, VI, VII, VIII, así pues a medida que el grado aumenta la aptitud del suelo disminuye. De esa forma los suelos de clase I no poseen ninguna restricción o limitación para su explotación lo que los hace suelos aptos para cualquier actividad socioeconómica que se quiera desarrollar sobre ellos, por otra parte, los suelos de Clase VIII son territorios donde las condiciones los hace no aptos para ninguna actividad únicamente deben de ser suelos con vocación de protección y conservación.

En esta investigación es de suma importancia conocer y determinar las clases agrológicas existentes dentro del área de estudio, ya que eso permitirá analizar si se está realizando sobrecarga en los suelos y por ende en el recurso hídrico. En Ospina se encuentran las siguientes clases agrológicas: (Ver Mapa 7 clasificación agrológica).

Mapa 7. Mapa Clases Agrológicas del Municipio de Ospina Nariño



CAUSAS Y FACTORES DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL MUNICIPIO DE OSPINA: HUELLA HÍDRICA

Clase III: Se encuentran en los climas fríos, medio y cálido húmedo, muy húmedo y seco con relieves planos o fuertemente inclinados con suelos que varían desde muy profundos a superficiales. Estos suelos se han originado en su mayor parte de cenizas volcánicas y en algunos casos de arenas volcánicas y pumitas. Estos se encuentran dentro de esta clasificación presentan una limitación moderada de uso, ya que sus propiedades físicas les permiten ser suelos muy fuertes. Para esta clase en el área de estudio se encuentran la subclase IIIt3 y IIIc4, se debe mencionar que para obtener una buena producción agropecuaria en estas áreas es importante la aplicación de fertilizantes de fórmula completa, altos en fósforo.

Subclase IIIt3: Esta subclase se encuentra ubicado en los climas frío húmedo y muy húmedo y frío seco, su litología esta sobre los mantos de ceniza volcánica, tobas de ceniza, lapilli o andesitas y aglomerados. Estos suelos presentan un relieve moderado y fuertemente inclinado, son suelos muy profundos, bien drenados, con texturas variables, muy fuerte a moderadamente ácidos, fertilidad alta, moderada y baja, alto contenido de materia orgánica y algunos suelos con moderado contenido de aluminio activo.

Estos son suelos aptos para cultivos como papa, hortalizas, cebolla, haba, arveja, curuba, mora y pastos introducidos como kikuyo destinados principalmente para ganadería semi intensiva. En el municipio de Ospina estos suelos de subclase IIIt3 actualmente son suelos destinados para los cultivos anuales, principalmente la papa, trigo, maíz, fríjol y hortalizas, también se encuentra la cobertura de pastos utilizados para la crianza de ganado bovino semi intensivo.

Subclase IIIc4: están ubicados en las tierras con climas fríos secos de paisaje de altiplanicie, de relieve plano a moderadamente inclinado, muy profundos y profundos, de texturas moderadamente gruesas, bien drenados, fuerte a moderadamente ácidos, fertilidad moderada y alta, mediana y alta saturación de bases, bajo y alto contenido de carbono orgánico y bajo y mediano contenido de fósforo.

Es importante mencionar que estos suelos presentan un uso limitado debido a las heladas periódicas que se presentan durante el primer semestre del año, algunos suelos tienen baja retención de humedad y moderada profundidad. Son recomendables para cultivos como trigo, cebada, papa, arveja, maíz, hortalizas y frutales como mora, fresas, así mismo pueden ser utilizados para la ganadería extensiva y semi intensiva. En el municipio estos suelos actualmente presentan un uso agrícola y ganadero principalmente existen cultivos de papa, trigo, cebada, maíz y pastos para la producción de ganado bovino.

Clase IV: Los suelos de esta clase en el municipio de Ospina se encuentran en los climas frío y muy húmedo, en relieves fuertemente inclinados, son suelos muy profundos con texturas moderadamente gruesas, bien drenados, extremadamente ácidos, presentan una fertilidad baja y una alta saturación de aluminio, es importante mencionar que estos suelos tiene unas limitaciones de uso, que varían de moderadas a severas debido a que presentan un grado de erosión moderada y mala distribución de las lluvias. Se encuentran sobre mantos de ceniza volcánica, tobas de ceniza y lapilli. En el área de estudio se encuentra únicamente una la subclase IVts3.

Subclase IVts3: Son suelos aptos para el cultivo de papa, trigo, fríjol, hortalizas, haba, cebolla, mora, curuba y pastos introducidos, hay que mencionar que a estos suelos es de suma importancia aplicar prácticas de manejo como sembrar a través de la pendiente, aplicar cal y fertilizantes y realizar control de maleza, plagas y enfermedades, se debe evitar las quemas y el sobrepastoreo. Actualmente, en Ospina estas tierras se encuentran dedicadas a la producción de cultivos anuales como la papa, el trigo, hortalizas y la producción de pastos para el ganado bovino semi-intensivo.

CAUSAS Y FACTORES DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL MUNICIPIO DE OSPINA: HUELLA HÍDRICA

Clase VI: Esta clase se encuentra en los climas frío húmedo y muy húmedo dentro del municipio de Ospina, sobre una litología de mantos de ceniza volcánica sobre todas de ceniza y lapilli, se presentan sobre los relieves de lomas en el paisaje de montaña. Son suelos muy profundos, con texturas moderadamente gruesas y bien drenados; extremadamente ácidos, tienen una baja fertilidad y alta saturación de aluminio. Para el área de estudio esta clase se divide en dos subclases VIItse3 y VIIts3.

Subclase VIItse3: Tienen un relieve fuertemente quebrado, entre las limitaciones de esta subclase se puede mencionar el alto grado de saturación de aluminio y el grado moderado de erosión de los suelos. Actualmente estos suelos se encuentran dedicados a la producción de pastos naturales para ganadería y para los cultivos de papa. La cobertura actual para Ospina se centra principalmente en el cultivo de papa y pastos para ganado lechero.

Subclase VIIts3: Son suelos muy profundos con texturas moderadamente gruesas, presentan una fertilidad de baja a moderada. Las limitaciones de estos terrenos se centran principalmente en el alto grado de saturación de aluminio y la baja fertilidad, algunos suelos presentan baja retención de humedad y presencia de afloramientos rocosos. Son tierras aptas para cultivos de arveja, maíz, ajo, frijol, cebolla, hortalizas, trigo, haba, mora, curuba fresas y pastos naturales. Actualmente, en Ospina estos suelos se encuentran dedicados a los cultivos de papa, trigo maíz y hortalizas; además de ellos existe presencia de pastos para el ganado bovino.

Clase VIII: Son suelos que se encuentran en climas frío seco, medio seco, muy frío húmedo y muy húmedo, extremadamente frío húmedo y muy húmedo, entre relieves planos y moderada a fuertemente escarpados, presentan una profundidad variable desde superficial a suelos muy profundos, son suelos muy ácidos y moderadamente alcalinos. En Ospina esta clase se divide en cuatro subclases.

Subclase VIIIItc1: Los suelos son superficiales y profundos, de texturas moderadamente gruesas, con abundante gravilla y cascajo, bien drenados, muy fuerte y moderadamente ácidos, estos suelos no tienen aptitud agropecuaria y forestal, son áreas que deben dedicarse únicamente a la conservación y protección de la flora y fauna que existe en el territorio, son suelos de reserva y recarga hídrica. En Ospina estos suelos pertenecen a las hectáreas que tiene jurisdicción el municipio sobre el páramo Paja Blanca.

Subclase VIIIItc2: se encuentran en climas muy frío húmedo y muy húmedo, sobre mantos de ceniza volcánica en andesitas, de relieve moderada y fuertemente escarpado, presentan una textura moderadamente gruesa, son suelos muy bien drenados, muy fuertemente ácidos y con baja fertilidad, presentan una alta saturación de aluminio y tienen alto contenido de materia orgánica. Estas tierras constituyen una de las fuentes de abastecimiento de agua, por ello deben de considerarse como áreas de reserva las cuales deben de protegerse y conservarse, es importante que se conserven los bosques naturales y la vegetación natural existente en esta área. Actualmente, en el municipio de Ospina esta área presenta cultivos de papa y haba, además pastos para la crianza de ganado bovino.

Subclase VIIIItc4: Corresponde al clima frío seco de los cañones de la altiplanicie. Presentan una textura moderadamente gruesa y pedregosa, son suelos muy bien drenados, fuertemente ácidos, tienen una fertilidad moderada y un alto contenido de carbono orgánico, son suelos que están afectados por erosión laminar, en surcos y desarrollo de cárcavas. Son suelos con un alto grado de limitación debido a que son tierras útiles para la preservación y protección de las cuencas hidrográficas, en estos territorios se deben adelantar procesos de reforestación que permitan la regeneración de vegetación natural. En Ospina actualmente se encuentran pastos enmalezados sobre estos suelos, muchas veces son utilizados para la producción bovina.

CAUSAS Y FACTORES DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL MUNICIPIO DE OSPINA: HUELLA HÍDRICA

10.3.1.3. Conflicto de uso del suelo:

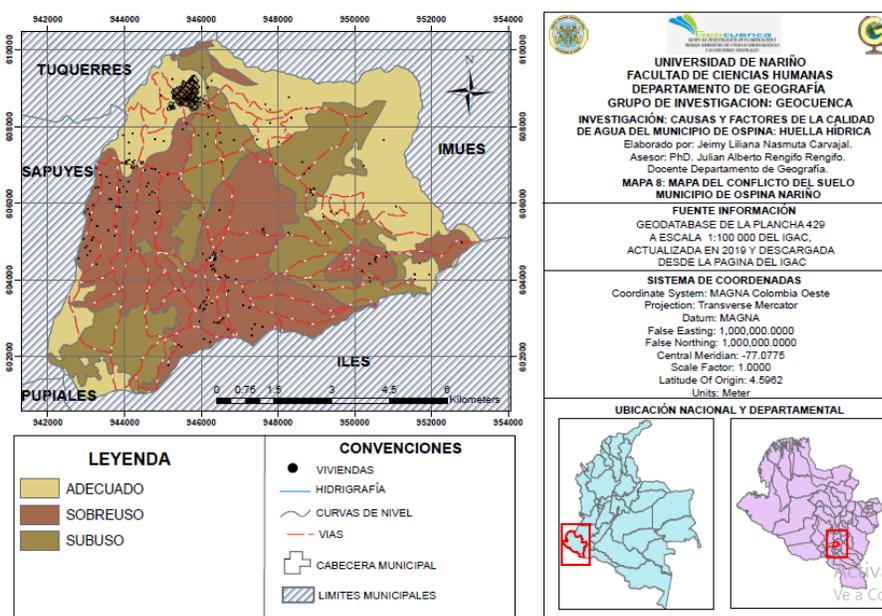
En el municipio de Ospina es muy evidente notar que áreas de interés ecosistémicos como lo es el Páramo de Paja Blanca y las riberas de las quebradas están siendo fuertemente deterioradas por acción de los pobladores. Los conflictos de uso del suelo permiten determinar si las actividades llevadas a cabo actualmente, sobre los territorios generan degradación o no, o por el contrario si las actividades actuales generan un desaprovechamiento del uso potencial del suelo. El mapa conflicto de uso del uso del suelo (ver mapa 8 conflictos del suelo), permite interpretar las relaciones existentes entre la oferta potencial del suelo y eso uso actual; en el área de estudio existen zonas donde el uso del suelo no es el adecuado lo que está generando un deterioro paulatino y acelerado de las capacidades del suelo y por ende de los ecosistemas que existen sobre este, para la clasificación de uso del suelo en esta investigación se tiene en cuenta tres criterios:

Uso Adecuado: Son todas y cada una de las áreas en donde el uso actual concuerda con la vocación natural del suelo, en donde no se genera ningún daño ni deterioro de las características propias del suelo, para el municipio el área total en estas condiciones es de 2933,75 ha.

Sobre Uso: Esta clasificación se da cuando el uso actual del suelo está por encima de la vocación natural, generando un deterioro a los suelos, actividad que se lleva a cabo principalmente en las áreas que el municipio tiene jurisdicción sobre el Páramo, en donde la frontera agrícola cada vez es mayor y la cobertura propia de este ecosistema cada vez más desaparece.

Sub Uso: Característica que se da cuando el uso actual está por debajo de la vocación natural del suelo esta actividad dentro del municipio se encuentra principalmente en las veredas de Villa del Sur, la Florida, Cuadquiran, San Isidro, Manzano, San Antonio, San José y San Vicente.

Mapa 8. Mapa de Conflicto del Suelo.



11. Huella hídrica

En esta investigación para la evaluación de la huella hídrica se utiliza la metodología propuesta por Hoekstra en 2011 en el manual llamado The Water Footprint y la Guía metodológica de aplicación de huella hídrica en cuenca por el Centro de Ciencia y Tecnología de Antioquia. Para el cálculo de la huella hídrica agrícola y pecuario es necesario contar con algunos parámetros climáticos como la temperatura mínima y máxima, humedad, velocidad del viento e insolación del área de estudio. Ospina al no contar con una estación meteorológica propia, los datos usados fueron descargados de la página oficial del IDEAM, teniendo en cuenta la Estación El Paraíso ubicada en el municipio de Túquerres Nariño, a una latitud a $1^{\circ}4'14''$ N y $77^{\circ}38'13''$ W y a 3120 m.s.n.m.

El modelo CROPWAT propuesto por la FAO es una herramienta de soporte para Windows desarrollada por Land and Water Development Division de la FAO, para determinar la evapotranspiración de las plantas con base en los datos climáticos y características propias de los cultivos, estos valores son publicados para determinar el requerimiento hídrico y la opción de programación de riego. En esta investigación se analizan los datos de requerimiento hídrico para cada uno de los cultivos y pastos priorizados en el área de estudio.

Primeramente el programa permite ingresar todos los datos climatológicos, seguido las características propias de los cultivos como mes de siembra, coeficiente único de cultivo (K_c), etapas de crecimiento, profundidad radicular, factor de agotamiento, factor de respuesta y altura del cultivo. Por último se deben de ingresar los datos correspondientes a los suelos del área de estudio.

En esta tesis se realiza el análisis de la huella hídrica para el municipio de Ospina, teniendo en cuenta la huella hídrica verde, azul y gris de las principales actividades económicas del municipio, como lo son la agricultura, ganadería y pequeñas industrias queseras ubicadas en el corregimiento de San Isidro.

Para cada uno de los sectores se tendrá en cuenta las principales actividades económicas que generan mayor impacto sobre el recurso hídrico y los ecosistemas, es así como para el sector agrícolas se analizaron los cultivos de papa, arveja, frijol voluble, así mismo en para el sector pecuario se estima este indicador para el ganado bovino.

11.1. Sector agrícola

Para este sector se analizará el requerimiento hídrico para los principales cultivos para el año 2020, desde su etapa de siembra hasta la cosecha de los frutos, cada uno de los productos es sembrado en diferentes épocas del año y en distintas condiciones.

- **Cultivo de Papa:** La papa es el principal cultivo agrícola para el municipio de Ospina, con 1.7500 hectáreas reportadas sembradas para el año 2020 según las evaluaciones agrícolas municipales, es un cultivo que tiene dos periodos de siembra y cosecha en el año. El cultivo de papa requiere un proceso de preparación de suelo antes de la siembra, es necesario rastrillar hasta quitar y eliminar todas las raíces y malezas, en ocasiones este proceso en terrenos con grandes extensiones se realiza con maquinaria pesada utilizando los tractores, esto permite que el suelo esté suave y drenado. Después de esto la semilla de papa es colocada en el suelo a una profundidad que varía entre 5 a 10 centímetros, a medida que el cultivo va creciendo el agricultor ve la necesidad de agregar agroquímicos como insecticidas, fertilizantes y fungicidas. En la tabla 16 se relacionan las etapas de crecimiento del cultivo de papa, el cual tiene una duración total de

CAUSAS Y FACTORES DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL MUNICIPIO DE OSPINA: HUELLA HÍDRICA

6 meses, aproximadamente 185 días desde la siembra hasta la cosecha del mismo. Este cultivo tiene una altura promedio de 0.60 metros y una profundidad radicular al inicio del cultivo de 0.05m y al final de 0.40m.

Tabla 16

Etapas de crecimiento cultivos.

Días	Etapas	Descripción
0-15	Inicial	Siembra, brotación y emergencia.
30	Desarrollo	Desarrollo de las hojas e iniciación de tubérculos.
30	Media	Llenado de tubérculos
110	Final	Madurez y cosecha.

Fuente. Esta investigación.

- **Cultivo de Arveja:** La arveja es el segundo cultivo con mayor producción en el municipio con 330 hectáreas sembradas para el año 2020, este cultivo tiene una duración de 5 meses en donde se desarrollan todas sus etapas de producción, primeramente se realiza una etapa de preparación del suelo donde se ara utilizando principalmente la labranza, con el fin de eliminar toda la maleza y las raíces que puedan estar en el terreno.

La siembra del cultivo debe hacerse con una semilla de arveja la cual es ubicada en surcos horizontales sobre el terreno a una profundidad de 5cm en el suelo. La primera etapa del cultivo está relacionada desde la siembra hasta la germinación y emergencia, proceso que se lleva a cabo durante los primeros 10 días, seguida de esta están las etapas de desarrollo y media, determinadas por el crecimiento del tallo y aparición de las hojas y afloramiento de las primeras flores del cultivo y la formación de las vainas, esta etapa tiene una duración del cultivo tiene una duración de 70 días. La etapa final comprende desde el surgimiento de las vainas hasta cuando el cultivo está preparado para ser cosechado tiene una duración de 60 días.

- **Cultivo de Fríjol Voluble:** En el municipio de Ospina se reportan 90 hectáreas de área sembrada de fríjol voluble para el año 2020. Este cultivo tiene una duración de 5 meses aproximadamente, ya que la cosecha se realiza cuando el cultivo esté seco. Las etapas de desarrollo de la planta se dan en dos fases, la fase vegetativa tienen una duración de 70 días y se llevan a cabo los procesos de germinación, emergencia, aparición de las primeras horas primarias y la fase reproductiva durante los siguientes 80 días, se encuentra desde la floración y formación de vainas hasta la maduración del fruto. Según las evaluaciones agrícolas para el año 2020 el cultivo del fríjol presenta un rendimiento de 1,5 t/h en el municipio.

11.1.1. Datos requeridos por el CROPWAT 8.0

Datos Climatológicos

Para el funcionamiento del Cropwat 8.0 y el cálculo del parámetro de evapotranspiración y precipitación efectiva, los datos de clima son descargados de la página oficial del IDEAM, teniendo en cuenta la Estación el Paraíso ubicada en el municipio de Túquerres, en la tabla 17 se muestra cada uno de los datos con sus respectivos valores:

CAUSAS Y FACTORES DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL MUNICIPIO DE OSPINA: HUELLA HÍDRICA

Tabla 17.

Datos climatológicos estación el Paraíso Túquerres año 2020

Mes	Temp. Max	Temp. Min	Humedad	Velocidad Viento	Insolación
Enero	16.34	7.51	69	2.68504522	2.7
Febrero	16.66	8.11	63	2.57426657	4.1
Marzo	17.77	8.33	68	1.98502748	3.5
Abril	16.75	8.57	72	2.21373669	3.5
Mayo	16.93	9.05	72	2.94166667	3.8
Junio	16.59	8.07	71	2.49166667	3.8
Julio	15.94	6.39	67	3.40833333	4.1
Agosto	16.18	6.56	68	4.35833333	4.5
Septiembre	16.62	6.54	65	3.31166667	3.8
Octubre	17.27	7.15	59	2.60833333	3.8
Noviembre	17.81	6.85	67	2.75833333	3.5
Diciembre	16.51	7.68	74	1.00833333	5.5

Fuente. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales.

11.2. Determinación de huella hídrica

11.2.1. Módulo de Clima

La figura 8 muestra la evapotranspiración promedio anual para el año 2020 y la variación de cada mes para el municipio; $ET_o=2,52$ mm/día. Para el municipio de Ospina esta se calcula introduciendo los datos climatológicos mes a mes del año a analizar obtenidos de la estación El Paraíso al software Cropwat 8.0.

Los meses con mayor evapotranspiración para el año 2020 fueron febrero y marzo lo que significa que durante estos meses la evaporación del suelo y la transpiración de las hojas por parte de las plantas fue mayor. Es importante mencionar que el cálculo del factor de evapotranspiración permite saber el agua que necesitan las plantas para su correcto desarrollo, de ahí la importancia de encontrar este dato para esta investigación.

Figura 8

Módulo clima CROPWAT.

Mes	Temp Min °C	Temp Max °C	Humedad %	Viento km/día	Insolación horas	Rad MJ/m²/día	ETo mm/día
Enero	7.5	16.3	69	3	2.7	13.0	2.29
Febrero	8.1	16.7	63	3	4.1	15.6	2.66
Marzo	8.3	17.8	68	2	3.5	15.0	2.66
Abril	8.6	16.8	72	2	3.5	14.6	2.58
Mayo	9.1	16.9	72	3	3.8	14.3	2.50
Junio	8.1	16.6	71	2	3.8	13.8	2.39
Julio	6.4	15.9	67	3	4.1	14.4	2.40
Agosto	6.6	16.2	68	4	4.5	15.7	2.61
Septiembre	6.5	16.6	65	3	3.8	15.2	2.58
Octubre	7.2	17.3	59	3	3.8	15.2	2.60
Noviembre	6.8	17.8	67	3	3.5	14.2	2.49
Diciembre	7.7	16.6	74	2	3.5	14.0	2.43
Promedio	7.6	16.8	68	3	3.7	14.6	2.52

CAUSAS Y FACTORES DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL MUNICIPIO DE OSPINA: HUELLA HÍDRICA

Fuente. Esta investigación.

11.2.2. Módulo precipitación

En la tabla 18 se muestran los datos promedios de precipitación del año 2020 mes a mes para el municipio de Ospina, estos datos fueron descargados de la página oficial del IDEAM teniendo en cuenta la estación El Paraíso ubicada en el municipio de Túquerres.

Tabla 18.

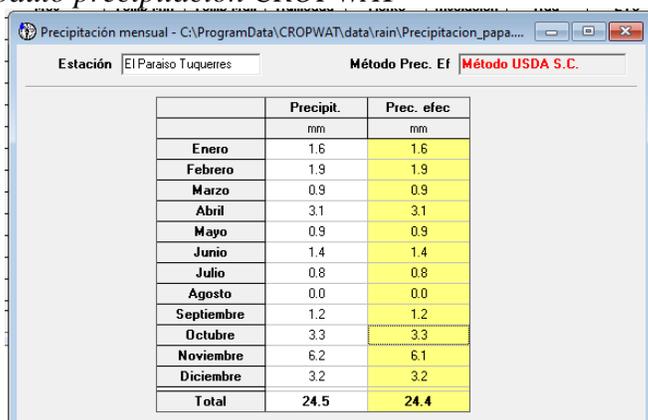
Datos mensuales de precipitación para el año 2020, en el municipio de Ospina.

Mes	Precipitación
Enero	1.5516129
Febrero	1.95517241
Marzo	0.99032258
Abril	3.14333333
Mayo	0.94516129
Junio	1.36333333
Julio	0.79354839
Agosto	0.07741935
Septiembre	1.17
Octubre	3.34516129
Noviembre	6.23
Diciembre	3.16129032

Fuente. IDEAM 2020.

En la figura 9 se muestran los datos de precipitación introducidos y procesados en el software Cropwat 8.0, es en este módulo donde se calcula la precipitación efectiva, es aquella precipitación total que es aprovechada por los cultivos o las plantas. Según los datos arrojados por el software, el mes con mayor precipitación efectiva para el año 2020 fue Noviembre y el de menor el mes de Agosto, además la precipitación efectiva total para el año 2020 fue de 24,4mm.

Figura 9
Módulo precipitación CROPWAT



	Precipit.	Prec. efec
	mm	mm
Enero	1.6	1.6
Febrero	1.9	1.9
Marzo	0.9	0.9
Abril	3.1	3.1
Mayo	0.9	0.9
Junio	1.4	1.4
Julio	0.8	0.8
Agosto	0.0	0.0
Septiembre	1.2	1.2
Octubre	3.3	3.3
Noviembre	6.2	6.1
Diciembre	3.2	3.2
Total	24.5	24.4

CAUSAS Y FACTORES DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL MUNICIPIO DE OSPINA: HUELLA HÍDRICA

Fuente. Esta investigación.

11.2.3. Módulo de cultivo

A continuación se muestran los datos requeridos por el Cropwat 8.0 para este módulo. En la tabla 19 se muestran las etapas de crecimiento y el coeficiente K y el mes de siembra para cada uno de los cultivos priorizados, la información se recopiló a través de las salidas de campo y las entrevistas realizadas a los agricultores de la zona.

Primeramente se encuentran el coeficiente de cada uno de los cultivos, este, integra los efectos combinados de la transpiración del cultivo y la evapotranspiración del suelo; coeficiente que involucra las características propias de cada cultivo y los efectos promedios de la evapotranspiración del suelo (FAO). Así pues, cada cultivo poseerá un diferente coeficiente K, el cual varía durante las etapas o fases de crecimiento, para esta investigación este factor fue tomado desde la publicación de la FAO titulada Evapotranspiración del cultivo, Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos” publicado en 2006.

Tabla 19.

Datos requeridos por CROPWAT para el módulo cultivo.

Indicador		Coeficiente K			Etapas (días)				
Cultivo	Mes de siembra	Inicial	Medio	Final	Inicial	Desarrollo	Media	Fin de temporada	Total
Papa	Abril	0,15	1,10	0,65	15	30	30	110	185
Arveja	Marzo	0,15	1,10	0,20	10	30	50	65	155
Fríjol	Noviembre	0,15	1,10	0,25	15	40	30	60	145

Fuente. Esta investigación.

Así mismo, en la tabla 20 se muestra la profundidad radicular y el factor de agotamiento del cultivo; el primer dato indica la cantidad en metros de la profundidad de la raíz tanto al inicio de las etapas de crecimiento como al final. Además, se indica el factor de agotamiento, determinado como la cantidad máxima de agua en porcentaje que el cultivo puede perder en cada una de las etapas de crecimiento, este dato fue obtenido de la guía propuesta por la FAO.

Tabla 20

Datos requeridos por CROPWAT para el módulo cultivo.

Indicador		Prof. Radicular (m)		Factor Agotamiento		
Cultivo	Mes de siembra	Inicial	Final	Inicial	Medio	Final
Papa	Abril	0,20	0,60	0,05	0,30	0,40
Arveja	Marzo	0,10	0,40	0,60	0,60	0,50
Fríjol	Noviembre	0,10	0,50	0,60	0,60	0,50

Fuente. Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos FAO.

Otros datos importantes que necesita el software para determinar la evapotranspiración de un cultivo es el factor respuesta, este describe la reducción relativa de la productividad con relación a la reducción de la evapotranspiración generada por la falta de agua; este factor está

CAUSAS Y FACTORES DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL MUNICIPIO DE OSPINA: HUELLA HÍDRICA

estrechamente ligado a la cantidad de agua que se necesita para que la producción sea mayor, un factor de respuesta mayor a 1 indica que el cultivo es altamente sensible al déficit hídrico generando una disminución del rendimiento, un factor menor a 1 indica que un cultivo es tolerante al déficit hídrico y el rendimiento va a ser mayor, también es necesario contar con la altura final de cultivo en metros, datos que se encuentran en la tabla 21.

Tabla 21

Datos requeridos por CROPWAT para el módulo cultivo.

Cultivo	Mes de siembra	Factor Respuesta						Altura de cultivo (m)
		f1	f2	f3	f4	f5	f promedio	
Papa	Abril	0,90	1,00	1,30	1,30	1,00	1,10	1,10
Arveja	Marzo	0,80	1,00	1,15	1,30	1,50	1,15	1,60
Fríjol	Noviembre	0,90	1,05	1,10	1,30	1,40	1,15	1,80

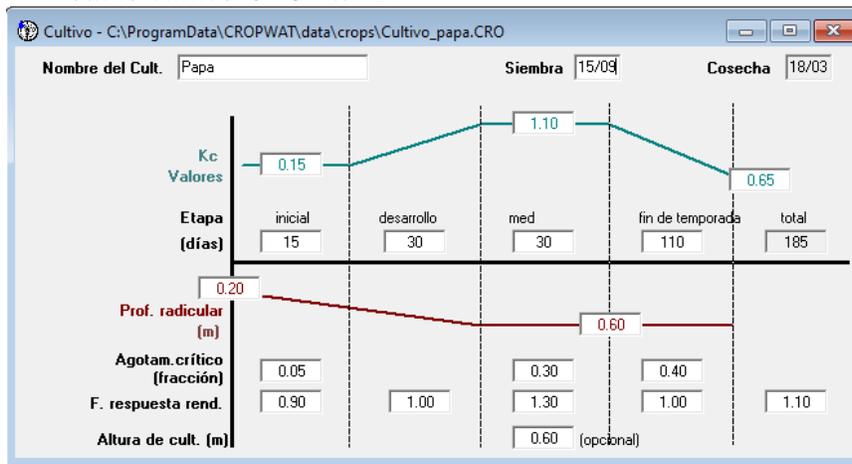
Fuente. Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos FAO

Teniendo en cuenta los datos recogidos en campo y los adquiridos en la fuente bibliográfica utilizada para esta investigación, las variables que pide el módulo de cultivo son introducidas al software para su respectivo procesamiento.

La figura 10 muestra los datos del cultivo de papa introducidos en el software, es importante mencionar que este ejercicio se debe hacer para cada uno de los cultivos a analizar por separado, las datos que serán introducidos en el software se encuentran en las tablas 19, 20 y 21, la introducción de estos datos permite el proceso inicial del programa. (Para saber los datos introducidos de los cultivos de arveja y fríjol, ver anexos 18 y 19).

Figura 10.

Módulo cultivo CROPWAT.



Fuente. Esta investigación.

11.2.4. Módulo suelo

Según el mapa geológico del municipio de Ospina, los suelos con características de origen volcánico de nombre andisoles son predominantes en el territorio, estos presentan una textura franco arenosa. Para la determinación de las características de los suelos se utilizó el software soil water characteristics calculator, contiene una interfaz gráfica que, a partir de los contenidos

CAUSAS Y FACTORES DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL MUNICIPIO DE OSPINA: HUELLA HÍDRICA

de arena y arcilla, provee las relaciones del contenido hídrico y tensión (punto de marchitez, capacidad de campo y saturación) y conductividad hidráulica saturada (K_{sat}) y no saturada. (Zambrano, 2019). En la figura 11 se indica los datos obtenidos por este software e introducidos en el Cropwat.

Figura 11

Módulo suelos CROPWAT

Nombre del suelo		
Nombre del suelo: Andisoles		
Datos generales de suelo		
Humedad de suelo disponible total (CC-PMP)	100.0	mm/metro
Tasa maxima de infiltración de la precipitación	120	mm/día
Profundidad radicular máxima	50	centímetros
Agotamiento inicial de hum. de suelo (como % de ADT)	82	%
Humedad de suelo inicialmente disponible	18.0	mm/metro

Fuente. Esta Investigación.

11.2.5. Requerimiento del agua del cultivo.

La necesidad de agua de un cultivo, se refiere a la cantidad de agua requerida para compensar la pérdida por la evaporación y transpiración (evapotranspiración). En este módulo el software calcula la cantidad de agua que necesita cualquier cultivo en un periodo de tiempo determinado (desde la etapa inicial hasta la cosecha), una vez se introduzca la información de los módulos de clima/ ET_o , precipitación, cultivo y suelo al software, se obtiene el requerimiento de agua del cultivo.

La figura 12 muestra los resultados arrojados para el módulo de requerimiento de agua del cultivo de papa en el municipio de Ospina, en la primera columna se muestran los meses de producción, en la segunda se visualiza el requerimiento de agua por periodo de 10 días (mm/dec). La siguiente columna muestra los valores del coeficiente K_c , el cual, integra la influencia real de la evapotranspiración del suelo con la transpiración del cultivo, en esta columna se puede observar que en el mes de octubre hasta los primeros diez días del mes de febrero el cultivo necesita mayor cantidad de agua. La ET_c es similar al requerimiento de agua, pues, es el agua necesaria para la evapotranspiración bajo condiciones de crecimientos ideales y es calculada a través de la multiplicación de los coeficientes K_c y las ET_o . Para obtener la cantidad de agua que cualquier cultivo evapotranspiró en milímetros cada diez días se multiplica la ET_c en milímetros día por los días. En cuanto a la precipitación efectiva, para que los datos mensuales sean dados en valores de diez días Cropwat realiza una interpolación lineal, los valores de la primera y tercera etapa cada diez días se calculan por interpolación con el mes anterior y posterior respectivamente. (Bolaños, 2011). El requerimiento hídrico que necesita un cultivo se obtiene de la diferente entre la ET_c mm/dec y la precipitación efectiva, la demanda de agua para el cultivo de papa es mayor en el mes de mayo con 23,8mm/dec debido a que la zona de estudio la precipitación en este mes es menor

El requerimiento hídrico que necesita un cultivo se obtiene de la diferente entre la ET_c mm/dec y la precipitación efectiva, la demanda de agua para el cultivo de papa es mayor en el mes de mayo con 23,8mm/dec debido a que la zona de estudio la precipitación en este mes es menor.

CAUSAS Y FACTORES DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL MUNICIPIO DE OSPINA: HUELLA HÍDRICA

Figura 12

Requerimiento del agua del Cultivo.

Mes	Decada	Etapa	Kc coef	ETc mm/día	ETc mm/dec	Prec. efec mm/dec	Req.Riego mm/dec
Mar	2	Inic	0.15	0.40	2.4	0.1	2.3
Mar	3	Des	0.16	0.42	4.6	0.5	4.1
Abr	1	Des	0.37	0.95	9.5	0.9	8.7
Abr	2	Des	0.65	1.69	16.9	1.2	15.7
Abr	3	Med	0.93	2.38	23.8	0.9	23.0
May	1	Med	1.01	2.56	25.6	0.5	25.2
May	2	Med	1.01	2.54	25.4	0.2	25.2
May	3	Fin	1.01	2.50	27.5	0.3	27.2
Jun	1	Fin	0.98	2.38	23.8	0.4	23.4
Jun	2	Fin	0.94	2.25	22.5	0.5	22.1
Jun	3	Fin	0.90	2.16	21.6	0.4	21.2
Jul	1	Fin	0.86	2.07	20.7	0.3	20.4
Jul	2	Fin	0.82	1.98	19.8	0.3	19.5
Jul	3	Fin	0.78	1.93	21.3	0.2	21.1
Ago	1	Fin	0.74	1.88	18.8	0.0	18.8
Ago	2	Fin	0.70	1.83	18.3	0.0	18.3
Ago	3	Fin	0.66	1.71	18.9	0.1	18.8
Sep	1	Fin	0.62	1.60	16.0	0.3	15.7
Sep	2	Fin	0.59	1.52	7.6	0.2	7.4
			13.88		345.0	7.1	337.8

Fuente: esta investigación.

11.3. Cuantificación de la huella hídrica Sector Agrícola.

Para la determinación de la huella hídrica de este sector se tiene en cuenta las fórmulas propuestas por Hoekstra en 2011 en el manual llamado The Water Footprint que se relacionan a continuación:

$$1. \text{Huella Hídrica}_{\text{cultivo verde}} = CWV_{\text{verde}}$$

Dónde

$$CWV_{\text{verde}} = Kc_{\text{cultivo}} * \text{Precipitación Efectiva}$$

$$2. \text{Huella Hídrica}_{\text{cultivo azul}} = CWV_{\text{azul}}$$

Dónde:

$$CWV_{\text{azul}} = Kc_{\text{del cultivo}} * \text{Requerimiento de riego}$$

- Nota: Para encontrar la cantidad de agua que se necesita para satisfacer la demanda de agua de los cultivos, en litros/día/hectárea se debe de utilizar la siguiente fórmula:

$$FWS = \frac{\text{Irrig. Req} * 10000}{(\text{Irrig. Eficiency} / 100) * \text{TimeStep}(\text{dias}) * 24}$$

Fuente: Módulo Cropwat para Windows

Donde:

FWS= Field Water Supply (suministro de agua en el Campo)

Irrig.Req= Requerimiento (neto) de riego para el periodo considerado (considerando la lluvia). Se calcula CWU – Precipitación efectiva

TimeStep= Periodo total de producción del cultivo.

Irrig.Eficiency: Por defecto el Cropwat toma 70%.

CAUSAS Y FACTORES DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL MUNICIPIO DE OSPINA: HUELLA HÍDRICA

$$3. \text{Huella Hídrica}_{\text{cultivo grispopor prod}} = \frac{a * AR}{C_{\text{max}} - C_{\text{nat}}}$$

Dónde:

a= Fracción de lixiviación del agua (%)

AR= Cantidad del fertilizante o pesticida aplicado.

C_{max}= Concentración máxima permisible de nitrógeno o fósforo en el agua.

C_{nat}= Concentración natural de nitrógeno o fósforo en el agua

11.3.1. Huella hídrica verde

La huella hídrica verde de cada uno de los cultivos permite conocer la cantidad de agua evapotranspirada que proviene de la precipitación, esta es almacenada en el suelo como humedad, los siguientes datos corresponden al agua verde utilizada para la producción de una tonelada para cada uno de los cultivos.

- **Cultivo de papa**

$$\text{Huella Hídrica}_{\text{cultivo verde}} = \text{CWV verde}$$

Fuente: Hoekstra et al, 2011.

CWU= K_c * Precipitación Efectiva

CWU= 13,88 * 7,1mm/dec = 98,548mm/dec

$$\text{Huella Hídrica}_{\text{cultivo verde}} = 98,548\text{mm/dec}$$

Para satisfacer las necesidades hídricas este cultivo necesita 98,548mm de agua para un periodo de 10 días. Una vez encontrado el CWU se procedió a calcular el requerimiento hídrico del cultivo de papa para todo el periodo de producción, utilizando la fórmula elaborada por la FAO como se muestra a continuación; esta fórmula presentará el resultado en litros/segundo/hectárea.

$$\text{FWS} = \frac{\text{Irrig. Req} * 10000}{(\text{Irrig. Eficiencia} / 100) * \text{TimeStep}(\text{días}) * 24}$$

Fuente: Módulo Cropwat para Windows

Donde:

Irrig.Req = CWU – Precipitación Efectiva

Irrig.Req para la papa= 98,548 – 7,1

Irrig.Req para la papa= 91,448

$$\text{FWS} = \frac{91,488 * 10000}{(70/100) * 185 * 24} = \frac{914880}{3108} = 294,36$$

El valor de 294,36 significa que se debe disponer de 294,36 L/día para satisfacer los requerimientos de agua verde de cada hectárea sembrada por el cultivo en este caso papa. Así pues, para determinar la cantidad de agua utilizada por segundo en todo el municipio de Ospina, es necesario multiplicar el valor encontrado anteriormente por el total de hectáreas sembradas para el año 2020. (Ver tabla 22).

CAUSAS Y FACTORES DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL MUNICIPIO DE OSPINA: HUELLA HÍDRICA

- **Cultivo de Arveja**

$$CWU = Kc * \text{Precipitación Efectiva}$$

$$CWU = 10,64 * 6,6 \text{ mm/dec} = 70,224 \text{ mm/dec}$$

$$\text{Huella Hídrica}_{\text{cultivo verde}} = 70,224 \text{ mm/dec}$$

El cultivo de arveja necesita de 70,224 mm de agua cada diez días, para satisfacer el requerimiento hídrico. A continuación se muestra el cálculo del requerimiento hídrico del cultivo de arveja para todo el periodo de producción, proceso que se lleva a cabo igual que en el cultivo de papa utilizando la fórmula propuesta por la FAO en el manual de Cropwat para Windows.

$$FWS = \frac{\text{Irrig. Req} * 10000}{(\text{Irrig. Eficiency} / 100) * \text{TimeStep}(\text{dias}) * 24}$$

Fuente: Módulo Cropwat para Windows

Donde:

$$\text{Irrig. Req} = CWU - \text{Precipitación Efectiva}$$

$$\text{Irrig. Req para la arveja} = 70,222 - 6,6$$

$$\text{Irrig. Req para la arveja} = 63,624$$

$$FWS = \frac{63,624 * 10000}{(70/100) * 155 * 24} = \frac{636240}{2604} = 244,33$$

El valor de 244,33 significa que se debe de contar con 244,33 L/s para satisfacer los requerimientos de agua verde de cada hectárea sembrada por el cultivo de arveja. En la tabla 22 se encuentra la cantidad de agua utilizada por el cultivo de arveja para el año 2020 en todas las hectáreas sembradas para el municipio de Ospina.

- **Cultivo de frijol voluble**

$$CWU = Kc * \text{Precipitación Efectiva}$$

$$CWU = 5,3 * 11,6 \text{ mm/dec} = 61,48 \text{ mm/dec}$$

$$\text{Huella Hídrica}_{\text{cultivo verde}} = 61,48 \text{ mm/dec}$$

El cultivo frijol voluble requiere de 61,48 mm de agua cada diez días, para satisfacer las necesidades hídricas. Al igual que los dos cultivos anteriores, para el cultivo de frijol se debe de calcular el requerimiento hídrico para todo el periodo de producción, proceso que se lleva a cabo igual que en el cultivo de papa utilizando la fórmula propuesta por la FAO en el manual de Cropwat para Windows.

$$FWS = \frac{\text{Irrig. Req} * 10000}{(\text{Irrig. Eficiency} / 100) * \text{TimeStep}(\text{dias}) * 24}$$

Fuente: Módulo Cropwat para Windows

Donde:

$$\text{Irrig. Req cultivo de frijol voluble} = CWU - \text{Precipitación Efectiva}$$

CAUSAS Y FACTORES DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL MUNICIPIO DE OSPINA: HUELLA HÍDRICA

Irrig.Req cultivo de fríjol voluble = 61,48 – 15,6

Irrig.Req cultivo de fríjol voluble = 45,88

$$FWS = \frac{45,88 * 10000}{(70/100) * 145 * 24} = \frac{458800}{2436} = 188,34$$

Para cumplir con el requerimiento hídrico del cultivo de fríjol se debe de contar con 188,34L/día de agua verde para cada hectárea sembrada.

Para conocer el dato huella hídrica verde para toda la producción del año 2020 de los cultivos priorizados, fue necesario multiplicar los resultado de las fórmulas aplicadas anteriormente, teniendo en cuenta que para el cultivo de papa fue de 515.655 L/día, para la arveja de 36.649,5 L/día y para el fríjol voluble de 16.950,6 L/día, es importante tener en cuenta la cantidad de hectáreas sembradas para el año 2020 ya que se determinará el requerimiento hídrico para el total de producción de estas hectáreas en el municipio (ver tabla 13). Estos resultados se ubican en la siguiente tabla 22.

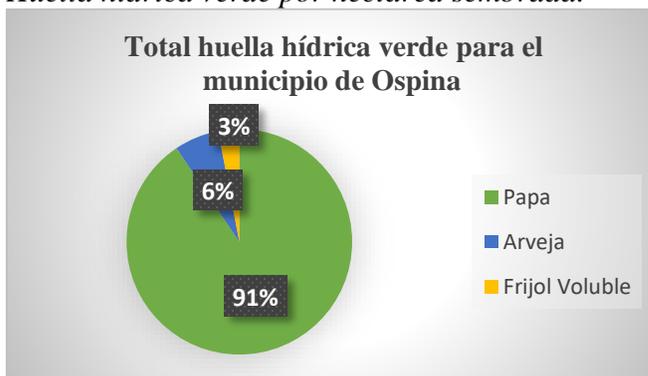
Tabla 22.
Huella hídrica verde por cultivo.

Cultivo	Huella hídrica verde por hectárea	Total de hectáreas sembradas el año 2020	Total huella hídrica verde para el municipio.
Papa	294,66 L/día	1750 ha	515.655 L/día*ha
Arveja	244,33 L/día	150 ha	36.649,5 L/día*ha
Fríjol Voluble	188,34 L/día	90 ha	16.950,6 L/día*ha
TOTAL HUELLA HÍDRICA VERDE			569.252,1 L/día *ha

Fuente. Esta investigación.

Como se mencionó anteriormente la huella hídrica verde está determinada por la cantidad de agua de precipitación consumida durante todo el proceso productivo de un cultivo la cual se almacena en el suelo, para ser incorporada por la planta, la gráfica 1 indica el requerimiento hídrico verde en el municipio de Ospina, de esta infiere, que el cultivo que necesita mayor cantidad de agua verde es el cultivo de papa con un 91% por hectárea sembrada, seguido de la arveja con un valor de 6% y por último el fríjol con un total de 3%.

Gráfica 1
Huella hídrica verde por hectárea sembrada.



Fuente. Esta investigación.

CAUSAS Y FACTORES DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL MUNICIPIO DE OSPINA: HUELLA HÍDRICA

11.3.2. Huella hídrica azul

La huella hídrica azul es analizada como el agua que se consume de las fuentes hídricas superficiales o subterráneas a través de infraestructura como tubería, acometidas, riesgos entre otras. Al igual que la huella hídrica verde, los resultados obtenidos están dados para la producción de una tonelada de cultivo cosechada.

$$Huella\ Hídrica_{cultivo\ azul} = CWU\ azul$$

- **Cultivo de papa** Fuente: Hoekstra et al, 2011.
CWU azul = Kc del cultivo * Requerimiento de riego
CWU azul = 13,88 * 337,8mm/dec
CWU azul = 4.688,66 mm/dec

$$Huella\ Hídrica_{cultivo\ azul} = 4.688,66\text{mm/dec}$$

El cultivo de papa necesita 4.688,66mm de agua para cumplir con el requerimiento hídrico durante 10 días, al igual que la huella hídrica verde, para la huella hídrica azul se debe de calcular el rendimiento hídrico para todo el periodo de producción, es por eso que se reemplaza el valor de CWU azul en la fórmula propuesta por la FAO como se muestra a continuación

$$FWS = \frac{Irrig.\ Req * 10.000}{(Irrig.Eficiency / 100) * TimeStep(dias) * 24}$$

Fuente: Módulo Cropwat para Windows

Donde:

Irrig.Req = CWU – Requerimiento de riego.

Irrig.Req para la papa = 4.688,66 – 337,8

Irrig.Req para la papa = 4.350,86

$$FWS = \frac{4.350,86 * 10.000}{(70/100) * 185 * 24} = \frac{43.508.600}{3.108} = 13.998,9$$

El valor de 13.998,9 significa que se debe disponer de 13.998,9l/día para satisfacer los requerimientos de agua azul para cada hectárea sembrada para el cultivo de papa.

- **Cultivo de Arveja**

CWU azul = Kc del cultivo * Requerimiento de riego

CWU azul = 10,64 * 255,8mm/dec

CWU azul = 2.721,71 mm/dec

$$Huella\ Hídrica_{cultivo\ azul} = 2.721,71\text{mm/dec}$$

La arveja necesita de 2.721,71 mm de agua para cumplir con el requerimiento hídrico durante 10 días. Se debe de calcular el rendimiento hídrico azul para todo el periodo de producción, es por

CAUSAS Y FACTORES DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL MUNICIPIO DE OSPINA: HUELLA HÍDRICA

eso que se reemplaza el valor de CWU azul en la fórmula propuesta por la FAO como se muestra a continuación.

$$FWS = \frac{\text{Irrig. Req} * 10.000}{(\text{Irrig. Eficiency} / 100) * \text{TimeStep}(\text{dias}) * 24}$$

Fuente: Módulo Cropwat para Windows

Donde:

Irrig.Req = CWU – Requerimiento de riego.

Irrig.Req para la arveja = 2.721,71 – 255,8

Irrig.Req para la arveja = 2.465,91

$$FWS = \frac{2.465,91 * 10.000}{(70/100) * 155 * 24} = \frac{24.659.100}{2.604} = 9.469,7$$

El valor de 9.469,7 significa que se debe disponer de 9.469,7L/día para satisfacer los requerimientos de agua azul para cada hectárea sembrada para el cultivo de arveja.

- **Cultivo de fríjol voluble**

CWU azul = Kc del cultivo * Requerimiento de riego

CWU azul = 5,3 * 218,8

CWU azul = 1.159,64

$$\text{Huella Hídrica}_{\text{cultivo azul}} = 1.159,64 \text{ mm/dec}$$

La arveja necesita de 1159,64mm de agua para cumplir con el requerimiento hídrico durante 10 días. Se debe de calcular el rendimiento hídrico azul para todo el periodo de producción, es por eso que se reemplaza el valor de CWU azul en la fórmula propuesta por la FAO como se muestra a continuación

$$FWS = \frac{\text{Irrig. Req} * 10000}{(\text{Irrig. Eficiency} / 100) * \text{TimeStep}(\text{dias}) * 24}$$

Fuente: Módulo Cropwat para Windows

Donde:

Irrig.Req = CWU – Requerimiento de riego.

Irrig.Req para la fríjol voluble = 1.159,64 – 218,8

Irrig.Req para la fríjol voluble = 940,84

$$FWS = \frac{940,84 * 10.000}{(70/100) * 145 * 24} = \frac{9408400}{2436} = 3.862,2$$

El valor de 3.862,2 significa que se debe disponer de 3862L/día para satisfacer los requerimientos de agua azul para cada hectárea sembrada para el cultivo de fríjol voluble.

CAUSAS Y FACTORES DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL MUNICIPIO DE OSPINA: HUELLA HÍDRICA

Del mismo modo que en la huella hídrica verde, el resultado de cada uno de los cultivos se deben de multiplicar por el rendimiento total en toneladas producido para el año 2020 en el municipio de Ospina como se muestra en la tabla 23.

Tabla 23
Huella hídrica azul por cultivo.

Cultivo	Huella hídrica azul por hectárea	Hectáreas cosechadas año 2020	Total huella hídrica Azul para el municipio.
Papa	13.998,9 L/día	1750ha	24.498.074 L/día*ha
Arveja	9.469,7 L/día	150ha	1.420.455 L/día*ha
Fríjol Voluble	3.862,2 L/día	90ha	347.498 L/día*ha
TOTAL HUELLA HÍDRICA AZUL			26.266.027 L/día*ha

Fuente. Esta investigación.

En el municipio de Ospina la huella hídrica azul es mayor para el cultivo de papa, con un porcentaje de 93%, seguido del cultivo de arveja con 6% y por último el cultivo de fríjol voluble con un total de 1% (ver gráfica 2). Es importante mencionar que la papa es el cultivo con más rendimiento por hectárea y el que tiene mayor extensión de terreno sembradas dentro del área de estudio.

El índice del consumo de huella hídrica azul es alto para el municipio, lo que contribuye a disminuir la disponibilidad del recurso hídrico de las microcuencas para el abastecimiento de los acueductos municipales, debido a que la mayoría de los agricultores realiza acometidas ilegales sobre las microcuencas que se encuentran cerca a sus terrenos con el fin de realizar sistemas de riego que permitan cumplir con el requerimiento hídrico del cultivo.

Gráfica 2
Huella hídrica azul por hectárea sembrada.



Fuente. Esta investigación.

CAUSAS Y FACTORES DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL MUNICIPIO DE OSPINA: HUELLA HÍDRICA

11.3.3. Huella Hídrica Gris.

Para el cálculo de esta huella hídrica se debe tener en cuenta la tasa de aplicación de agroquímicos por hectárea, la fracción de lixiviación, la concentración máxima permisible y la concentración natural de los contaminantes en el cuerpo de agua receptor. La cantidad de agroquímicos suministrados a cada uno de los cultivos en todo su periodo de producción, estos datos fueron obtenidos en campo con las entrevistas realizadas a los agricultores de la zona, se realizó una clasificación de los principales agroquímicos utilizados y la cantidad requerida por hectárea como se muestra en la tabla 24.

Es importante mencionar que se asumió un 10% para la fracción de lixiviación según lo plantean Hoekstra, et al. 2011, debido a que no se tenían datos específicos del porcentaje de lixiviación en los cultivos. Por otro lado, el cálculo de la tasa de aplicación de productos químicos se realizó teniendo en cuenta la cantidad en porcentaje de concentración del químico presente en cada uno de los agroquímicos, dicho esto, la tasa de aplicación por producto es el resultado de la multiplicación de la concentración por la cantidad de agroquímico utilizada en el proceso de fumigación del cultivo.

Para esta investigación solo se utilizaron los agroquímicos que tienen como compuestos químicos fósforo y nitrógeno, debido a que la normativa ambiental vigente en Colombia los clasifica como altamente tóxicos. A continuación se muestra la clasificación de los agroquímicos utilizados por cultivo y la cantidad agregada para un tanque de 200L.

Tabla 24

Clasificación de agroquímicos utilizados por cultivo.

Cultivo	Compuesto	Nombre	Cantidad requerida
Papa	Fósforo	Clorpirifos	4,5 kg
	Nitrógenos	Urea	3,7 kg
Arveja	Fósforo	Creseed	1,5 kg
	Nitrógenos	Hidroinicio gel	1.5 kg
Fríjol	Fósforo	Rhizum	2,5 kg
	Nitrógenos	Arvensamin	2,0 kg

Fuente. Esta investigación.

Para el cálculo de esta huella hídrica es necesario contar con los valores máximos permisibles por la normativa ambiental vigente colombiana para esta investigación se tuvo en cuenta la resolución 2115 de 2007 del Ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial, en donde se señalan las características y los parámetros físico químicos y biológicos que deben de tener las aguas aptas para el consumo humano. Aquí se señalan que los valores permisibles para los químicos como el nitrógeno son de 0,01 kg/L y para los fósforos de 0,005kg/L.

- **Cultivo de papa**

Según los agricultores de la zona para cada hectárea sembrada de papa se deben de utilizar 5 tanques de 200L para realizar la fumigación con cualquiera de los agroquímicos.

$$\text{Huella Hídrica}_{\text{cultivo grispor prod}} = \frac{a * Ar}{C_{\text{max}} - C_{\text{nat}}}$$

Compuestos de Fósforos para el cultivo de papa.

CAUSAS Y FACTORES DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL MUNICIPIO DE OSPINA: HUELLA HÍDRICA

a= fracción de lixiviados de agua 10%

Ar= Cantidad de fertilizante aplicado

Para el cultivo de papa se aplican 22,5 kg de Clorpirifos por hectárea, para la aplicación de la fórmula se tiene que tener en cuenta la tasa de aplicación del agroquímico la cual se obtiene multiplicando la cantidad aplicada sobre el cultivo por el porcentaje de concentración de fósforo que presenta el agroquímico en este caso es de 50%, es así que la cantidad de fósforo aplicada sobre el cultivo es de 11,25 kg/ha.

$$\text{Huella Hídrica}_{\text{cultivo grispor prod}} = \frac{0,1 * 11,25 \text{ kg/ha}}{0,01 \text{ kg/L} - 0 \text{ kg/L}} = 112,5 \text{ L/ha}$$

Es decir, que se necesitan 25,08 litros de agua por hectárea para disolver los lixiviados arrojados por acción de escorrentía sobre las fuentes hídricas cercanas al cultivo de papa.

Compuestos de Nitrógeno para el cultivo de papa.

Para determinar los compuestos de nitrógeno para el cultivo de papa, se realiza el mismo procedimiento elaborado anteriormente, teniendo en cuenta la tasa de aplicación química del compuesto nitrogenado y la cantidad de agroquímico agregado al cultivo. La urea presenta un 46% de nitrógeno en su composición y los agricultores del municipio agregan 3,7 kg/ha por 5 tanques en una hectárea.

$$\text{Huella Hídrica}_{\text{cultivo grispor prod}} = \frac{0,1 * 8,51 \text{ kg/ha}}{0,005 \text{ kg/L} - 0 \text{ kg/L}} = 170,2 \text{ L/ha}$$

Se necesitan 1.702 litros por hectárea para diluir el contaminante generado.

Huella hídrica gris total para el cultivo de papa = huella hídrica Fosfatos + huella hídrica de Nitratos.

Huella hídrica gris total= 112,5 L/ha + 170,2 L/ha

Huella hídrica gris total= 287,7 L/ha

El resultado presentado anteriormente expresa la huella hídrica gris para el cultivo de papa, lo que significa que para diluir el contaminante que se agrega en una hectárea se necesitan 287,7 litros de agua.

- **Cultivo de Arveja**

En el área de estudio los campesinos afirman que para una hectárea sembrada de arveja se deben de aplicar 3 tanques de 200 ml.

$$\text{Huella Hídrica}_{\text{cultivo grispor prod}} = \frac{a * Ar}{C_{\text{max}} - C_{\text{nat}}}$$

CAUSAS Y FACTORES DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL MUNICIPIO DE OSPINA: HUELLA HÍDRICA

Compuestos de Fósforos para el cultivo de arveja.

La concentración de fósforo en el químico utilizado es de 28%, al cultivo de arveja se le aplica un total de 4,5 kilogramos del Creseed sobre una hectárea sembrada, es decir que la tasa de aplicación al cultivo es de 1,26kg/ha. La fracción de lixiviados de agua es de 10%.

$$\text{Huella Hídrica}_{\text{cultivo grisor prod}} = \frac{0,1 * 1,26 \text{ kg/ha}}{0,01\text{kg/L} - 0 \text{ kg/L}} = 12,6\text{L/ha}$$

Según lo anterior, se necesitan 12,6 litros de agua por hectárea para disolver los lixiviados generados por la aplicación de este tipo de agroquímico sobre el cultivo.

Compuestos de Nitrógeno para el cultivo de arveja.

El Hidroinicio gel presenta un 35% de nitrógeno en su composición y los agricultores del municipio agregan 1,5 kg/ha por 3 tanques en una hectárea.

$$\text{Huella Hídrica}_{\text{cultivo grisor prod}} = \frac{0,1 * 1,575\text{kg/ha}}{0,005\text{kg/L} - 0 \text{ kg/L}} = 31,5 \text{ L/ha}$$

Se necesitan 31,5 litros por hectárea para diluir el contaminante generado por el Hidroinicio gel.

Huella hídrica gris total para el cultivo de arveja = huella hídrica Fosfatos + huella hídrica de Nitratos.

Huella hídrica gris total= 12,6 L/ha + 31,5 L/ha

Huella hídrica gris total= 44,1 L/ha

Para diluir los contaminantes generados por la aplicación de fosfatos y nitrógenos sobre el cultivo de arveja se necesitan 44,1 litros por hectárea sembrada.

• Cultivo de Fríjol

Los agricultores afirman que para una hectárea sembrada de fríjol se aplican 3 tanques de 200L, a los cuales se les añade una cantidad de 2,5kg por tanque es decir que a una hectárea sembrada se añade 7,5kg/ha, la concentración de fósforo en el Rhizum es de 30%, es por ello que la tasa de aplicación sobre el cultivo de fríjol por hectárea es de 2,25kg. La fracción de lixiviados de agua es de 10%.

$$\text{Huella Hídrica}_{\text{cultivo grisor prod}} = \frac{a * Ar}{C_{\text{max}} - C_{\text{nat}}}$$

Compuestos de Fósforos para el cultivo de fríjol voluble.

CAUSAS Y FACTORES DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL MUNICIPIO DE OSPINA:
 HUELLA HÍDRICA

$$\text{Huella Hídrica}_{\text{cultivo grispor prod}} = \frac{0,1 * 2,25 \text{ kg/ha}}{0,01\text{kg/L} - 0 \text{ kg/L}} = 22,5 \text{ L/ha}$$

El resultado obtenido anteriormente señala que se necesitan 22,5 litros de agua por hectárea para disolver los lixiviados generados por la aplicación de este tipo de agroquímico sobre el cultivo de fríjol.

Compuestos de Nitrógeno para el cultivo de fríjol voluble.

El Arvensamin presenta un 40% de nitrógeno en su composición y los agricultores del municipio agregan 2,0 kg/ha por 3 tanques en una hectárea, es decir que la tasa de aplicación química sobre el cultivo es de 2,4kg/ha.

$$\text{Huella Hídrica}_{\text{cultivo grispor prod}} = \frac{0,1 * 2,4\text{kg/ha}}{0,005\text{kg/L} - 0 \text{ kg/L}} = 48\text{L/ha}$$

Se requiere de 48 litros de agua por hectárea para diluir el contaminante generado por este agroquímico.

Huella hídrica gris total para el cultivo de fríjol voluble = huella hídrica Fosfatos + huella hídrica de Nitratos.

Huella hídrica gris total= 22,5 L/ha + 48 L/ha
 Huella hídrica gris total= 70,5 L/ha

Para diluir los contaminantes generados por la aplicación de fosfatos y nitrógenos al cultivo de fríjol en una hectárea sembrada en el municipio de Ospina es de 70,5 litros.

Huella hídrica gris total

Cada uno de los resultados arrojados anteriormente para cada uno de los cultivos priorizados en el municipio, permiten analizar la huella hídrica gris por hectárea sembrada, es por eso que el resultado obtenido se deberá de multiplicar por la cantidad de hectáreas sembradas para el año 2020, como se muestra en la siguiente tabla 25.

Tabla 25
Huella hídrica gris por cultivo.

Cultivo	Huella hídrica gris	Hectáreas sembradas año 2020	Total huella hídrica gris
Papa	287,7 L/ha	1750ha	503.475 L/ha
Arveja	44,1 L/ha	150ha	6.615 L/ha
Fríjol	70,5 L/ha	90ha	6.345 L/ha
TOTAL HUELLA HÍDRICA GRIS			516.435 L/día* ha

Fuente. Esta investigación.

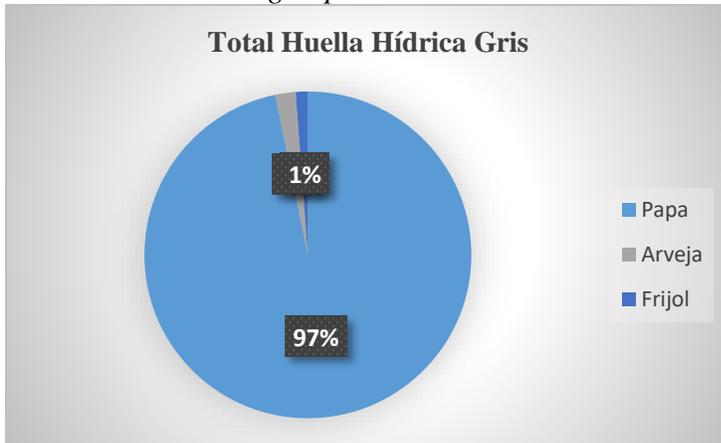
La Huella Hídrica gris es definida como la cantidad de agua necesaria para asimilar un contaminante por un cuerpo de agua, en este caso para el municipio de Ospina la estimación de

CAUSAS Y FACTORES DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL MUNICIPIO DE OSPINA: HUELLA HÍDRICA

la huella hídrica gris para el cultivo de papa es de un 97%, de arveja 2% y frijol de 1%, los resultados permiten determinar la cantidad de agua necesaria para la remoción de Nitratos y fosfatos los cuales son nutrientes usados en la producción del cultivo. En el área de estudio el cultivo que necesita mayor volumen de agua para diluir los contaminantes hasta el punto en que la calidad del agua esté en los estándares aceptables es el cultivo de papa, como lo demuestra la gráfica 3.

Gráfica 3

Total huella hídrica gris por cultivo.



Fuente. Esta investigación.

11.3.4. Huella hídrica total

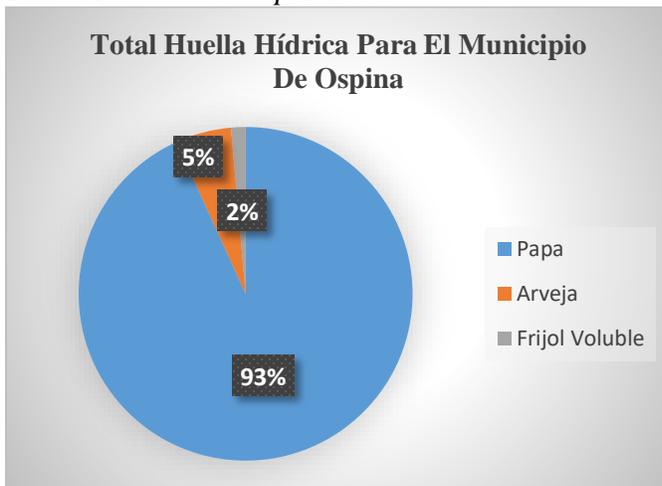
La huella de agua puede ser considerada como un indicador de sostenibilidad que permite identificar las relaciones causa-efecto a nivel socio ambiental, siendo las actividades socioeconómicas el principal factor de contaminación ambiental sobre el recurso natural. (Hoekstra et al, 2011.). La huella hídrica total está constituida por tres componentes, huella hídrica azul, verde y gris, para cada uno de los cultivos del municipio de Ospina.

La mayor cantidad de agua consumida en el sector agrícola se da por el cultivo de papa con un total de 93%, como lo muestra la gráfica 4, esto debido a la gran cantidad de hectáreas sembradas dentro del territorio lo que permite identificar la presión ejercida sobre el recurso hídrico en la zona, si bien este es una de los cultivos que mayores ingresos genera a la economía de los campesinos, es el que mayor gasto hídrico requiere a esto hay que sumarle la contaminación ambiental ejercida por los envases de agroquímicos en el territorio, a lo largo y ancho del municipio sobre las riberas de las fuentes hídricas es muy común encontrar estos desechos, permitiendo el goteo de restos químicos que quedan en los envases sobre el suelo y muchas veces directamente sobre las fuentes hídricas.

CAUSAS Y FACTORES DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL MUNICIPIO DE OSPINA: HUELLA HÍDRICA

Gráfica 4

Total Huella hídrica por cultivo.



Fuente. Esta investigación.

11.2. Huella hídrica Sector Pecuario

La huella hídrica del sector pecuario se realizó únicamente para el ganado bovino, debido a que este se encuentra en mayor proporción sobre el territorio y es el que ejerce mayor presión sobre el recurso hídrico. Para el cálculo de la huella hídrica verde y azul se utiliza la siguiente ecuación.

$$\text{Huella Hídrica}_{\text{pecuaria}} = \text{Hh}_{\text{alimento}} + \text{Hh}_{\text{consumo}} + \text{Hh}_{\text{limpieza}}$$

Fuente: Hoekstra et al, 2011.

11.2.1. Huella hídrica alimento: asociada al requerimiento hídrico de los pastos utilizados para la alimentación del ganado, se calcula la huella hídrica verde en el área de estudio debido a que los habitantes del municipio mencionan que para los pastos utilizados para este fin no es necesario realizar riegos utilizando acometidas de las fuentes hídricas, esta huella hídrica se calculó por medio del Cropwat 8.0 (ver figura 13) como se hizo con cada uno de los cultivos, los datos son ingresados al software, procesados y los resultados son reemplazados en las fórmulas.

CAUSAS Y FACTORES DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL MUNICIPIO DE OSPINA: HUELLA HÍDRICA

Figura 13

Programación de riego para los pasto CROPWAT.

Mes	Decada	Etapa	Kc	ETc	ETc	Prec. efec	Req. Riego
			coef	mm/día	mm/dec	mm/dec	mm/dec
Sep	1	Des	0.87	2.27	22.7	0.3	22.4
Sep	2	Des	0.88	2.28	22.8	0.4	22.4
Sep	3	Des	0.89	2.31	23.1	0.6	22.4
Oct	1	Med	0.90	2.33	23.3	0.9	22.4
Oct	2	Med	0.90	2.34	23.4	1.1	22.3
Oct	3	Med	0.90	2.31	25.4	1.4	23.9
Nov	1	Med	0.90	2.27	22.7	1.9	20.8
Nov	2	Med	0.90	2.24	22.4	2.3	20.1
Nov	3	Med	0.90	2.22	22.2	1.9	20.3
Dic	1	Med	0.90	2.20	22.0	1.4	20.7
Dic	2	Med	0.90	2.19	21.9	1.0	20.9
Dic	3	Med	0.90	2.14	23.6	0.9	22.7
Ene	1	Med	0.90	2.10	21.0	0.7	20.4
Ene	2	Med	0.90	2.06	20.6	0.5	20.1
Ene	3	Med	0.90	2.17	23.9	0.5	23.4
Feb	1	Fin	0.90	2.27	22.7	0.6	22.1
Feb	2	Fin	0.87	2.33	23.3	0.6	22.6
Feb	3	Fin	0.85	2.27	18.2	0.5	17.7
Mar	1	Fin	0.83	2.22	22.2	0.3	21.8
Mar	2	Fin	0.81	2.15	21.5	0.2	21.3
Mar	3	Fin	0.80	2.10	2.1	0.0	2.1
			2.5		797.7	24.5	754.8

Fuente. Esta investigación

Pastos

CWU= Kc * Precipitación Efectiva

CWU= 2,5 *25,5 mm/dec = 61,25mm/dec

$$\text{Huella Hídrica}_{\text{cultivo verde}} = 61,25\text{mm/dec}$$

El requerimiento hídrico de los pastos para el ganado bovino es de 61,25 mm de agua cada diez días, para satisfacer el requerimiento hídrico durante el periodo de diez días. Al igual que a los cultivos, se debe de calcular el requerimiento hídrico del pasto para todo el periodo en este caso se lo hará para un año; así pues se debe de tener en cuenta la fórmula propuesta por la FAO en el manual de Cropwat para Windows, como se muestra a continuación.

$$\text{FWS} = \frac{\text{Irrig. Req} * 10000}{(\text{Irrig. Efficiency} / 100) * \text{TimeStep}(\text{dias}) * 24}$$

Fuente: Módulo Cropwat para Windows

Donde:

Irrig. Req = CWU – Precipitación Efectiva

Irrig. Req para el pasto = 61,25– 24,5

Irrig. Req para el pasto = 36,75

CAUSAS Y FACTORES DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL MUNICIPIO DE OSPINA: HUELLA HÍDRICA

$$FWS = \frac{36,75 * 10000}{(70/100) * 365 * 24} = \frac{367.500}{6.132} = 59,93$$

El valor de 59,93 significa que se debe de contar con 59,93L/día para satisfacer los requerimientos de agua verde de cada hectárea sembrada de pasto. Según Fedegan 2020, en el municipio de Ospina existen 3500 hectáreas dedicadas a la producción de pastos principalmente de tipo kikuyo destinados a la crianza de ganado bovino. Para encontrar el total de huella hídrica verde total se multiplica el total de huella hídrica de alimentos por el total de hectáreas de pastos y el resultado encontrado será el total de huella hídrica verde. Para el área de estudio se obtuvo un total de 209.755L/ha.

11.2.2. Huella hídrica de consumo: Esta huella hídrica está asociada a la huella hídrica azul, determinada por el consumo de agua dulce por el ganado, según el estudio nacional del agua ENA 2014 se debe de dividir a los animales en cuatro categorías, vacas lecheras, hembras y machos entre los 0 y 2 años, hembras y machos entre los 2 y 4 años y hembras y machos mayores de 4 años, los cuales tienen un requerimiento hídrico diferente por edades, en la tabla 26, se muestra los datos de huella hídrica azul para cada uno de las categorías y el total de ganado bovino existente en el municipio.

Tabla 26
Agua consumida por categorías de ganado bovino.

Categoría	Número de ganado existente	Cantidad de Agua Consumida	Total de agua consumida diaria
Vacas lecheras	1663	50 L/día	83.150 L/día
Hembras y machos entre 0 y 2 años	3805	10 L/día	38050 L/día
Hembras y machos entre los 2 y 3 años	786	15 L/día	11.790 L/día
Hembras y machos mayores de 3 años	2756	15 L/día	41.340 L/día
		Total	174.510 L/día
		Total	15.222.270 L/año

Fuente. Esta investigación.

11.2.3. Huella hídrica gris.

Para el cálculo de huella hídrica gris del sector pecuario se tiene en cuenta el agua utilizada para la limpieza de cantinas, lavado de pezones y/o lavado de maquinaria utilizada para el ordeño, debido a que todo el ganado se encuentra sobre a campo abierto y no hay necesidad de realizar lavado al lugar donde ellos habitan, el promedio utilizado para la limpieza de estos utensilios es de 1,5 litros de agua para producir un litro de leche, (este dato fue obtenido en campo), según Fedegan 2020 en Ospina se posee un total de 1633 vacas lecheras tabla 27 se muestran los resultados encontrados para la huella hídrica gris pecuaria.

CAUSAS Y FACTORES DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL MUNICIPIO DE OSPINA:
 HUELLA HÍDRICA

Tabla 27

Total huella hídrica gris sector pecuario.

Vacas lecheras	Promedio de agua utilizada para el lavado de utensilios	Total diario huella hídrica gris	Total anual huella hídrica gris
1663	1,5L/d	2.494,5 L/d	910.492,5 L/año

Fuente. Esta investigación.

11.2.4. Total huella hídrica sector pecuario

$$\text{Huella hídrica}_{\text{pecuaria}} = \text{Hh}_{\text{alimento}} + \text{Hh}_{\text{consumo}} + \text{Hh}_{\text{limpieza}}$$

$$\text{Huella hídrica}_{\text{pecuaria}} = 209.755 \text{ L/año} + 15.222.270 \text{ L/año} + 910.492,5 \text{ L/año}$$

$$\text{Huella hídrica}_{\text{pecuaria}} = 16.342.517,5 \text{ L/año}$$

El sector pecuario genera una gran presión sobre el recurso hídrico dentro del municipio de Ospina. Según la gráfica 5 el mayor porcentaje de consumo se encuentra en la huella hídrica azul o agua que es tomada de las fuentes hídricas ya sea a través de acometidas o directamente de los pozos o quebradas, el principal uso que se le da a esta agua en la ganadería está dirigido al consumo del recurso por los animales. Este proceso se lleva a cabo todos los días y el agua es dada a cada uno de los animales que existen en el municipio.

Gráfica 5

Huella hídrica pecuaria.



Fuente. Esta investigación.

11.3. Huella hídrica Sector Industria.

En Ospina existe una microempresa ubicada en el corregimiento de San Isidro consolidada y registrada dedicada a la producción de alimentos lácteos en la cual se procesa la leche para la obtención de productos como el yogurt, arequipe y queso. Para la cuantificación de la huella hídrica en este sector únicamente se tiene en cuenta la determinación de dos huellas hídricas, primeramente la huella hídrica azul, definida como el agua tomada desde el acueducto veredal para la limpieza, lavado y desinfección de artículos personales como botas y overoles y los

CAUSAS Y FACTORES DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL MUNICIPIO DE OSPINA: HUELLA HÍDRICA

utensilios que existen en la microempresa como el tanque de refrigeración, marmitas, tina quesera, molde de quesos y refrigeradores, es importante mencionar que estos artículos son lavados y desinfectados diariamente después de la producción. Así mismo se hace la caracterización de la huella hídrica gris, entendida como el agua que sale después del proceso y es vertida como residuos líquidos.

11.3.1. Huella Hídrica Azul: Los datos obtenidos para el cálculo de la huella hídrica azul fueron tomados en campo y se realizaron aforos con el fin de determinar la cantidad de agua utilizada en estos procesos los resultados encontrados fueron se muestran en la tabla 28, en donde se relaciona los artículos y electrodomésticos utilizados en el procesamiento de lácteos y a los cuales se les realiza proceso de desinfección y lavado; y el consumo promedio diario de agua que es utilizada en estos procedimientos.

Tabla 28
Agua utilizada en el lavado y desinfección de artículos en el procesamiento de lácteos.

Artículo	Consumo de agua en litros diarios
Lavado de Botas por 15 personas que trabajan directamente en la procesadora de lácteos.	75L/día
Lavado de overoles por 15 personas que trabajan directamente en la procesadora de lácteos.	150 L/día
Tanque de refrigeración	300 L/día
Marmita	280 L/día
Tina quesera	250 L/día
Moldes de quesos	200 L/día
Refrigeradores	100 L/día
Total diario	1355 L/día
Total Anual	495.578 L/año

Fuente. Esta investigación.

El total de huella hídrica azul encontrada en la productora de lácteos es de 495.578 litros anuales, como se mencionó anteriormente es el agua utilizada principalmente desde el acueducto del corregimiento, es importante mencionar que no existen medidores que contribuyan a cuantificar y determinar de forma exacta el total de agua utilizada en el procesamiento de lácteos.

11.3.2. Huella hídrica gris:

Toda procesadora de lácteos deberá de cumplir con la Resolución 631 de 2015 el artículo 9, en donde se establece los parámetros fisicoquímicos y sus valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales de Aguas Residuales no Domésticas (ARnD) a cuerpos de aguas superficiales. En la tabla 29 se muestran los valores permisibles de cada uno de los parámetros fisicoquímicos en la elaboración de productos lácteos.

Tabla 29
Parámetros permisibles de vertimientos en una procesadora de lacteros.

PARÁMETRO	UNIDAD	LÁCTEOS
PH	Unidades de pH	6,00 a 9,00
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L O2	450,00
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L O2	250,00

CAUSAS Y FACTORES DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL MUNICIPIO DE OSPINA: HUELLA HÍDRICA

Sólidos Suspendidos Totales (SST)	mg/L	150,00
Sólidos Sedimentables (SSED)	mg/L	2,00
Grasas y Aceites mg/L 20,00	mg/L 20,00	20,00

Fuente. Resolución 631 de 2015, artículo 9.

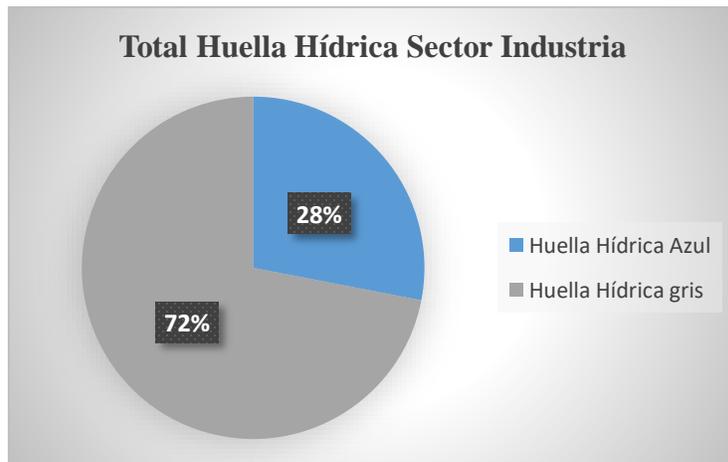
Uno de los aspectos ambientales más preocupantes es el vertido de aguas residuales que se generan en el área de lácteos, la procesadora carece de una trampa de grasas, mecanismo que permite la separación de los residuos sólidos y las grasas que surgen del procesamiento de lácteos y que contribuye a que no se generen vertimientos contaminantes directos sobre la fuente hídrica. Al carecer de algún instrumento de tratamiento de aguas residuales producidos en la unidad de lácteos los vertimientos son arrojados directamente sobre el alcantarillado y posteriormente sobre una fuente hídrica. El caudal de agua residual vertidas es de 0.12l/s, que diariamente son 3484,8 litros.

11.3.3. Huella hídrica total.

Esta huella hídrica surge de la suma de la huella hídrica azul y gris, es importante mencionar que los datos encontrados son un promedio de agua utilizada y vertida durante un año, en la gráfica 6 se muestra el total de huella hídrica del sector industrial; la huella hídrica gris es la que presenta el mayor porcentaje de uso, debido principalmente a que no existe un mecanismo de tratamiento de aguas residuales la productora de lácteos. Es importante mencionar que este corregimiento en donde se encuentra la procesadora de lácteos se ubica en la parte alta del municipio de Ospina, y los vertimientos hídricos son arrojados directamente sobre un afluente de la quebrada Chorrera, la cual aguas abajo suministra el recurso hídrico a la bocatoma auxiliar del acueducto del área urbana del municipio.

Gráfica 6

Total huella hídrica industria para el municipio de Ospina.



Fuente: esta investigación.

11.4. Total huella hídrica en el municipio

Como se ha mencionado anteriormente, la huella hídrica es un indicador empírico del consumo y uso del recurso hídrico, para el área de estudio esta metodología se llevó a cabo con el fin de identificar la cantidad de agua utilizada para cada una de las actividades socioeconómicas propias del territorio e identificar las causas y factores que conllevan a la mala

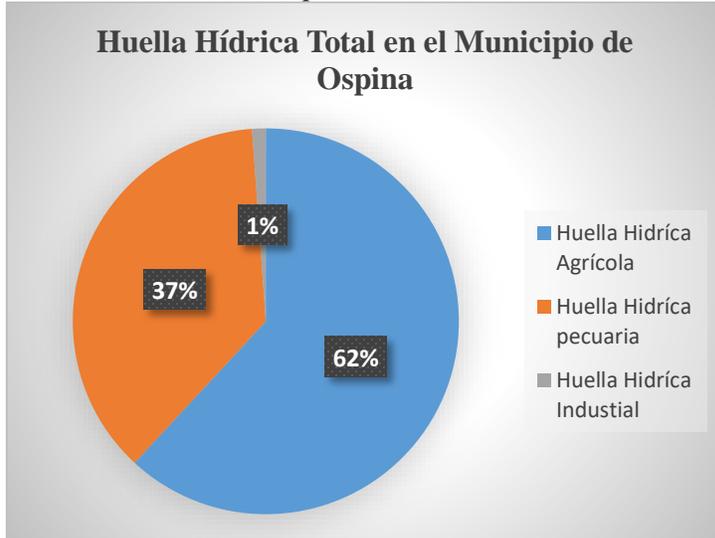
CAUSAS Y FACTORES DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL MUNICIPIO DE OSPINA: HUELLA HÍDRICA

calidad del dentro del área de estudio. La huella hídrica total para el municipio, se obtiene de la suma de cada una de las huellas hídricas por sectores encontradas anteriormente.

Ospina es un municipio netamente agrícola, sus actividades económicas dependen de la explotación del suelo principalmente, así pues la agricultura es la actividad que mayor presión ejerce sobre los recursos naturales de la zona, seguida de las actividades pecuarias y en una menor escala la industria (ver gráfica 7), si bien, las industrias dentro del municipio no representan un valor significativo son las que mayores aportes de vertimientos hacen a las fuentes hídricas.

Así pues, la huella hídrica agrícola en el todo el municipio de Ospina representa el índice más alto de consumo de agua en todos sus componentes, agua verde (precipitación), agua azul (riego) o agua gris (contaminación), siendo el cultivo de papa quien presenta la mayor demanda hídrica, esto debido principalmente a la cantidad de hectáreas sembradas en el municipio y la cantidad de toneladas producidas al año.

Gráfica 7
Total huella hídrica Ospina



Fuente: esta investigación.

12. Discusión y conclusiones.

La cuantificación del consumo de agua gracias a la metodología de huella hídrica implementada en esta investigación, contribuye no solo a identificar el nivel de eficiencia en términos de disponibilidad y demanda del recurso hídrico para el municipio, sino también identificar el impacto que se genera al medio ambiente. Conocer el concepto de huella hídrica y aplicarlo de forma adecuada permitirá la mitigación de los impactos generados por la agricultura a los ecosistemas en especial al recurso hídrico, contribuyendo a establecer bases científicas para mejorar la gobernanza del agua y el aprovechamiento de la misma.

Esta tesis permite la apertura a nuevos estudios en investigación, enfocados en la identificación de la huella hídrica para cada uno de los sectores productivos en las diferentes áreas geográficas, que permitirán analizar el uso directo e indirecto del agua e identificar las problemáticas ambientales que existan en una cuenca hidrográfica y con esto generar alternativas de conservación y preservación en torno al recurso hídrico.

Es fundamental que se generen estudios de esta magnitud en el área de estudio, si bien esta investigación es nueva en el territorio, esta marca un comienzo y servirá para realizar y aplicar técnicas que contribuyan a conocer el consumo y estado actual del recurso hídrico.

Es significativo mencionar que esta clase de estudios no se han realizado en el departamento de Nariño ni mucho menos en el municipio de Ospina, lo que la hace una investigación piloto para las cuencas y microcuencas del territorio, estableciendo la huella hídrica como una metodología que permita determinar las problemáticas socio-ambientales ligadas al recurso hídrico.

La calidad del agua apta para el consumo humano no solo depende de los factores fisicoquímicos y microbiológicos que debe tener el agua, a esto hay que súmale la disponibilidad y cantidad del recurso hídrico que debe de ser suministrado a cada una de las viviendas de los acueductos municipales y veredales.

Uno de los factores que afectan la calidad del agua del municipio de Ospina está ligado al deterioro de los ecosistemas hídricos principalmente la degradación paulatina que ha sufrido el páramo de Paja Blanca y las riberas aguas debajo de las microcuencas por acción del hombre. Las actividades socioeconómicas como la agricultura y la ganadería ejercen una fuerte presión sobre el recurso hídrico generando procesos de contaminación que permiten disminuir la calidad del agua en el territorio.

El estado actual de las microcuencas es de preocupación, debido, a que presentan un deterioro notable, por la continua explotación de sus recursos, la deforestación, quemas y los procesos antrópicos en el suelo, han causado el detrimento de su potencial productor de agua, a tal grado que en época de verano algunos de los afluentes desaparecen y solo se los observa nuevamente el invierno; las especies arbóreas se ven fuertemente reducidas, las comunidades utilizan la madera para la combustión en la preparación de sus alimentos y en algunos sectores para la producción de carbón con fines comerciales; la deforestación para fines de pastoreo es común y uno de los problemas más notorios es la contaminación de las fuentes hídricas por las aguas servidas que se vierten sin ningún tipo de tratamiento, problemática de cuidado porque las fuentes aguas abajo en la mayoría de los casos son utilizadas para el consumo humano, lo cual preocupa porque estas

CAUSAS Y FACTORES DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL MUNICIPIO DE OSPINA: HUELLA HÍDRICA

aguas son las causantes de enfermedades que afectan a la comunidad y en especial a los niños y adultos mayores como población vulnerable.

El recurso hídrico representa uno de los elementos más esenciales para el desarrollo de las comunidades y sobre todo para su sostenimiento. Es por esto, que las microcuencas representan el factor más importante a tener en cuenta en la planificación de un territorio y de una región en general, en razón de esto depende que el recurso se mantenga y siga surtiendo las necesidades de las poblaciones que habitan estos territorios.

La inexistencia de planes, programas o proyectos encaminados a la conservación y preservación del recurso hídrico en el municipio genera desconocimiento del estado actual de las microcuencas, lo que conlleva a implementar estrategias incorrectas que no favorecen el cuidado de los ecosistemas hídricos dentro del municipio.

Los principales problemas de contaminación que presentan en las microcuencas están relacionados directamente con el exceso en los productos agrícolas como los abonos químicos, fungicidas, pesticidas y el vertimiento de aguas negras de las viviendas más cercanas así como el arrojado de basuras. Es necesario tener en cuenta que para evitar estos problemas y posteriormente sus consecuencias se necesitan proteger los caudales con barreras naturales que sirvan como amparo para los caudales.

Los índices de riesgo de calidad del agua para el consumo humano en todos los acueductos del municipio se encuentran entre el rango de riesgo alto o aguas inviables para el consumo, esta es una causa relevante del deterioro del recurso hídrico. Los sistemas de potabilización de agua en el municipio son deficientes y no cuentan con los mecanismos necesarios de desinfección además de ellos los funcionarios responsables de la aplicación de hipoclorito de sodio para la eliminación de agentes patógenos no cuentan con la capacitación apropiada.

La huella hídrica es un indicador empírico de la cantidad de agua consumida y contaminada, la cual se mide a lo largo de la cadena de suministro del producto. Esta es un indicador de uso del agua ya sea de precipitación o de aguas superficiales o subterráneas. Además, constituye una base para evaluar los impactos de los productos, servicios de las cuencas hidrográficas y la formulación de estrategias para reducir esos impactos.

Para el área de estudio, el indicador de huella hídrica permitió conocer la cantidad de agua utilizada principalmente en las actividades socioeconómicas propias del territorio como la ganadería, agricultura y una industria dedicada a la producción de lácteos. La mayor cantidad de agua usada fue para el sector agrícola con el cultivo de papa, si bien este cultivo aporta grandes ingresos a la economía del territorio, es el que mayor presión ejerce sobre el recurso hídrico, debido a su alto índice de requerimiento hídrico. En muchas áreas del municipio los campesinos emplean el agua de las quebradas mediante acometidas para realizar procesos de riego durante todo el periodo de siembra y cosecha a esto se debe de sumarle la cantidad del recurso hídrico que utiliza para mezclarlo con los agroquímicos para los procesos de fumigación que en muchas ocasiones se realiza cada 8 días durante 6 meses.

CAUSAS Y FACTORES DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL MUNICIPIO DE OSPINA: HUELLA HÍDRICA

La metodología implementada para encontrar la huella hídrica permitió conocer la cantidad de agua utilizada para cualquier proceso que se lleve a cabo dentro del territorio, debido a ellos se puede conocer el impacto que genera la utilización del recurso hídrico sobre las microcuencas y analizar el porqué de la disminución del agua para el consumo humano.

13. Recomendaciones.

Realizar y ejecutar planes, programas o proyectos que tengan como finalidad la conservación y preservación de ecosistemas estratégicos dentro del municipio de Ospina, en donde se generen mecanismos de participación de las comunidades asentada sobre las microcuencas, con el fin de crear conciencia y educación ambiental, así mismo adelantar diagnósticos para reconocer el estado actual de todas las microcuencas del municipio y generar propuestas que contribuyan a su preservación.

Capacitar y formar a las personas encargadas del funcionamiento de los acueductos urbanos y rurales con el fin de que conozcan buenas prácticas de desinfección y ayuden a disminuir el índice de riesgo de calidad del agua para el consumo humano.

Los entes gubernamentales tales como la alcaldía municipal deben apoyar la elaboración, ajuste y ejecución de planes de manejo y ordenamiento de cuencas hidrográficas y a su vez permitir la articulación de estos con el esquema de ordenamiento territorial del municipio.

Es importante que en los acueductos se cuente con estaciones de medición de factores climáticos, caudales y parámetros fisicoquímicos que permitan constatar in situ la situación real del recurso hídrico. Estas estaciones también permitirán identificar el historial y periodicidad de los factores que contribuyen a la disminución tanto del caudal como de la calidad del agua.

Dentro del municipio es importante capacitar a los campesinos con el fin de implementar prácticas de agricultura y ganadería amigables con el medio ambiente, y así fomentar procesos analíticos y reflexivos del entorno y de la relación del hombre con la naturaleza: A través de lecturas del entorno, es fundamental que se generen mesas ambientales entre los entes gubernamentales y la comunidad con el fin de elaborar o revisar diagnósticos ambientales y estructurar planes de acción para el desarrollo de actividades y el planteamiento de metas que permitan general ese equilibrio.

14. Bibliografía

- Aguirre, M. (2011). La cuenca hidrográfica en la gestión integrada de los recursos hídricos. *Revista Virtual REDESMA [online]* , vol.5, n.1, pp. 9-20. ISSN 1995-1078.
- Arévalo, D. Lozano, J. Sabogal, J. (2011). Estudio nacional de Huella Hídrica Colombia Sector Agrícola. *Sostenibilidad, tecnología y humanismo*, 7, 101-127.
- Arévalo, D. (2007). Una Mirada a la agricultura de Colombia desde la huella hídrica. *Fondo mundial para la naturaleza (WWF)*. Reporte 2012. 1-48
- Alcaldía Municipal de Ospina. (2014). *Esquema de Ordenamiento Territorial*. Ospina, Nariño.
- Alcaldía Municipal de Ospina. (2016). *Plan de ahorro y uso eficiente del agua Ospina (PUEEA)*.
- Alcaldía Municipal de Ospina. (2016). *Plan de gestión integral de residuos sólidos Ospina*.
- Arias, B., Bejarano, D., y Zafra, C. (2014). Mapa de riesgos para la calidad del agua en sistemas de abastecimiento municipales. Un caso colombiano. *Inge@uan -Tendencias en la Ingeniería*, 4(8), 55-68.
- Brooks, K. Gregersen, H. Thames, J. (1991). *Hydrology and the management of watershed*. Iowa, Usa 392 p.
- Chalarca, D. Mejía, R. Aguirre, N. (2007). Aproximación a la determinación del impacto de los vertimientos del agua residuales domesticas del municipio de Ayapel, Sobre la calida del agua de la ciénaga. *Revista Facultad de Ingenieria, Universidad de Antioquia*. (4). 41-58.
- Chapman, D. 1992. *Water Quality Assessments. A Guide to the use of biota, sediments and water in environmental monitoring*. UNESCO. GB. 565 p.
- Comisión económica para América Latina y el Caribe, (2004). *Avances de América Latina y el Caribe hacen el desarrollo sostenible en los temas de: Asentamiento humanos, agua y saneamiento*. 04-6-290.
- Corponariño. (2016-2036). *Plan de gestión ambiental regional (PGAR)*.
- Díaz, A., Chingatè, N., Muñoz, D., Olaya, W., Perilla, C., Sánchez, F., y Sánchez, K. (2009). Desarrollo sostenible y el agua como derecho en Colombia. *Estudios socio-juridicos*, 11(1), 84-116.
- Domínguez Calle, E.A., H.G. Rivera, R. Vanegas Sarmiento, P. Moreno: Relaciones demanda-oferta de agua y el índice de escasez de agua como herramientas de evaluación del recurso hídrico colombiano. *Rev. Acad. Colomb. Cienc.* 32(123): 195-212, 2008. ISSN 0370-3908.
- Foley, J. (2014). Alimentar a 9000 millones. *National Geographic en Español*, 29-59.
- Expósito, M. (2003). Diagnóstico rural participativo. *Una guía práctica*. Santo Domingo, República Dominicana: Centro cultural Poveda.
- Fernández, A. (2012). El Agua: un recurso esencial. *QuimicaViva*. (3). 2-24.
- Guzmán, I. (2008). Recursos hídricos en América Latina: planificación... es la estrategia. *Tecnología en Marcha*, 21(1), 161-173.
- Hoekstra, A., Chapagain, A., Aldaya, M., Mekonnen, M. (2009). *Water Footprint Manual*. State of the Art 2009.
- Hoekstra, A., Chapagain, A., Aldaya, M., Mekonnen, M. (2011). *The Water Footprint assessment Manual. Settings the global Standard*.
- Harlin, JM (1984) Morfometría de cuencas hidrográficas y tiempo para hidrografiar el pico. *Revista de hidrología*, 67, 141-154. [http://dx.doi.org/10.1016/0022-1694\(84\)90238-5](http://dx.doi.org/10.1016/0022-1694(84)90238-5).
- IDEAM. (2014). *Estudio nacional del agua*.
- Marbello, P. (2005). *Manual de prácticas de laboratorio hidráulica*. Recuperado de: <http://bdigital.unal.edu.co/12697/>.

CAUSAS Y FACTORES DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL MUNICIPIO DE OSPINA: HUELLA HÍDRICA

- Oficina de Saneamiento Básico Ospina. (2019). *Índices de riesgo de calidad del agua IRCAS 2018*. Recuperado de: Archivo municipal Ospina.
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, IT, FAO. (1993). *Prevención de la contaminación del agua por la agricultura y actividades afines. Informes sobre temas hídricos 1*. Santiago, Chile. 385 p.
- Organización Mundial de la Salud. (1999). *Informe sobre la salud del mundo*. Recuperado de: https://www.who.int/whr/1999/en/whr99_dgmessage_es.pdf?ua=1.
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, (2009). *Los bosques y el agua*. 155.
- Ongley, E. (1997). *Lucha contra la contaminación agrícola de los recursos hídricos. Estudios de la FAO riego y drenaje*. Roma, Italia FAO 116p.
- Padrón, A. Cantú, P. (2009). El recurso agua en el entorno de las ciudades sustentables. *Cultura científica y tecnología*, 31(6), 1-11.
- Rosero, E. (2016). *Plan de Gobierno*. Ospina, Nariño.
- Trujillo, A., Barroso, F., & Escobar, Y. (2010). *Guía básica para la caracterización morfométrica de cuencas hidrográficas*. Colombia: Universidad del Valle. Retrieved from <http://www.jstor.org/stable/j.ctt1rfsqf5>
- Secretaria general Organización de los Estados Americanos, (1978). *Calidad Ambiental y Desarrollo de Cuencas Hidrográficas: un Modelo para Planificación y Análisis Integrados*. Washington, D.C. Recuperado de: <https://www.oas.org/dsd/publications/Unit/oea69s/oea69s.pdf>.
- Servicio geológico colombiano. (2020). *Mapa geológico de Nariño*, Recuperado de: http://srvags.sgc.gov.co/JSViewer/Mapa_Geologico_colombiano_2015/
- Valencia, E. Leticia, M. (2009). Impacto Ambiental. *Elementos, revista de ciencia y cultura*. 16(73), 5-27.
- Vidal, M. Lopez, A. Santoalla, M. Valles, V. (2000). Factor analyses for the wáter resources contamination due to the use the livestock slurries as fertilizers. *Agricultura wáter management* 45 p.
- World Health Statistics. (2001). *Guías para la calidad del agua de consumo humano: cuarta edición que incorpora la primera adenda*. Recuperado de: <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/272403/9789243549958spa.pdf?ua=1>

Anexos

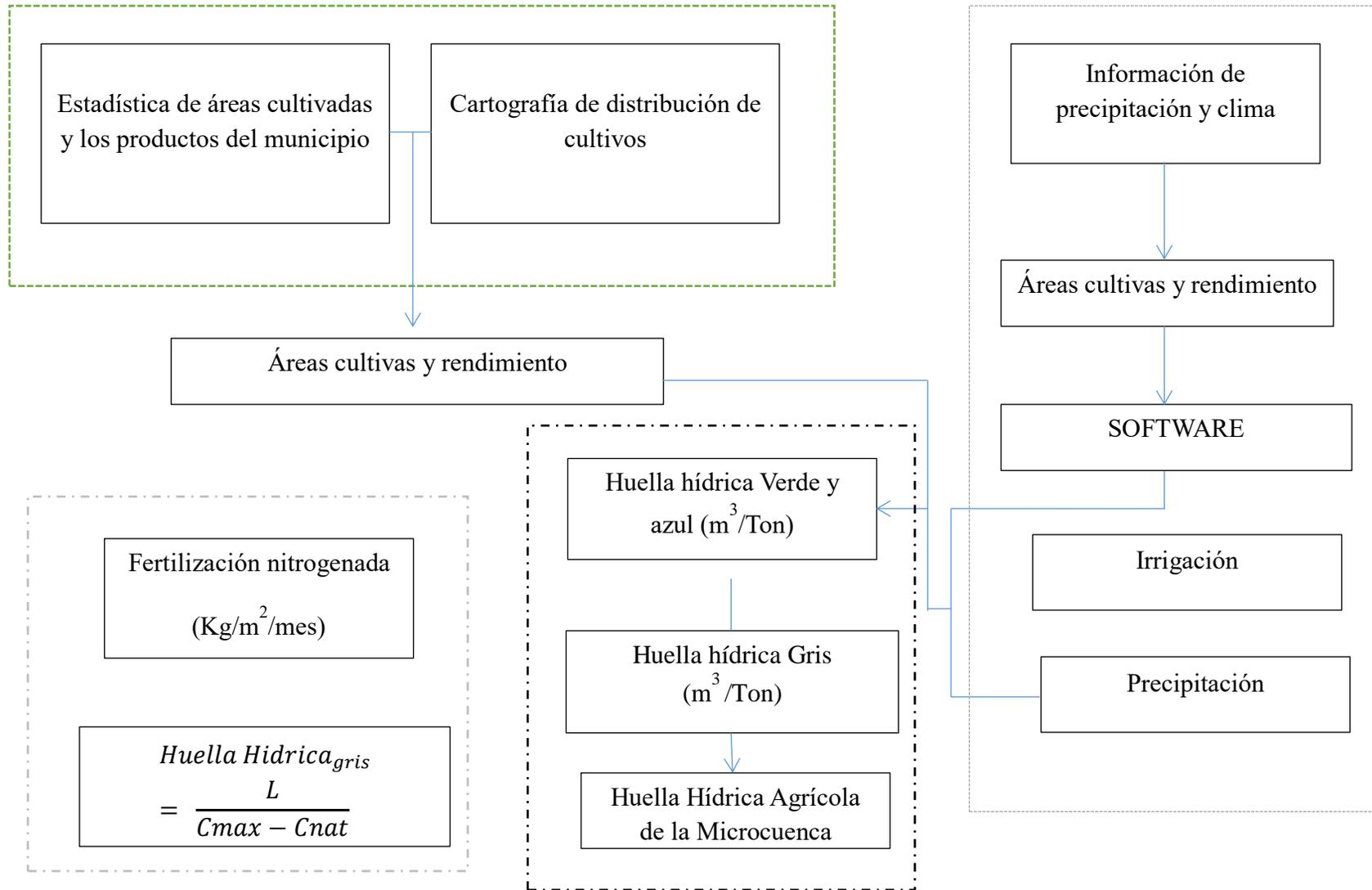
CAUSAS Y FACTORES DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL MUNICIPIO DE OSPINA:
HUELLA HÍDRICA

Anexo 1. Parámetros Físico-Químicos

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS		
Características Físicas	Expresadas como	Valor Maximo permisible
Color aparente	Unidades de Platino Cobalto (UPC)	15
Olor y Sabor	Aceptable ó no Aceptable	Aceptable
Turbiedad	Unidades Neflométricas de turbiedad (UNT)	2
CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS		
Características químicas	Expresadas como	Valor Máximo permisible (mg/L)
PH	PH	6,5 y 9,0
Cloro residual libre	Cloro Residual	0,3 y 2,0
Alcalinidad Total	CaCO ₃	200
Calcio	Ca	60
Fosfatos	PO ₄	0.5
Manganeso	Mn	0.1
Magnesio	Mg	36
Zinc	Zn	3
Dureza Total	CaCO ₃	300
Sulfatos	SO ₄ ²⁻	250
Hierro Total	Fe	0.3
Cloruros	Cl ⁻	250
Nitratos	NO ₃ ⁻	0.1
Nitritos	NO ₂ ⁻	10.0
Aluminio	Al ³⁺	0.2
Fluoruros	F ⁻	1.0

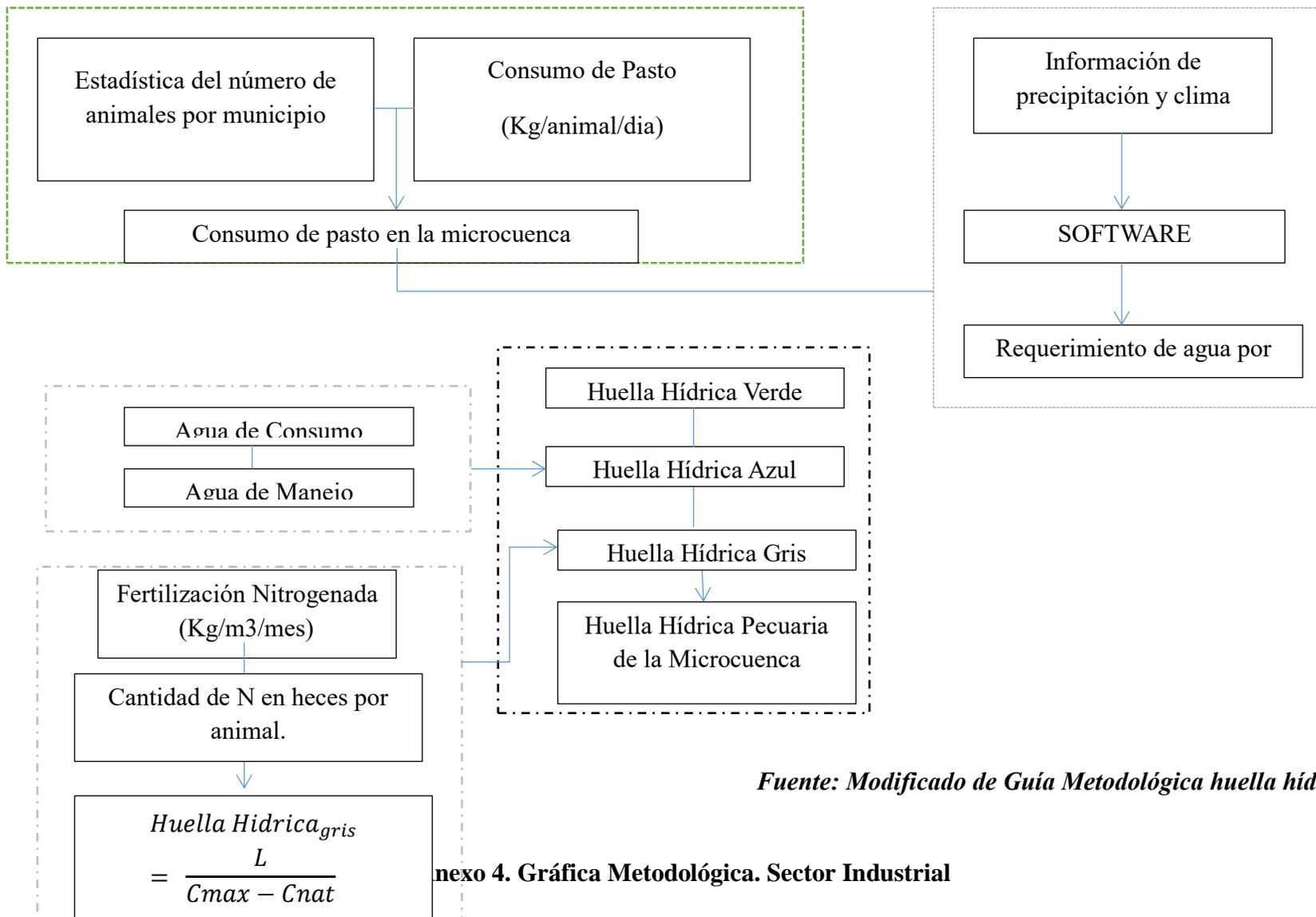
Fuente: Modificado, Resolución 2115 de 2007, Por medio de la cual se señalan características, instrumentos básicos y frecuencias del sistema de control y vigilancia para la calidad del agua para consumo humano.

Anexo 2. Gráfica Metodológica. Huella Hídrica Sector Agrícola



Fuente: Modificado de Guía Metodológica huella hídrica

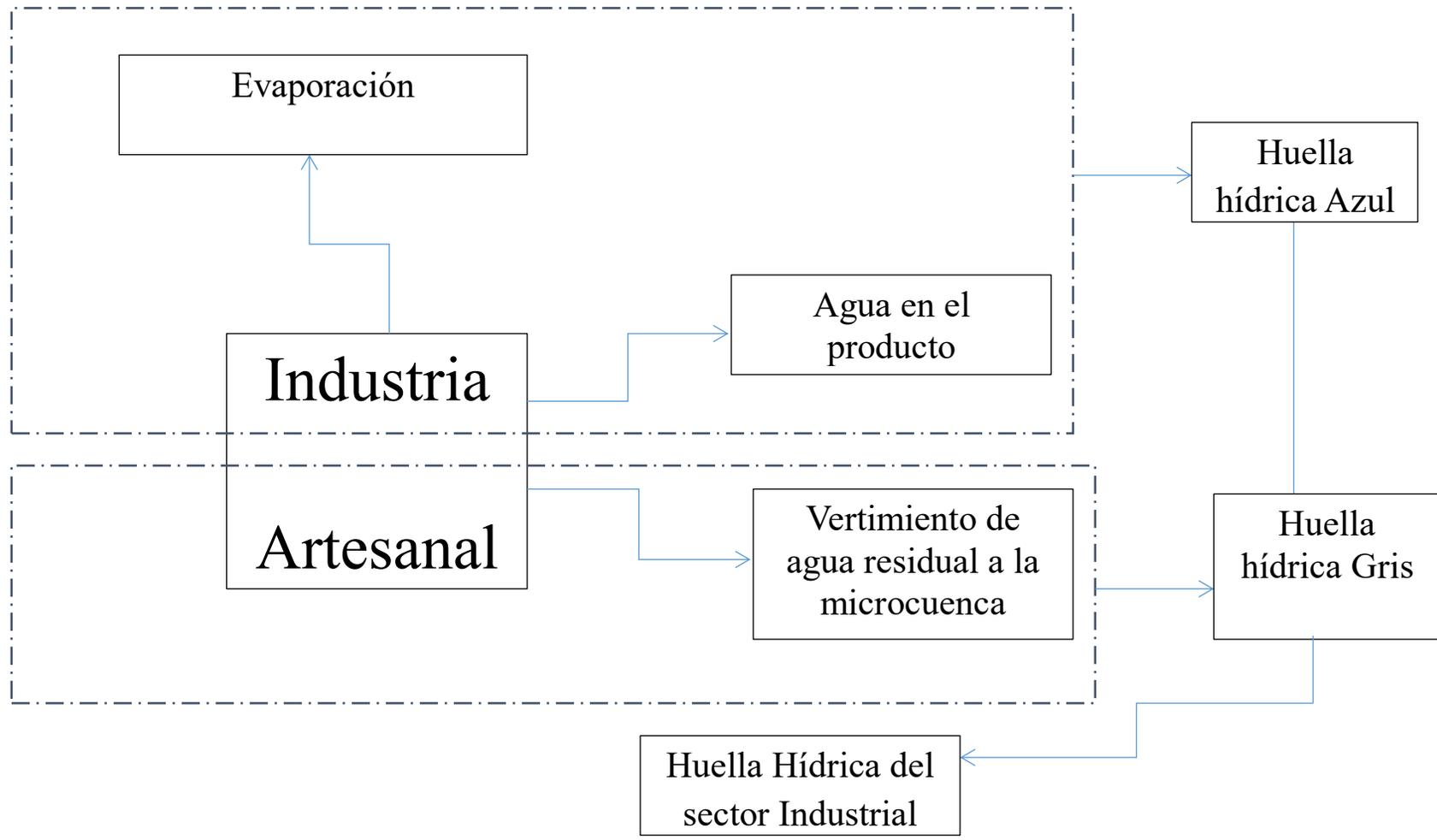
Anexo 3. Gráfica Metodológica. Huella Hídrica sector Pecuario.



Fuente: Modificado de Guía Metodológica huella hídrica

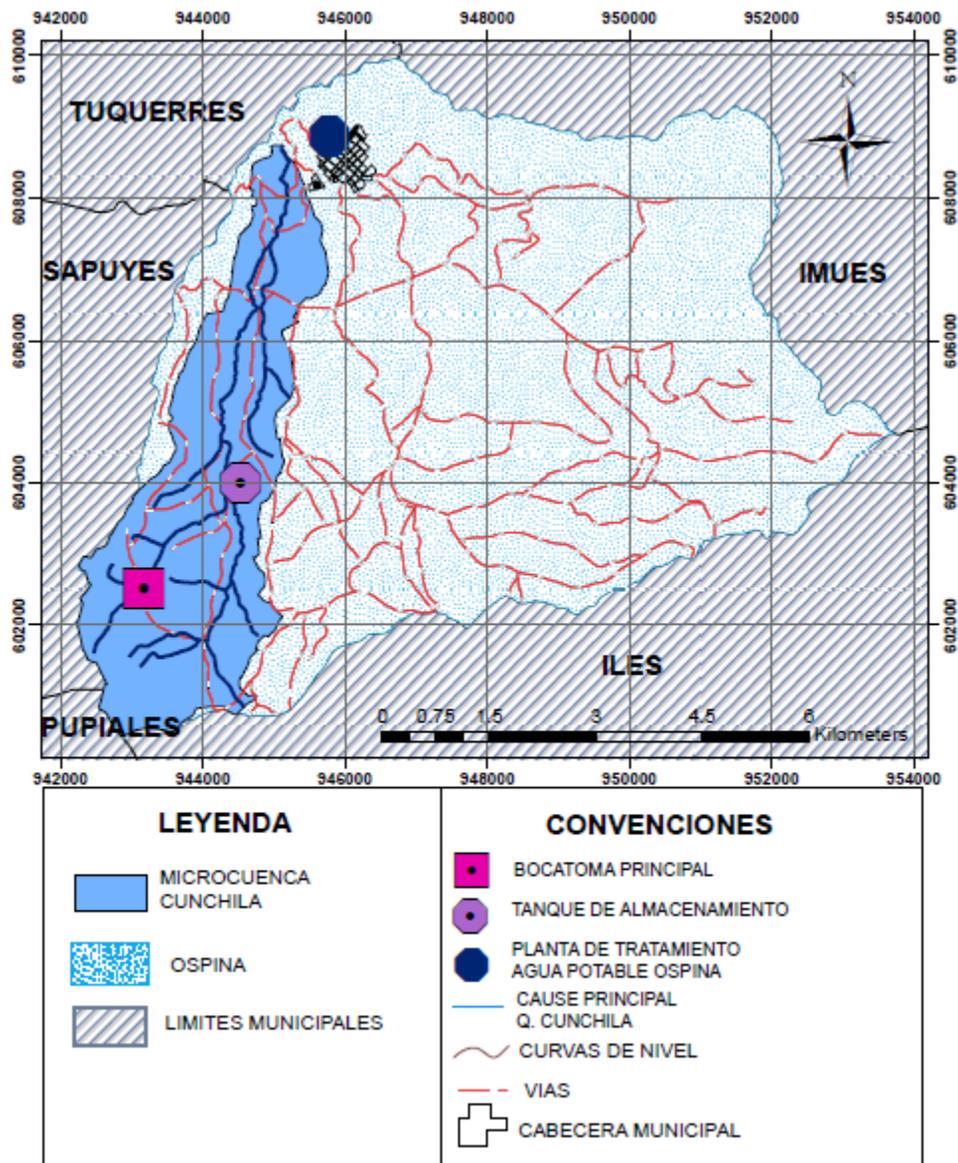
Anexo 4. Gráfica Metodológica. Sector Industrial

CAUSAS Y FACTORES DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL MUNICIPIO DE OSPINA: HUELLA HÍDRICA



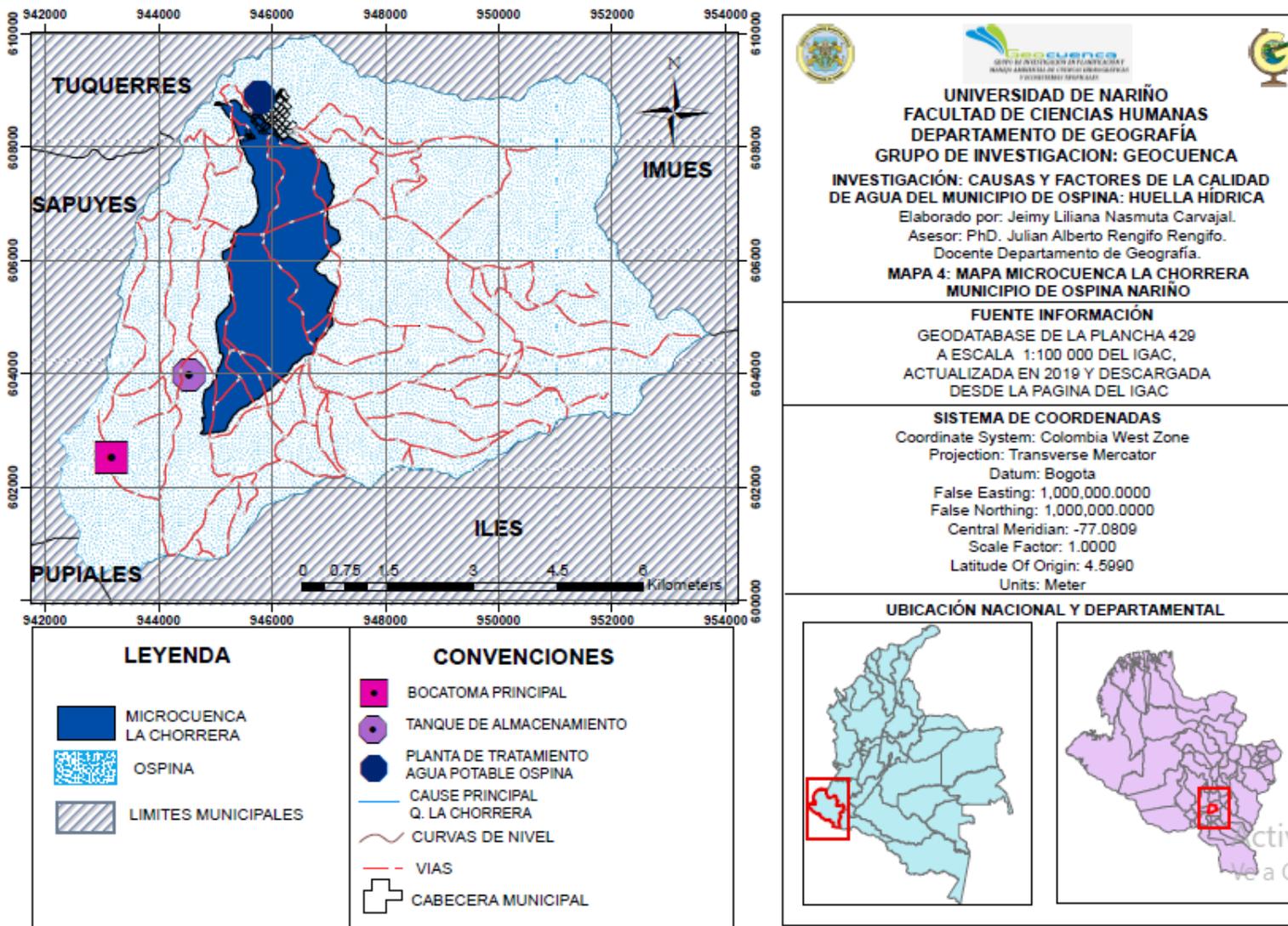
Fuente: Modificado de Guía Metodológica huella hídrica

ANEXO 5. MAPA 3: MICROCUENCA CUNCHILA

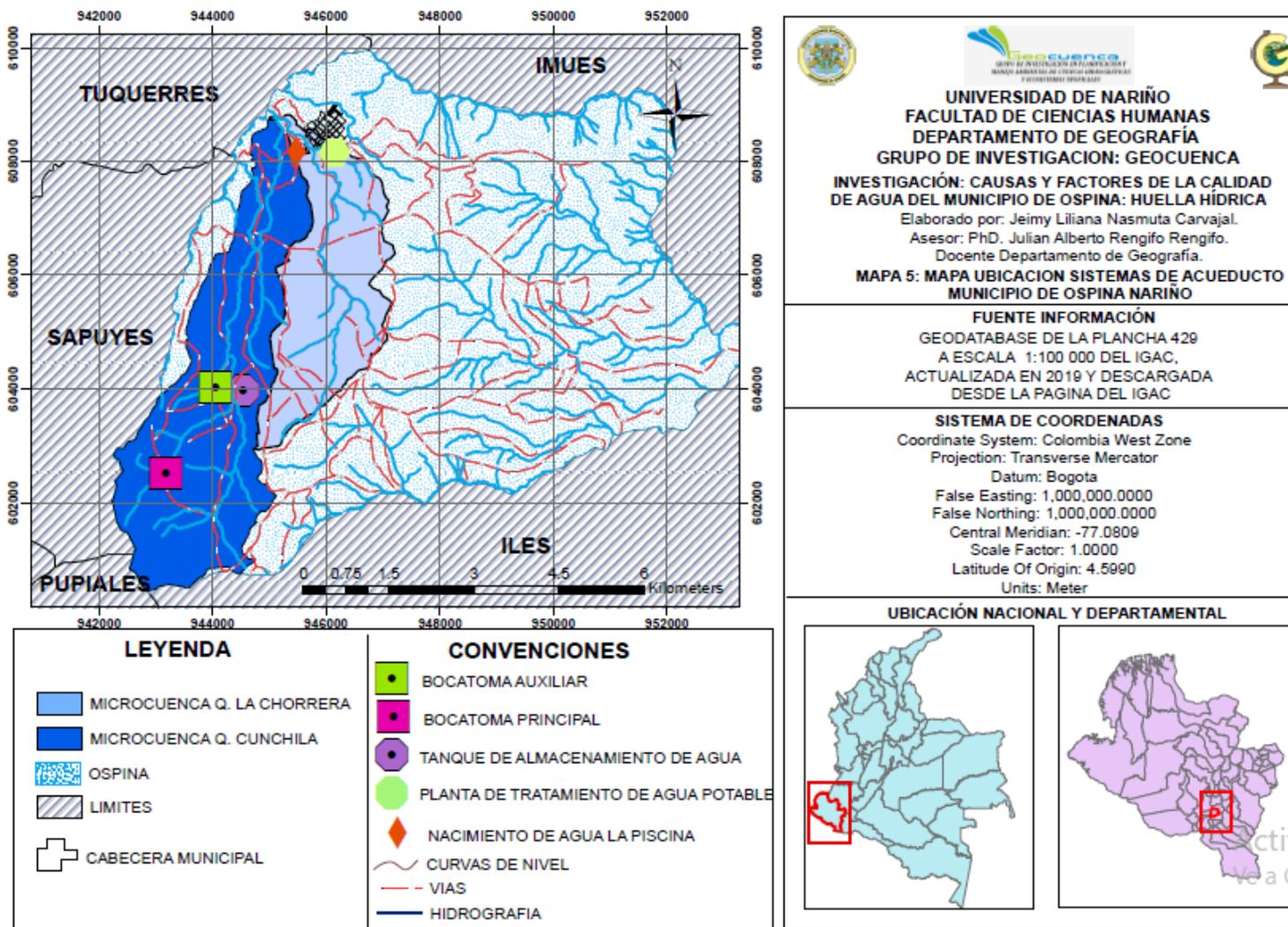


<p>UNIVERSIDAD DE NARIÑO FACULTAD DE CIENCIAS HUMANAS DEPARTAMENTO DE GEOGRAFÍA GRUPO DE INVESTIGACIÓN: GEOCUENCA INVESTIGACIÓN: CAUSAS Y FACTORES DE LA CALIDAD DE AGUA DEL MUNICIPIO DE OSPINA: HUELLA HÍDRICA Elaborado por: Jeimy Liliana Nasmuta Carvajal. Asesor: Ph.D. Julian Alberto Rengifo Rengifo. Docente Departamento de Geografía. MAPA 3: MAPA MICROCUENCA CUNCHILA MUNICIPIO DE OSPINA NARIÑO</p>
<p>FUENTE INFORMACIÓN GEODATABASE DE LA PLANCHA 429 A ESCALA 1:100 000 DEL IGAC. ACTUALIZADA EN 2019 Y DESCARGADA DESDE LA PAGINA DEL IGAC</p>
<p>SISTEMA DE COORDENADAS Coordinate System: Colombia West Zone Projection: Transverse Mercator Datum: Bogota False Easting: 1,000,000.0000 False Northing: 1,000,000.0000 Central Meridian: -77.0809 Scale Factor: 1.0000 Latitude Of Origin: 4.5990 Units: Meter</p>
<p>UBICACIÓN NACIONAL Y DEPARTAMENTAL</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;">   </div>

ANEXO 6. MAPA 4: MICROCUENCA QUEBRADA LA CHORRERA



ANEXO 7. MAPA 5: UBICACIÓN SISTEMAS DE ACUEDUCTO



CAUSAS Y FACTORES DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL MUNICIPIO DE OSPINA:
HUELLA HÍDRICA

**ANEXO 8. LISTA DE CHEQUEO BOCATOMAS, PRINCIPAL Y AUXILIAR
ACUEDUCTOS OSPINA.**

Bocatoma: Principal y Auxiliar.				
Fuente Abastecedora	Quebrada Cunchila y Quebrada la Chorrera			
Parámetro	Cumple	No cumple	Observaciones	Fotografía
Cuenta con una rejilla de captación dispuesta transversalmente a la dirección de la corriente.	x		Las bocatomas si cuenta con rejillas dispuesta transversalmente a la dirección de flujo de la corriente, pero esta son demasiado grandes y permite la entrada y conducción de solidos hacia el sistemas de potabilización.	<p>Quebrada Cunchila</p>  <p>Quebrada La Chorrera</p> 
Cuenta con un canal de captación	x		Se evidencia un canal extenso antes de las rejillas de suspensión de sólidos.	<p>Quebrada Cunchila</p> 
Cuenta con un canal de captación		x	La Bocatoma auxiliar de la quebrada la Chorrera No cuenta con el canal de captación, las aguas son recogidas de un pozo de aguas subterráneas e inmediatamente es	

CAUSAS Y FACTORES DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL MUNICIPIO DE OSPINA:
HUELLA HÍDRICA

transportada por la
rejilla de captación.

Bocatoma: Principal y Auxiliar.

Fuente Abastecedora Quebrada Cunchila y Quebrada la Chorrera

Parámetro	Cum ple	No cumple	Observaciones	Fotografía
Presenta una compuerta que permita la regulación de caudales.		x	No se observó esta estructura ni ninguna que cumpla dicha función.	
Cuenta con una cámara desarenadora		x	En la bocatoma auxiliar no se evidencia el desarenador, únicamente se encuentra la rejilla de suspensión de sólidos y la tubería que conduce el líquido hasta el tanque de almacenamiento. Por otra parte en la bocatoma principal, existen cuatro desarenadores, para los acueductos de Cuadquiran, Las Lomas, Regional y el Casco Urbano.	
Se proyectará un muro de encauzamiento transversal que oriente las líneas de corriente hacia la rejilla en épocas de estiaje.		x	Los acueductos no cuentan con este tipo de estructura, para servir en épocas de sequía donde el caudal se reduce.	
El canal de captación		x	La velocidad del flujo no es suficiente para impedir	

CAUSAS Y FACTORES DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL MUNICIPIO DE OSPINA:
HUELLA HÍDRICA

cuenta con una pendiente alta

sedimentación de las arenas, hojas o material vegetal de arrastre. Estos materiales se alojan sobre la rejilla dispuesta sobre las bocatomas.

Bocatoma: Principal y Auxiliar.

Fuente Abastecedora Quebrada Cunchila y Quebrada la Chorrera

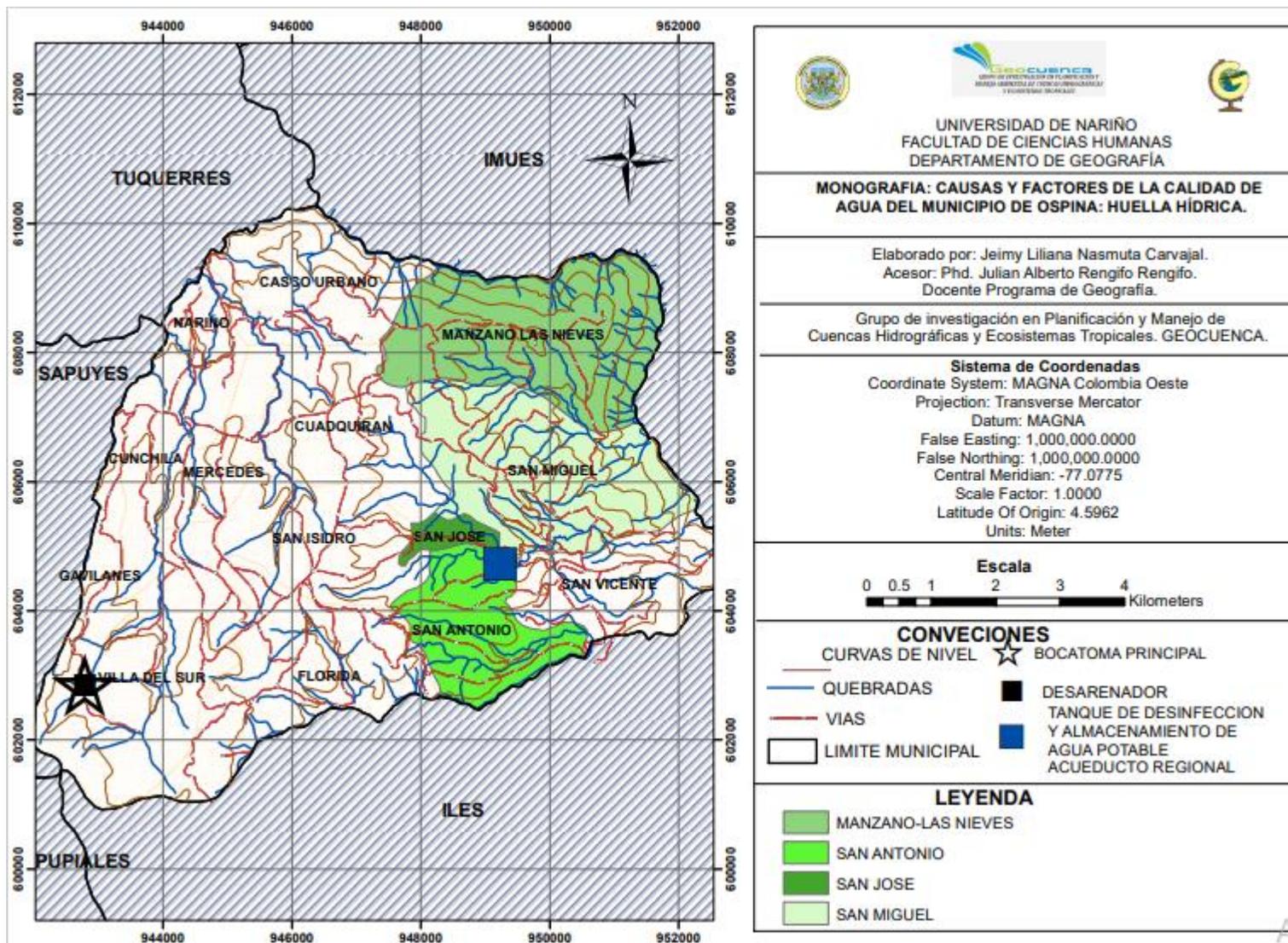
Parámetro	Cumple	No cumple	Observaciones	Fotografía
El dimensionamiento de dicho canal permitirá conducir la totalidad del agua captada en toda la longitud de la rejilla.	x		El canal permite la conducción del flujo de agua desde el canal hasta los tanques de almacenamiento.	
El ancho de la base del fondo del canal debe permitir las operaciones de limpieza mediante elementos manuales.	x		Esta longitud de ancho si permite las operaciones de limpieza por parte de los operadores.	
Aguas arriba y aguas abajo del canal de captación se cuenta con un enrocamiento en toda su longitud, con un ancho no menor de 3 m y una profundidad media de 0.6 m		x	Los sistemas no cuentan con un enrocamiento que impida la acción erosiva del agua sobre el canal de captación.	

CAUSAS Y FACTORES DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL MUNICIPIO DE OSPINA: HUELLA HÍDRICA

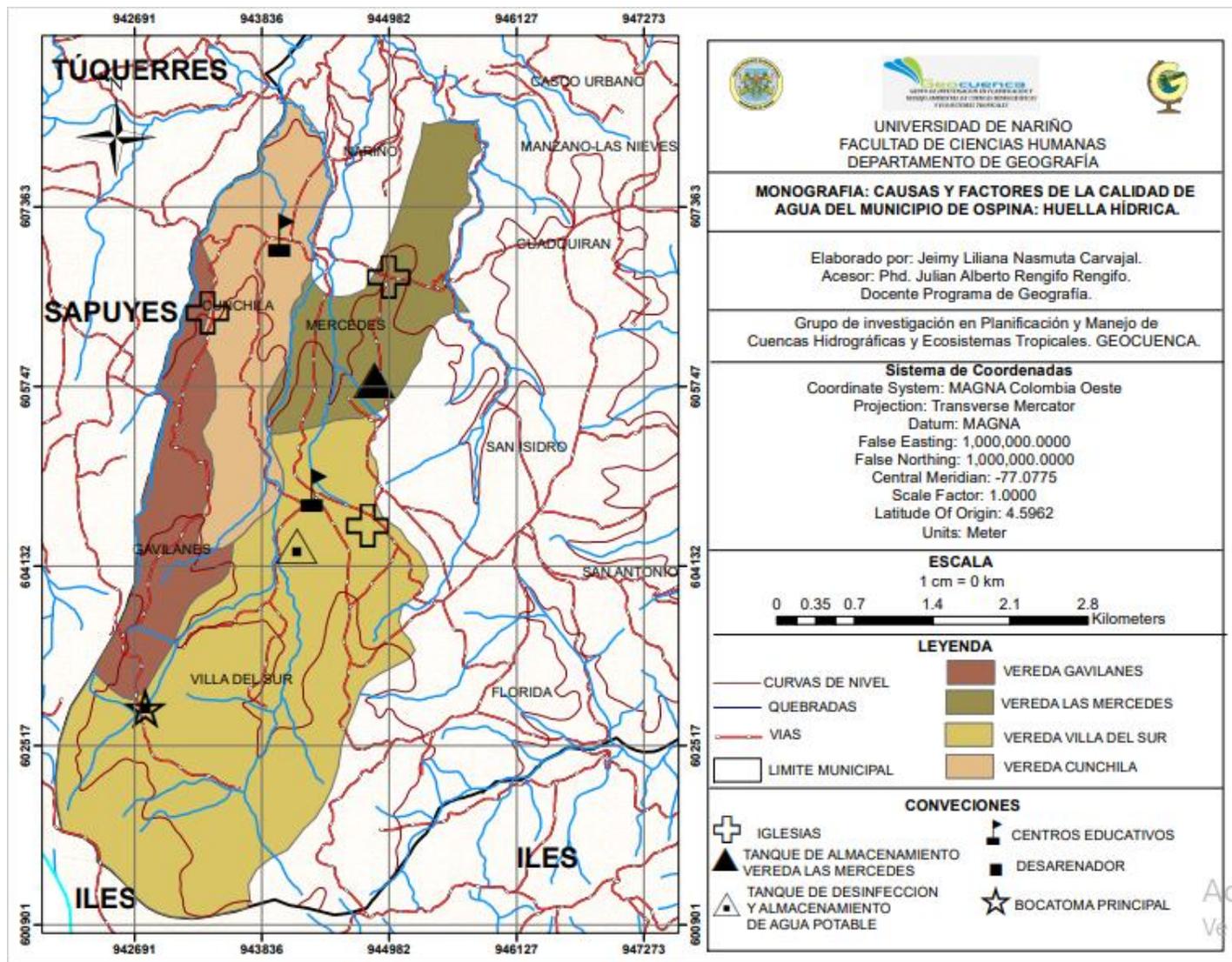
como
protección
contra la
acción erosiva
de la corriente

La bocatoma se encuentra protegida con rejillas para impedir el ingreso de animales o personal no autorizado.	x	El área donde se encuentra la bocatoma está ubicada en una zona alta del municipio, únicamente está rodeada por vegetación y la entrada al lugar es de fácil acceso tanto para animales como para personal no autorizado.
---	---	---

ANEXO 9. CARTA DE CAMPO ACUEDUCTO REGIONAL

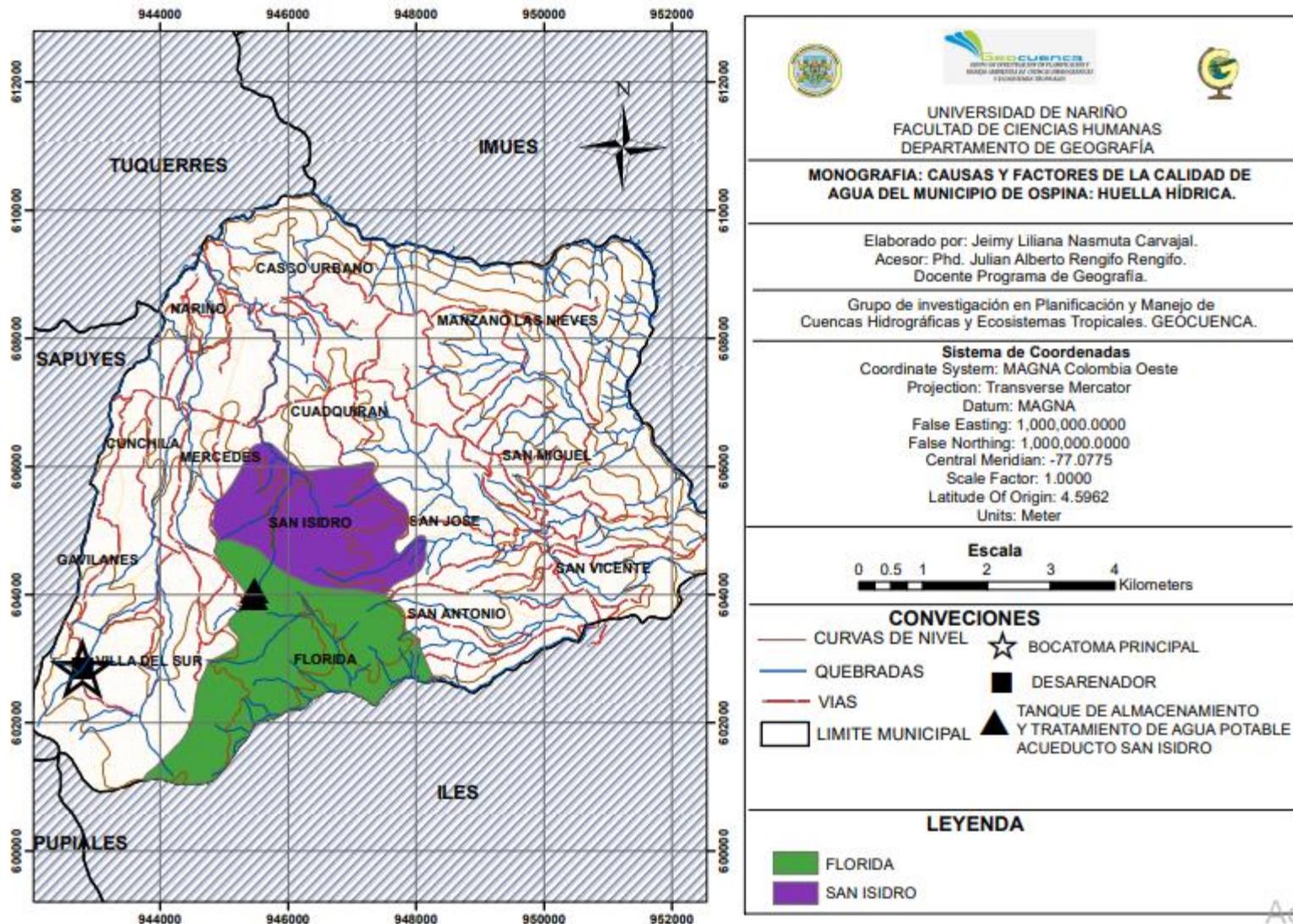


ANEXO 10. CARTA DE CAMPO ACUEDUCTO LAS LOMAS



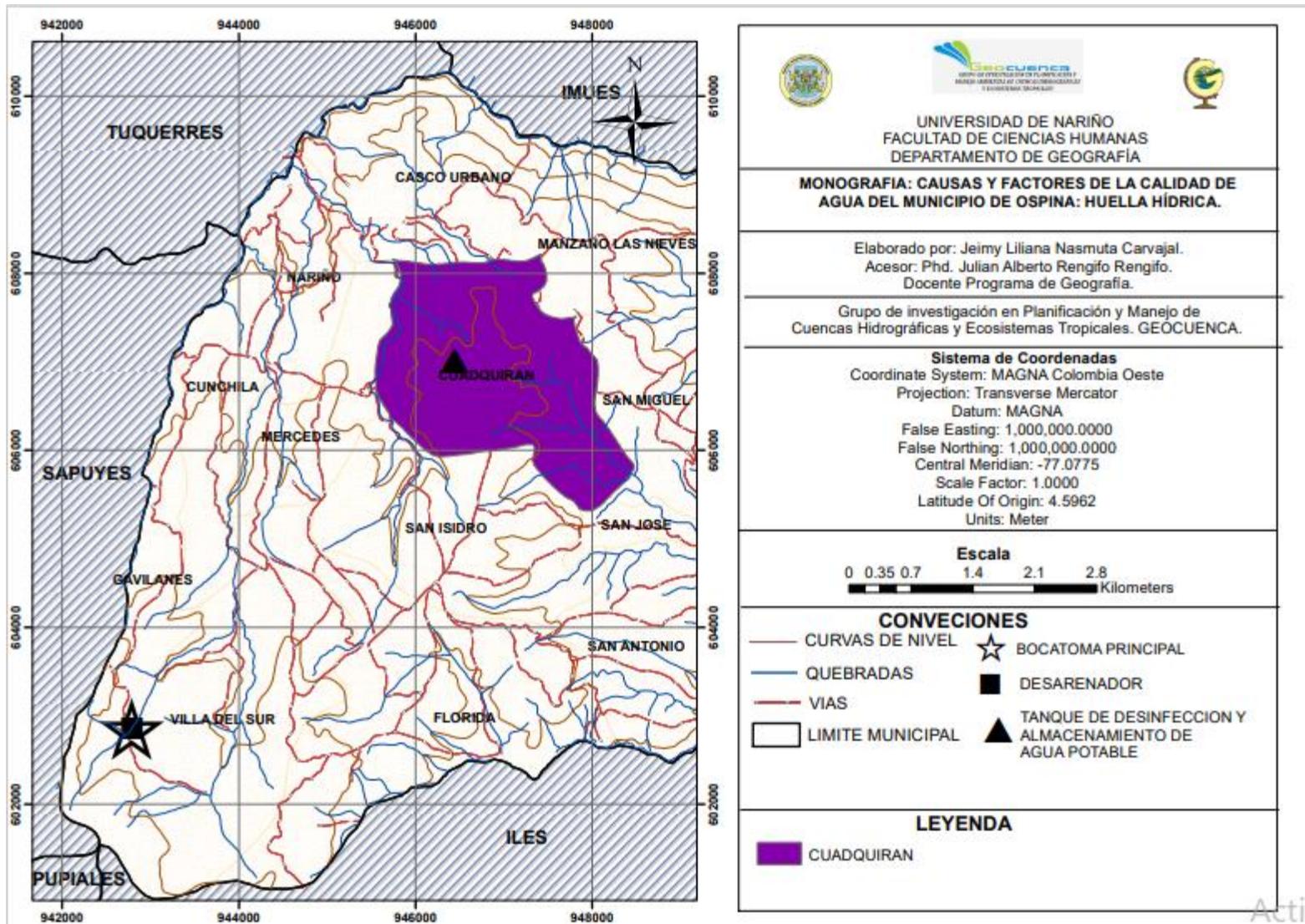
ANEXO 11. CARTA DE CAMPO ACUEDUCTO SAN ISIDRO - LA FLORIDA

CAUSAS Y FACTORES DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL MUNICIPIO DE OSPINA: HUELLA HÍDRICA



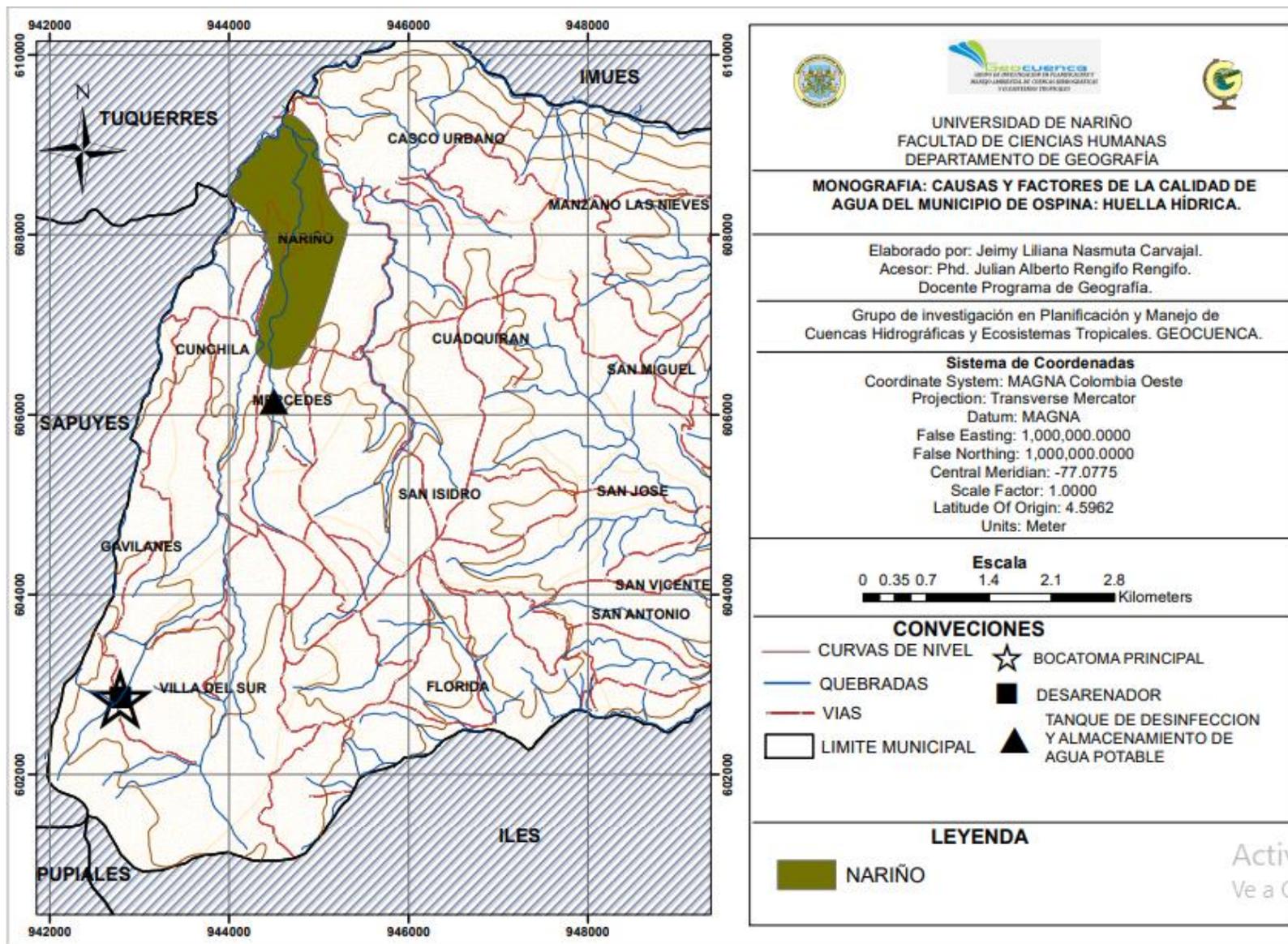
ANEXO 12. CARTA DE CAMPO ACUEDUTO CUADQUIRAN

CAUSAS Y FACTORES DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL MUNICIPIO DE OSPINA: HUELLA HÍDRICA



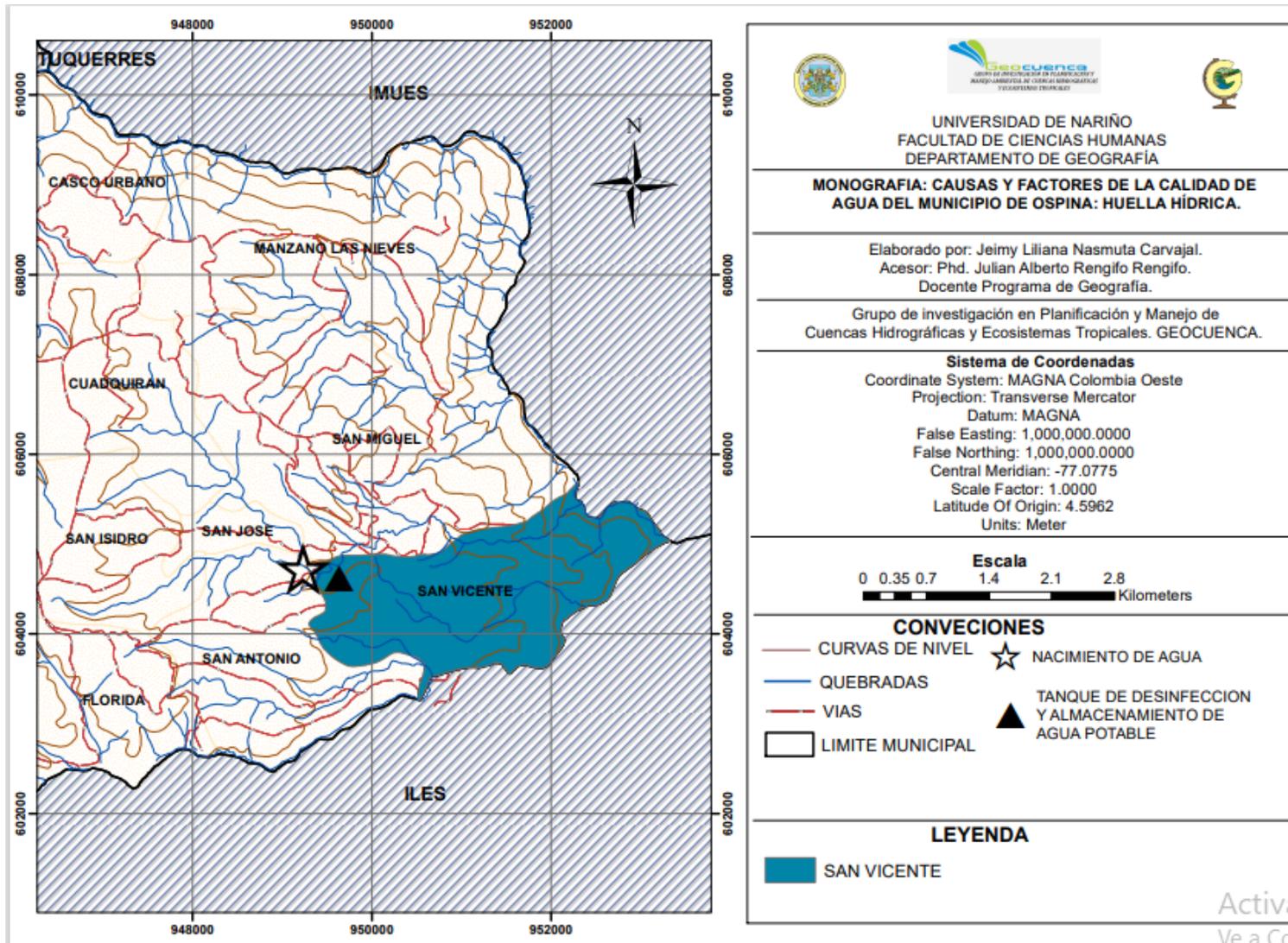
ANEXO 13. CARTA DE CAMPO ACUEDUCTO NARIÑO

CAUSAS Y FACTORES DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL MUNICIPIO DE OSPINA: HUELLA HÍDRICA



ANEXO 14. CARTA DE CAMPO ACUEDUTO SAN VICENTE

CAUSAS Y FACTORES DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL MUNICIPIO DE OSPINA: HUELLA HÍDRICA



Activar
 Ve a Confi

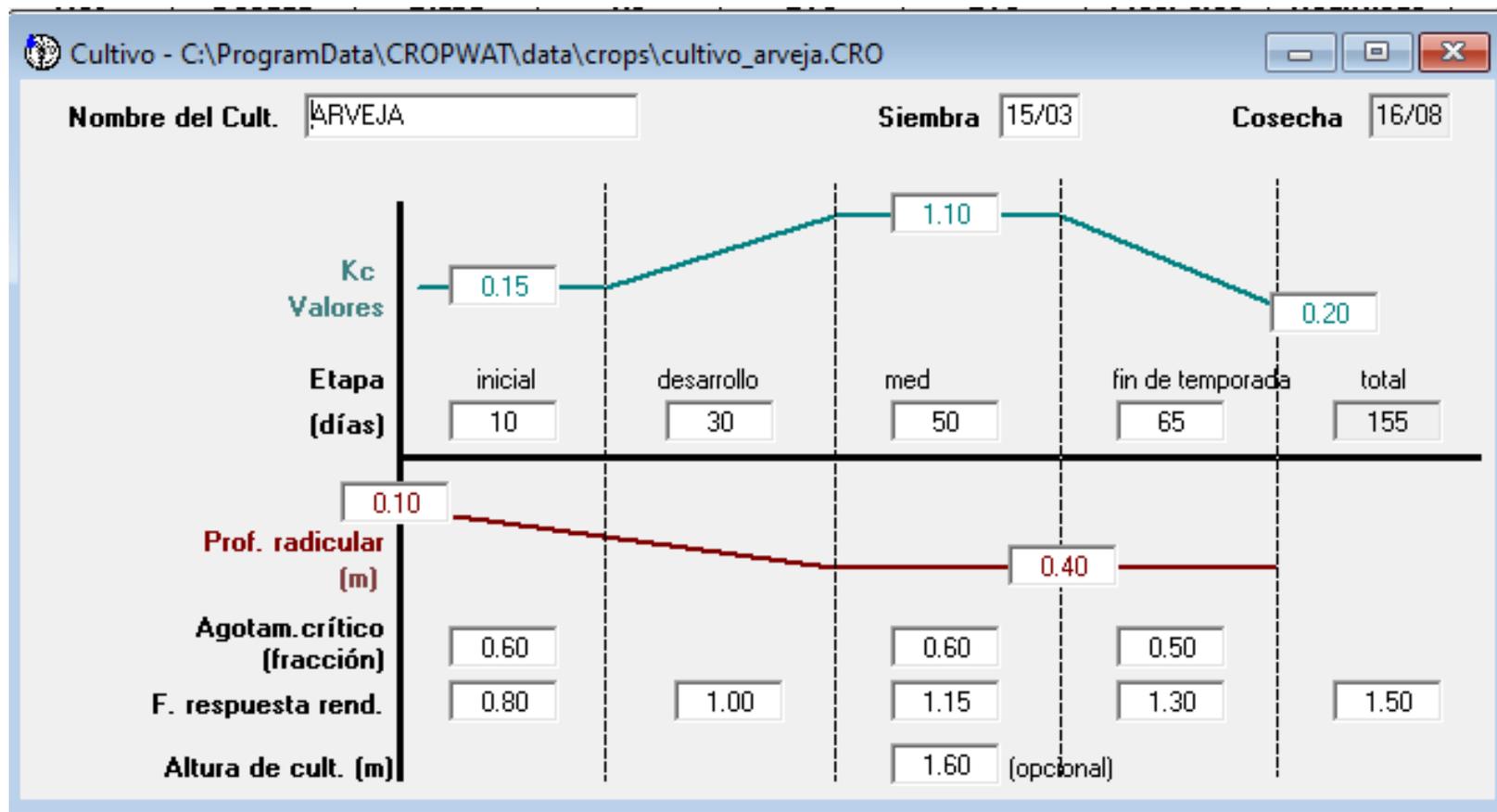
ANEXO 16. MAPA PARLANTE AREA URBANA



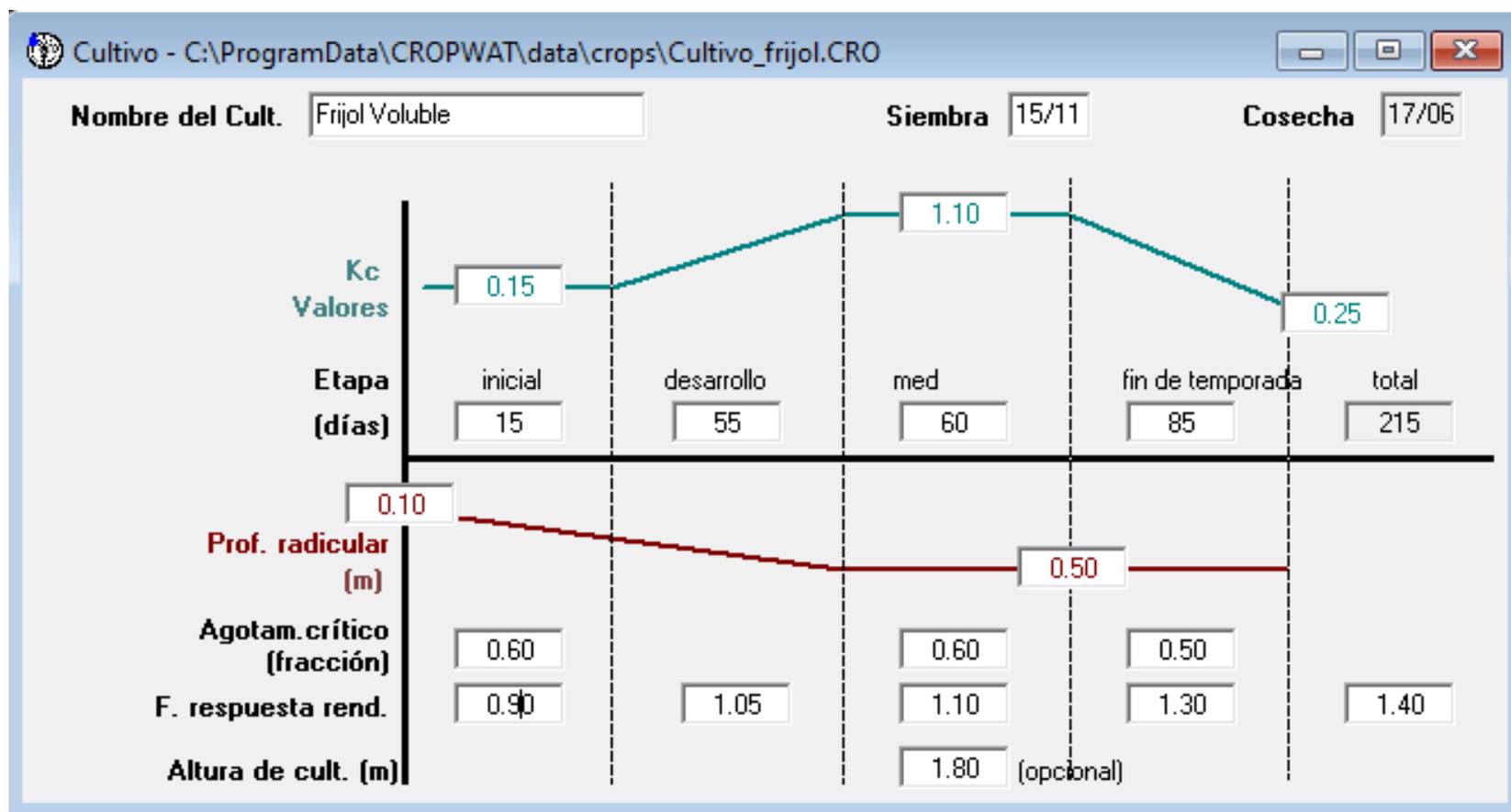
ANEXO 17. MAPA PARLANTE RECURSO HÍDRICO ÁREA RURAL



ANEXO 18. Módulo cultivo de arveja.



Anexo 19. Módulo cultivo de frijol Voluble.



Anexo 20. Módulo requerimiento de agua del cultivo de arveja.

Requerimiento de Agua del Cultivo

Estación ETo: El Paraiso Tuquerres Cultivo: ARVEJA

Est. de lluvia: El Paraiso Tuquerres Fecha de siembra: 15/03

Mes	Decada	Etapa	Kc	ETc	ETc	Prec. efec	Req.Riego
			coef	mm/día	mm/dec	mm/dec	mm/dec
Mar	2	Inic	0.15	0.40	2.4	0.1	2.3
Mar	3	Des	0.22	0.58	6.4	0.5	5.9
Abr	1	Des	0.50	1.30	13.0	0.9	12.1
Abr	2	Des	0.78	2.01	20.1	1.2	18.9
Abr	3	Med	0.98	2.50	25.0	0.9	24.1
May	1	Med	0.99	2.50	25.0	0.5	24.5
May	2	Med	0.99	2.47	24.7	0.2	24.5
May	3	Med	0.99	2.44	26.8	0.3	26.5
Jun	1	Med	0.99	2.40	24.0	0.4	23.6
Jun	2	Fin	0.94	2.26	22.6	0.5	22.1
Jun	3	Fin	0.82	1.98	19.8	0.4	19.4
Jul	1	Fin	0.70	1.69	16.9	0.3	16.5
Jul	2	Fin	0.58	1.40	14.0	0.3	13.7
Jul	3	Fin	0.45	1.12	12.4	0.2	12.2
Ago	1	Fin	0.33	0.83	8.3	0.0	8.3
Ago	2	Fin	0.23	0.60	3.6	0.0	3.6
					264.9	6.6	258.3

Anexo 21. Módulo requerimiento de agua del cultivo de fríjol Voluble.

Requerimiento de Agua del Cultivo

Estación ETo: El Paraiso Tuquerres Cultivo: Frijol Voluble

Est. de lluvia: El Paraiso Tuquerres Fecha de siembra: 15/11

Mes	Decada	Etapa	Kc	ETc	ETc	Prec. efec	Req. Riego
			coef	mm/día	mm/dec	mm/dec	mm/dec
Nov	2	Inic	0.15	0.37	2.2	1.4	1.1
Nov	3	Des	0.15	0.38	3.8	1.9	1.9
Dic	1	Des	0.29	0.70	7.0	1.4	5.7
Dic	2	Des	0.50	1.21	12.1	1.0	11.1
Dic	3	Des	0.72	1.71	18.9	0.9	18.0
Ene	1	Med	0.94	2.18	21.8	0.7	21.2
Ene	2	Med	0.99	2.28	22.8	0.5	22.3
Ene	3	Med	0.99	2.40	26.4	0.5	25.9
Feb	1	Fin	0.99	2.51	25.1	0.6	24.5
Feb	2	Fin	0.89	2.37	23.7	0.6	23.0
Feb	3	Fin	0.78	2.07	16.6	0.5	16.0
Mar	1	Fin	0.67	1.77	17.7	0.3	17.4
Mar	2	Fin	0.54	1.44	14.4	0.2	14.2
Mar	3	Fin	0.41	1.08	11.9	0.5	11.4
Abr	1	Fin	0.29	0.76	6.1	0.7	5.2
					230.4	11.6	218.8