

Caracterización de las fuentes abastecedoras de agua de los sistemas Río Frío y Neusa ubicados en los municipios de Zipaquirá, Nemocón y Cogua del Departamento de Cundinamarca

Caracterización de las fuentes abastecedoras de agua de los sistemas Río Frío y Neusa ubicados en los municipios de Zipaquirá, Nemocón y Cogua del Departamento de Cundinamarca

Autores

Bello Hernández Javier Oscar
Ingeniería Civil
Especialización en Diseño y Construcción de Obras de Infraestructura y Edificaciones
Sánchez Cifuentes Daniela 2
Ingeniería Civil
1 - ohernandezb@ulagrancolombia.edu.co
2- dcifuentess@ulagrancolombia.edu.co

Olga Lucia Borda Prada
Director

Ariel Fabricio Guerrero Rodríguez
Codirector

Programa de Ingeniería Civil

6 de septiembre del 2023

Bogotá

Caracterización de las fuentes abastecedoras de agua de los sistemas Río Frío y Neusa ubicados en los municipios de Zipaquirá, Nemocón y Cogua del Departamento de Cundinamarca

RESUMEN

En este documento, se presenta la caracterización de una importante red de abastecimiento de agua potable, ubicada en el Departamento de Cundinamarca, la cual distribuye este importante líquido a los municipios de Zipaquirá, Nemocón y Cogua. Dicha red, se encuentra constituida por dos sistemas: Neusa y Río Frío. Inicialmente se realizó una descripción esquemática de la conformación de los sistemas mencionados con el objetivo de identificar usos del suelo principalmente, tales como, prácticas de agricultura y ganadería. Seguidamente, mediante imágenes satelitales se identificaron ciertos indicadores de vulnerabilidad de las fuentes de abastecimiento de los sistemas señalados y, asimismo, se describió parte de la morfología de cada una de las cuencas abastecedoras. Basados en los resultados obtenidos de dicha caracterización, para estudios posteriores es posible identificar puntos de muestreo representativos para la evaluación del riesgo asociado al uso de agroquímicos en la zona y aportar datos para la actualización de los mapas de riesgo correspondientes.

Palabras claves: captación, geomorfología, agua cruda, agua tratada, grupo organoclorado, grupo organofosforado, fotogrametría.

ABSTRACT

This document presents the characterization of an important drinking water supply network, located in the Department of Cundinamarca, which distributes this important liquid to the municipalities of Zipaquirá, Nemocón and Cogua. This network is made up of two systems: Neusa and Río Frío. Initially, a schematic description of the conformation of the aforementioned systems was made in order to identify land uses, such as agriculture and cattle raising practices. Next, satellite images were used to identify certain vulnerability indicators of the supply sources of the systems mentioned above and to describe part of the

Caracterización de las fuentes abastecedoras de agua de los sistemas Río Frío y Neusa ubicados en los municipios de Zipaquirá, Nemocón y Cogua del Departamento de Cundinamarca

morphology of each of the supply basins. Based on the results obtained from this characterization, it is possible to identify representative sampling points for further studies to evaluate the risk associated with the use of agrochemicals in the area and to provide data for updating the corresponding risk maps.

Keywords: catchment, geomorphology, raw water, treated water, organochlorine group, organophosphate group, photogrammetry.

INTRODUCCIÓN

El agua dulce es esencial tanto para el consumo humano como para las actividades productivas y económicas. Sin embargo, el ritmo actual de consumo, especialmente en la industria y la agricultura, ha generado un problema grave en la calidad del agua. El uso de productos químicos para acelerar o proteger la producción está afectando las aguas superficiales y subterráneas en su recirculación, lo que plantea desafíos significativos para la preservación de este recurso vital. (ONU, 2021)

Conscientes de la importancia de abordar este problema, la facultad de Ingenierías de la Universidad la Gran Colombia inició una investigación en el año 2020, enfocada en la evaluación de la calidad del agua y los factores de amenaza y vulnerabilidad en la subcuenca del río Neusa ubicada en el departamento de Cundinamarca. Esta investigación, que utilizó la metodología de GOD (Groundwater hydraulic confinement, Overlaying strata, Depth to groundwater table), identificó que el mayor factor de amenaza corresponde al uso del suelo para pastos y cultivos. (Borda-Prada, O. L., Moreno-Merchán, A. C., Guerrero-Rodríguez, A., 2021).

A partir de los resultados de esta investigación y de los informes técnicos emitidos por la Alcaldía Municipal del Municipio de Zipaquirá, un riesgo sobre las fuentes abastecedoras de agua asociado a plaguicidas organofosforados y organoclorados principalmente, por tal razón, se ha identificado la necesidad de realizar una nueva investigación con el fin de caracterizar dichas fuentes, responsables de

Caracterización de las fuentes abastecedoras de agua de los sistemas Río Frío y Neusa ubicados en los municipios de Zipaquirá, Nemocón y Cogua del Departamento de Cundinamarca

distribuir el agua a los municipios de Zipaquirá, Cogua y Nemocón, ubicados en el departamento mencionado. Con lo cual, se busca aportar a la primera fase de evaluación del riesgo asociado al uso del suelo, utilizando una amplia gama de herramientas y tecnologías geoespaciales.

Basados en la geolocalización es posible determinar la posición asignando o extrayendo coordenadas a un elemento para luego representarlas a través de elementos de información geográficas SIG y Mediante el uso de sistemas de georreferenciación, se puede ubicar y visualizar de manera precisa las fuentes abastecedoras de agua mencionadas. Los resultados arrojados de esta información resultan fundamentales para comprender la distribución espacial de los riesgos y la vulnerabilidad en la zona.

Además, se ha empleado la descarga de imágenes satelitales para obtener una visión global y actualizada de la cuenca del río Neusa. Las imágenes satelitales captadas desde el espacio ofrecen una perspectiva amplia y detallada de la superficie terrestre. Estas imágenes permiten identificar características como la vegetación, el uso del suelo y los cuerpos de agua, proporcionando información valiosa para el análisis de la vulnerabilidad de la cuenca y la evaluación de los riesgos asociados.

De acuerdo con información existente de la región norte de Cundinamarca, en la zona son característicos los cultivos para la producción de diversos cultivos como papa, tomate, maíz y verduras, entre otros productos, los cuales representan gran importancia económica. (FAO,2021) No obstante, es relevante señalar que estas actividades agrícolas podrían representar un impacto negativo en las zonas hídricas de los municipios de Nemocón, Cogua y Zipaquirá. Por lo cual, surge la necesidad de realizar un estudio exhaustivo que permita la clasificación y análisis de cuencas y subcuencas.

Asimismo, se han utilizado modelos digitales de elevación (MDE), que proporcionan datos precisos sobre la topografía y la altitud en el área de estudio. Estos modelos, permiten visualizar y analizar la geomorfología del terreno, elevaciones, pendientes y otros atributos relacionados, lo que resulta fundamental para comprender la hidrología de la cuenca y evaluar los posibles riesgos asociados.

DISEÑO METODOLÓGICO

Caracterización de las fuentes abastecedoras de agua de los sistemas Río Frío y Neusa ubicados en los municipios de Zipaquirá, Nemocón y Cogua del Departamento de Cundinamarca

En el contexto de la problemática mencionada se presenta una investigación de tipo descriptiva, orientada a la identificación de indicadores de vulnerabilidad relacionados con el uso del suelo. En este sentido, se diseñan e implementan fases mediante el uso de herramientas de georreferenciación, geolocalización y análisis satelital. A continuación, en la tabla 1 se describe lo descrito.

Tabla 1

Proceso Metodológico de trabajo

FASE	DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDAD
Fase. 1 descripción de la zona objeto de estudio	Mediante visita de campo y análisis a los estudios existentes por parte de la Empresa prestadora de servicios (Empresa de Servicios públicos de Zipaquirá), se identificó la estructura y funcionamiento general del sistema de abastecimiento.
Fase. 2 delimitación de zonas de estudio	Se realizaron las respectivas delimitaciones en la zona de estudio por medio de la herramienta Create Watershed (GlobalMapper V20.0), y luego se realizaron la correcciones y precisiones correspondientes por medio de polígonos en Google Earth, en las cuales se identificaron las áreas para las cuencas de los sistemas Río Frío y Neusa, por medio de Fotointerpretación de Imágenes Satelitales l descargadas a través de la plataforma SAS Planet.

Caracterización de las fuentes abastecedoras de agua de los sistemas Río Frío y Neusa ubicados en los municipios de Zipaquirá, Nemocón y Cogua del Departamento de Cundinamarca

FASE	DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDAD
Fase. 3 caracterización de Cuencas	Se realizó una Caracterización hidrográfica y geomorfológica de las cuencas para describir su comportamiento a partir de su forma, índice de capacidad y alargamiento, Relieve y Tiempos de concentración, con la ayuda de Hietogramas en base a las precipitaciones de la zona se utilizó el método del Número de la curva (CN) de la estimación de escurrimiento superficial SCS con el fin de modelar el comportamiento de la lluvia infiltrada por escorrentía, con la herramienta HEC HMS. Esto, para la determinación del caudal aportado de la zona de estudio y el establecimiento de la precipitación efectiva.
Fase. 4 evaluación de la vulnerabilidad	Una vez obtenidos los datos de usos de suelo, características físicas de las cuencas y caudales efectivos, se realizó análisis cuantitativo y cualitativo a través de la adecuación del método de GOD (Groundwater hydraulic confinement, Overlaying strata, Depth to groundwater table), para la evaluación de nivel de vulnerabilidad de cada una de las fuentes.

Elaboración propia

RESULTADOS

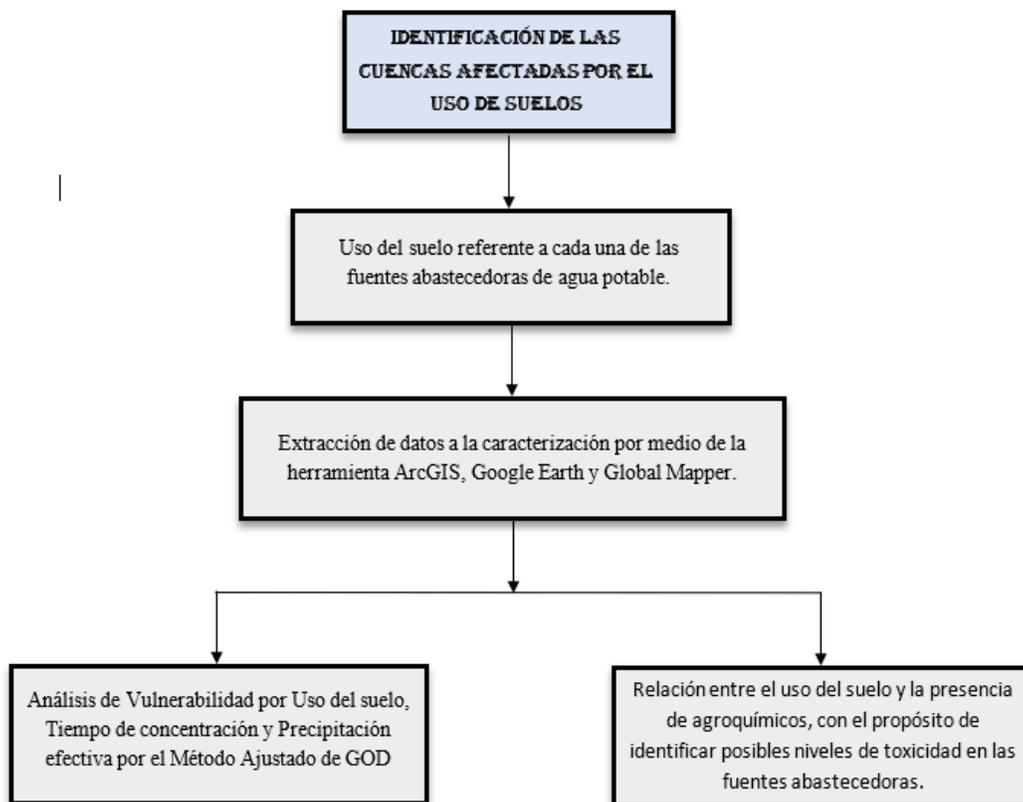
FASE 1 Descripción de la zona de estudio

En la Figura 1 se representa visualmente el proceso descrito en las etapas del presente estudio, el cual se centra en la identificación de indicadores de vulnerabilidad relacionados con el uso del suelo.

Caracterización de las fuentes abastecedoras de agua de los sistemas Río Frío y Neusa ubicados en los municipios de Zipaquirá, Nemocón y Cogua del Departamento de Cundinamarca

Figura 1

Fase 1 - Descripción de zona de estudio.



Elaboración propia

Según datos suministrados por la Empresa prestadora del servicio (Empresa de servicios públicos de Zipaquirá) El sistema del río Neusa comienza en la captación de aproximadamente 0,70 m³/s de agua cruda del río Neusa. Esta agua es sometida a un proceso de desarenado antes de ser transportada a la Planta de Tratamiento de Agua Potable (PTAP) Regional. La PTAP cuenta con dos sistemas de tratamiento: una planta compacta de 180 litros, construida en 1972, y una planta convencional de 150 litros, construida en el año 2000. Después del tratamiento, el agua se almacena en tres tanques con capacidades de 3974 m³ (San Antonio 1), 5000 m³ (San Antonio 3) y 2000 m³ (San Antonio 2). Este sistema de distribución suministra agua tratada a través de 176.155 metros de tuberías, abasteciendo el casco urbano de Zipaquirá

Caracterización de las fuentes abastecedoras de agua de los sistemas Río Frío y Neusa ubicados en los municipios de Zipaquirá, Nemocón y Cogua del Departamento de Cundinamarca

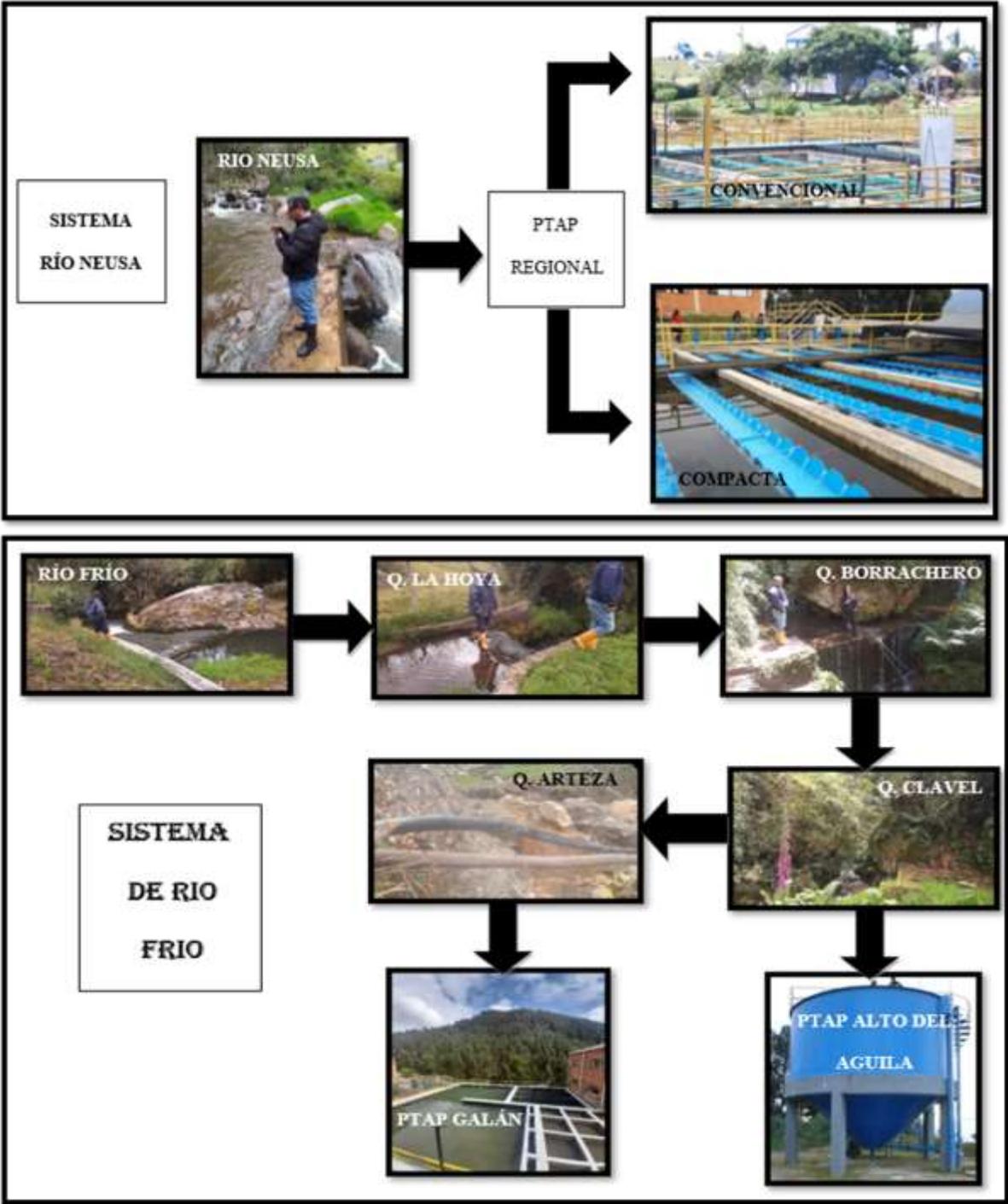
y algunas veredas del municipio. A continuación, en la figura 2 se muestran algunas características del sistema Neusa.

El sistema del Río Frío está compuesto por cinco captaciones: Río Frío, Quebrada La Hoya, Quebrada Borrachero, Quebrada El Clavel y Quebrada Artesa. De estas, cuatro son tratadas en la PTAP Galán, que cuenta con una capacidad de 40 lps y utiliza un sistema convencional de tratamiento. La Quebrada Artesa es tratada en la PTAP Alto del Águila, que cuenta con una capacidad de 8 lps y utiliza un sistema compacto de tratamiento. Después del tratamiento, el agua es almacenada en siete tanques con una capacidad total de 1506 m³, para su posterior distribución. En la figura 2, se describe este sistema.

Caracterización de las fuentes abastecedoras de agua de los sistemas Río Frío y Neusa ubicados en los municipios de Zipaquirá, Nemocón y Cogua del Departamento de Cundinamarca

Figura 2

Sistema Neusa y Río Frío



Elaboración propia

Caracterización de las fuentes abastecedoras de agua de los sistemas Río Frío y Neusa ubicados en los municipios de Zipaquirá, Nemocón y Cogua del Departamento de Cundinamarca

FASE 2 DELIMITACIÓN DE ZONAS DE ESTUDIO

Localización de los puntos de captación:

En este sentido, se utilizaron las coordenadas y cotas correspondientes al sistema de referencia Magna Sirgas del Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC), con un sistema de proyección origen Bogotá, Para su georreferenciación se vincularon con el programa ArcGIS. a partir de los datos tomados en campo, se graficaron junto a una base de datos Superficies de agua y entidades Territoriales de la base cartográfica IGAC, datos abiertos de las cuencas que se muestran en la figura 3. En la tabla 2 las coordenadas de las fuentes de captación de los sistemas Neusa y río frío.

Tabla 2

Cuadro de Coordenadas Fuentes de Abastecimiento

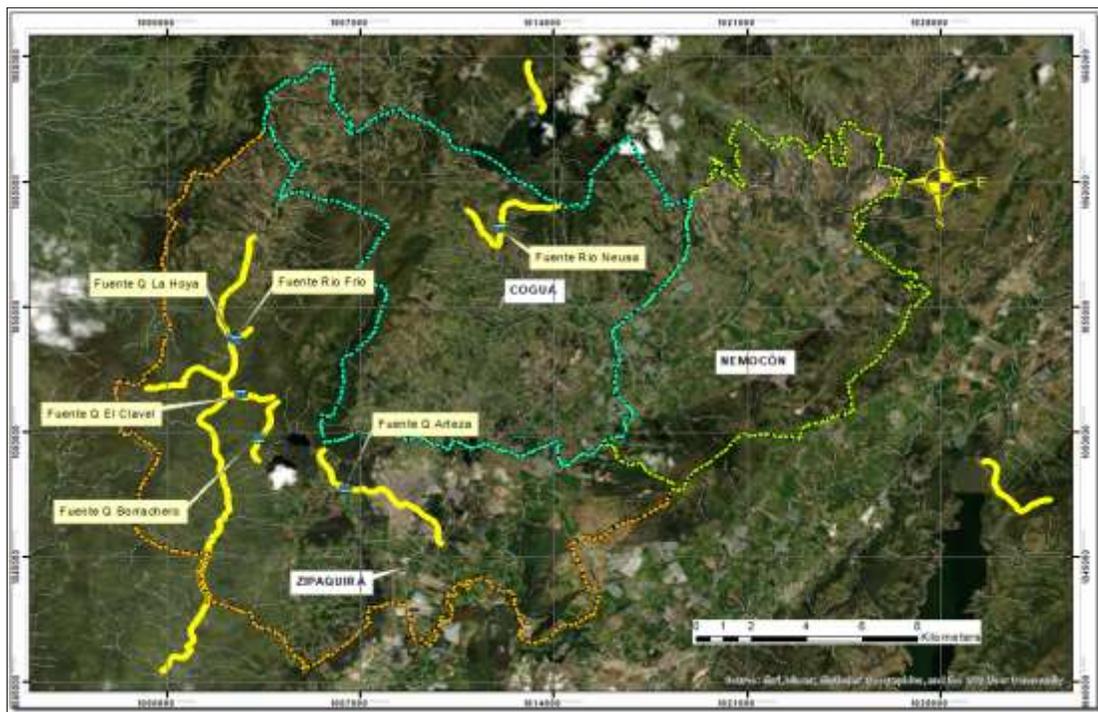
<i>Fuente</i>	<i>Este (m)</i>	<i>Norte (m)</i>	<i>Elevación (msnm)</i>
<i>Rio Neusa</i>	<i>1012089.22</i>	<i>1052139.50</i>	<i>2809</i>
<i>Rio Frio</i>	<i>1002363.33</i>	<i>1052776.10</i>	<i>3090</i>
<i>Quebrada La Hoya</i>	<i>1002539.82</i>	<i>1053695.42</i>	<i>3081</i>
<i>Quebrada Clavel</i>	<i>1002674.51</i>	<i>1051521.45</i>	<i>3036</i>
<i>Quebrada Borrachero</i>	<i>1003333.76</i>	<i>1049761.37</i>	<i>3010</i>

Nota: A partir de la información de la tabla 2, se realizó la localización de las cuencas, tal como se muestra en la figura 3. Elaboración propia

Figura 3

Caracterización de las fuentes abastecedoras de agua de los sistemas Río Frío y Neusa ubicados en los municipios de Zipaquirá, Nemocón y Cogua del Departamento de Cundinamarca

Localización de Cuencas



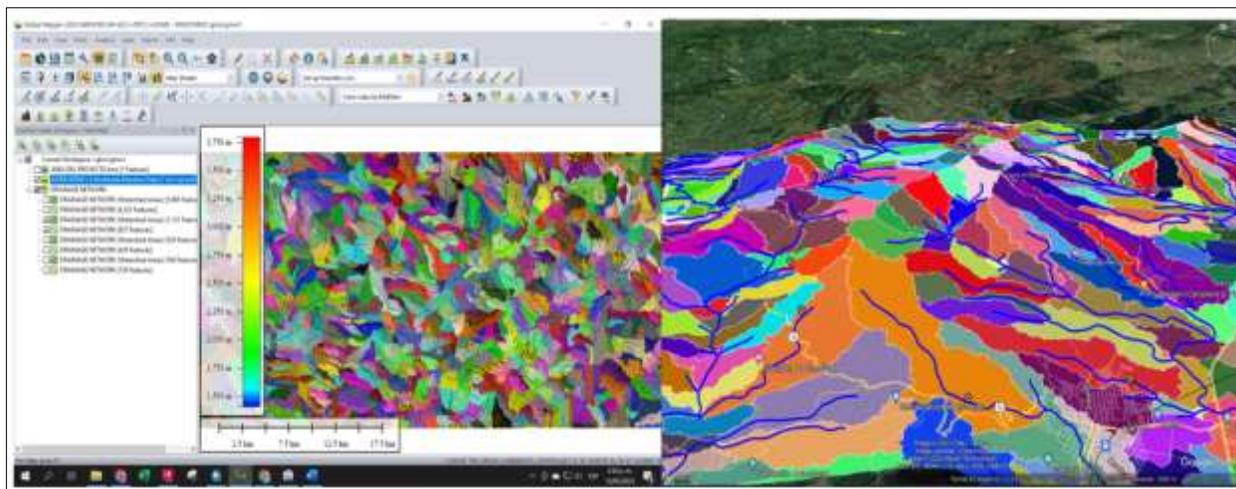
Nota: Se realiza la localización de las cuencas a partir del cuadro de coordenadas de las fuentes de abastecimiento. -
Elaboración propia

Para la delimitación de las cuencas se utilizó la herramienta de acceso libre Google Earth junto con GlobalMapper las cuales toman como base modelos digitales de terreno. Se realizaron los diferentes análisis para la demarcación de las áreas de drenaje superficial, utilizando la topografía como factor clave. Cabe mencionar, que las seis microcuencas son de tipo exorreicas, lo que significa que su desagüe aporta a otras cuencas. La georreferenciación se realizó a través de visitas de campo en las que se capturaron datos utilizando GPS Garmin etrex para identificar los puntos de captación del agua para el abastecimiento de los municipios investigados. Así, la delimitación de las cuencas se realizó con la herramienta informática de análisis Create Watershed (GlobalMapper V20.0), mediante un algoritmo que utiliza las depresiones del terreno obtenidas a partir de un Modelo Digital de Terreno (MDT), proporcionado por ASTER GDEM V3 (Worldwide Elevation Data). En la figura 4, se muestra la generación de las cuencas.

Caracterización de las fuentes abastecedoras de agua de los sistemas Río Frío y Neusa ubicados en los municipios de Zipaquirá, Nemocón y Cogua del Departamento de Cundinamarca

Figura 4.

Generación de cuencas hidrográficas.



Nota: La herramienta utiliza los rangos de elevación para llenar las depresiones hasta que el agua se derrame, permitiendo que el flujo termine. Una vez que se obtiene un buen valor, el programa utiliza esta información para encontrar la altura del terraplén y la parte superior de la cuenca, junto con su respectivo drenaje. La herramienta es muy útil para analizar y gestionar recursos hídricos en diferentes cuencas y áreas geográficas. Elaboración propia

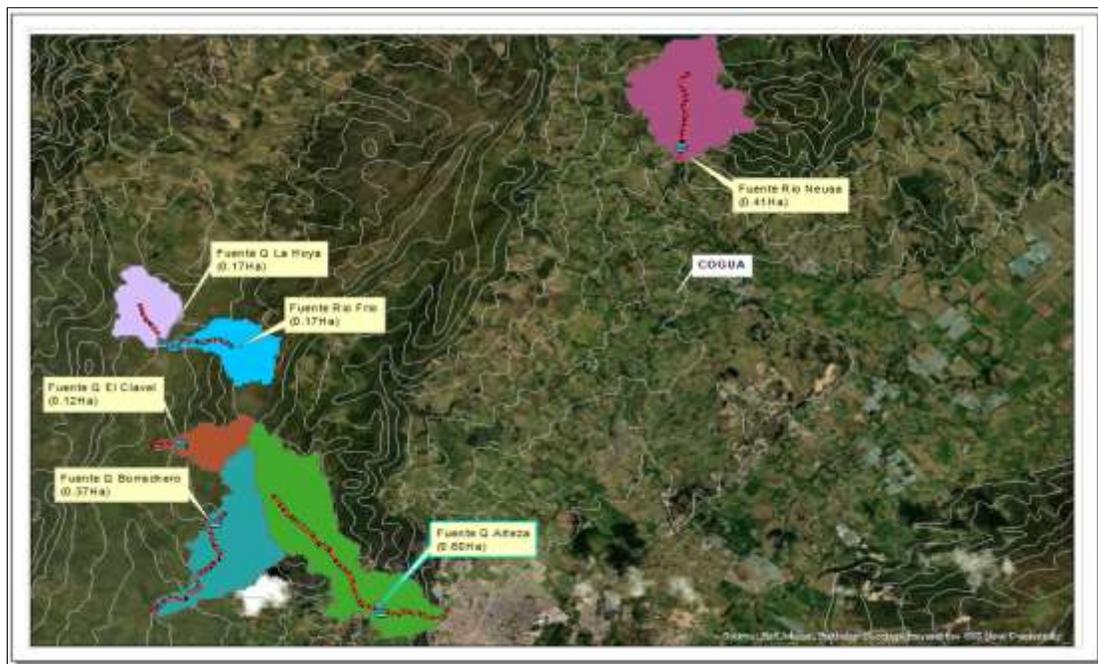
Extracción de cuencas y vinculación a ArcGIS

Basados en la delimitación de las cuencas realizada en GlobalMapper, y se verificó en Google Earth y ubicó y extrajo los polígonos necesarios para la caracterización de los usos del suelo aferentes a los cauces. Lo mencionado, se muestra en la figura 5.

Caracterización de las fuentes abastecedoras de agua de los sistemas Río Frío y Neusa ubicados en los municipios de Zipaquirá, Nemocón y Cogua del Departamento de Cundinamarca

Figura 5

Cuencas de estudio



Nota: Extracción de las cuencas a trabajar a partir de los modelos generados por GlobalMapper, plasmado en el sistema de información geográfica de Arcgis como insumo de la delimitación de las cuencas hallando el área de cada una de estas. Elaboración propia

Ajuste de Cuencas

Para la teledetección de acuerdo con los diferentes usos del suelo se realizaron las correcciones a los trazados de las cuencas establecidas para cada uno de los cauces de las captaciones a trabajar con la ayuda de la geomorfología de la herramienta de Google Earth. A continuación, se describe para cada una de las fuentes abastecedoras sus características físicas y geométricas con base a los descrito en el Manual de drenajes de invias

- Fuente Río Neusa: Longitud del Cauce 1.77Km, área de la cuenca 2.85 Km², siendo una cuenca Oval-oblonga lo cual indica que su Volumen de agua es de concentración media, de forma alargada con eventos de avenidas torrenciales Bajo, su nivel de absorción de precipitaciones en Media,

Caracterización de las fuentes abastecedoras de agua de los sistemas Río Frío y Neusa ubicados en los municipios de Zipaquirá, Nemocón y Cogua del Departamento de Cundinamarca

teniendo un nivel de Relieve medianamente accidentado con una diferencia de altura de 158 m aproximadamente (ver Figura 6)

La Subcuenca del Río Neusa se encuentra en departamento de Cundinamarca limitando al norte con los municipios de San Cayetano, Carmen de Carupa, Sutatausa y Cucunubá; al sur con los municipios de Tocancipá y Zipaquirá; al occidente con los municipios de Pacho y San Cayetano y al oriente con los municipios de Gachancipá y Suesca; Está a su vez está integrada por los municipios de Cogua y Nemocón incluyendo sus cabeceras municipales. El Río Neusa se origina en el municipio de Cogua en el páramo de Guerrero con el nombre del Río Guandoque y recibe las aguas de diferentes cursos menores, para desembocar en el Río Bogotá. Por otra parte, la subcuenca del Río Neusa es alimentada por los ríos Cubillos (Río Salitre y Guandoque) que alimenta el embalse Neusa y el Río Checua (después del Embalse) el cual desemboca finalmente en el Río Bogotá.

- Fuente Río Frío: Longitud del Cauce 2.40Km, área de la cuenca 1.77 Km².siendo una cuenca Oval-oblonga lo cual indica que su Volumen de agua es de concentración media, de forma alargada con eventos de avenidas torrenciales Bajo, su nivel de absorción de precipitaciones en Alta, teniendo un nivel de Relieve Suave con una diferencia de altura de 133 m aproximadamente.

La Subcuenca del Río Frío se encuentra ubicada en el norte de la Cuenca del Río Bogotá en el margen occidental de la Sabana de Bogotá, comprende parcialmente los municipios de Zipaquirá, Tabio, Cajicá y Chía y en menos proporción los municipios de Tenjo, Cogua, Cota, Pacho y Subachoque Nace en la zona montañosa al noreste de Zipaquirá en el Páramo de Guerrero en el sector del cerro de Carrasposo a la altura de 3700 m.s.n.m y desemboca en el Río Bogotá en el municipio de Chía a una altura de 2550 m.s.n.m con una extensión de aproximadamente 202 km² (CAR:2005). Actualmente, gran parte de su red hidrológica

Caracterización de las fuentes abastecedoras de agua de los sistemas Río Frío y Neusa ubicados en los municipios de Zipaquirá, Nemocón y Cogua del Departamento de Cundinamarca

se encuentra en estado avanzado de contaminación y sobreexplotación del recurso hídrico, junto a la pérdida de su flora y fauna.

- Fuente Quebrada La Hoya: Longitud del Cauce 1.22Km, área de la cuenca 1.51 Km². siendo una cuenca Oval-oblonga lo cual indica que su Volumen de agua es de concentración media, de forma cuadrada con eventos de avenidas torrenciales Medias, su nivel de absorción de precipitaciones en Baja, teniendo un nivel de Relieve accidentado con una diferencia de altura de 200m aproximadamente.

En la actualidad en la zona de estudio se realizan actividades ganaderas y agrícolas que pueden ser un factor de riesgo a la calidad del agua a la fuente de abastecimiento, es por ello que la implementación de un sistema de protección y control de la calidad del agua en la quebrada La Hoya es indispensable y muy necesario

- Fuente Quebrada Clavel: Longitud del Cauce 0.62Km, área de la cuenca 1.62 Km². siendo una cuenca Casi redonda a Oval-oblonga lo cual indica que su Volumen de agua es de concentración Alta, de forma achatada con eventos de avenidas torrenciales Altos, su nivel de absorción de precipitaciones en Bajo, teniendo un nivel de Relieve Suave con una diferencia de altura de 103 m aproximadamente.

Esta subcuenca de la quebrada Clavel es una derivación de la cuenca del Río frío por lo que abastece este sector por los cultivos que se tienen en este sector como la papa, arroz, los más destacados de esta región a lo cual mucha gente de esta zona se beneficia en gran parte.

- Fuente Quebrada Borrachero: Longitud del Cauce 1.31 Km, área de la cuenca 0.66 Km².siendo una cuenca Casi redonda a Oval-oblonga lo cual indica que su Volumen de agua es de concentración Alta, de forma alargada con eventos de avenidas torrenciales Bajos, su nivel de

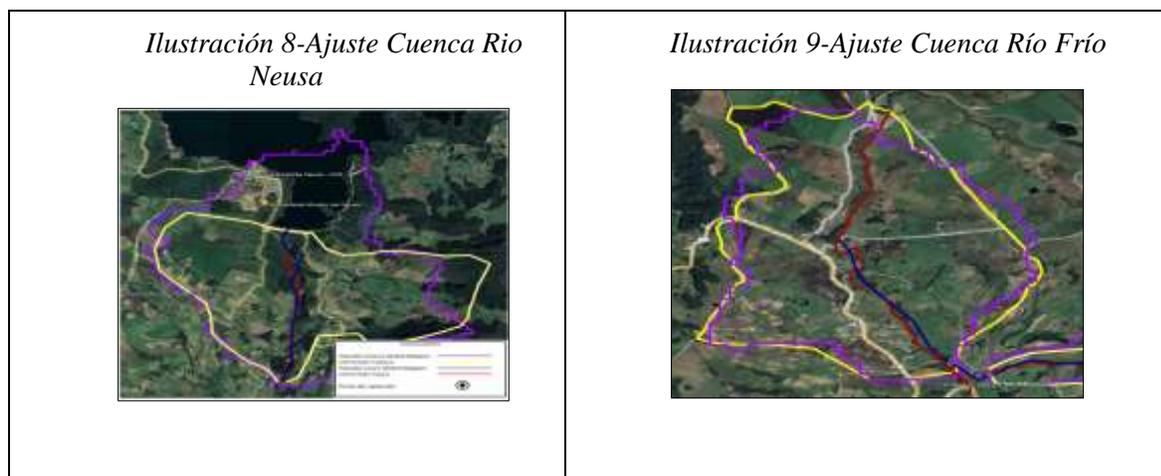
Caracterización de las fuentes abastecedoras de agua de los sistemas Río Frío y Neusa ubicados en los municipios de Zipaquirá, Nemocón y Cogua del Departamento de Cundinamarca

absorción de precipitaciones en Altos, teniendo un nivel de Relieve Fuertemente accidentado con una diferencia de altura de 184 m aproximadamente.

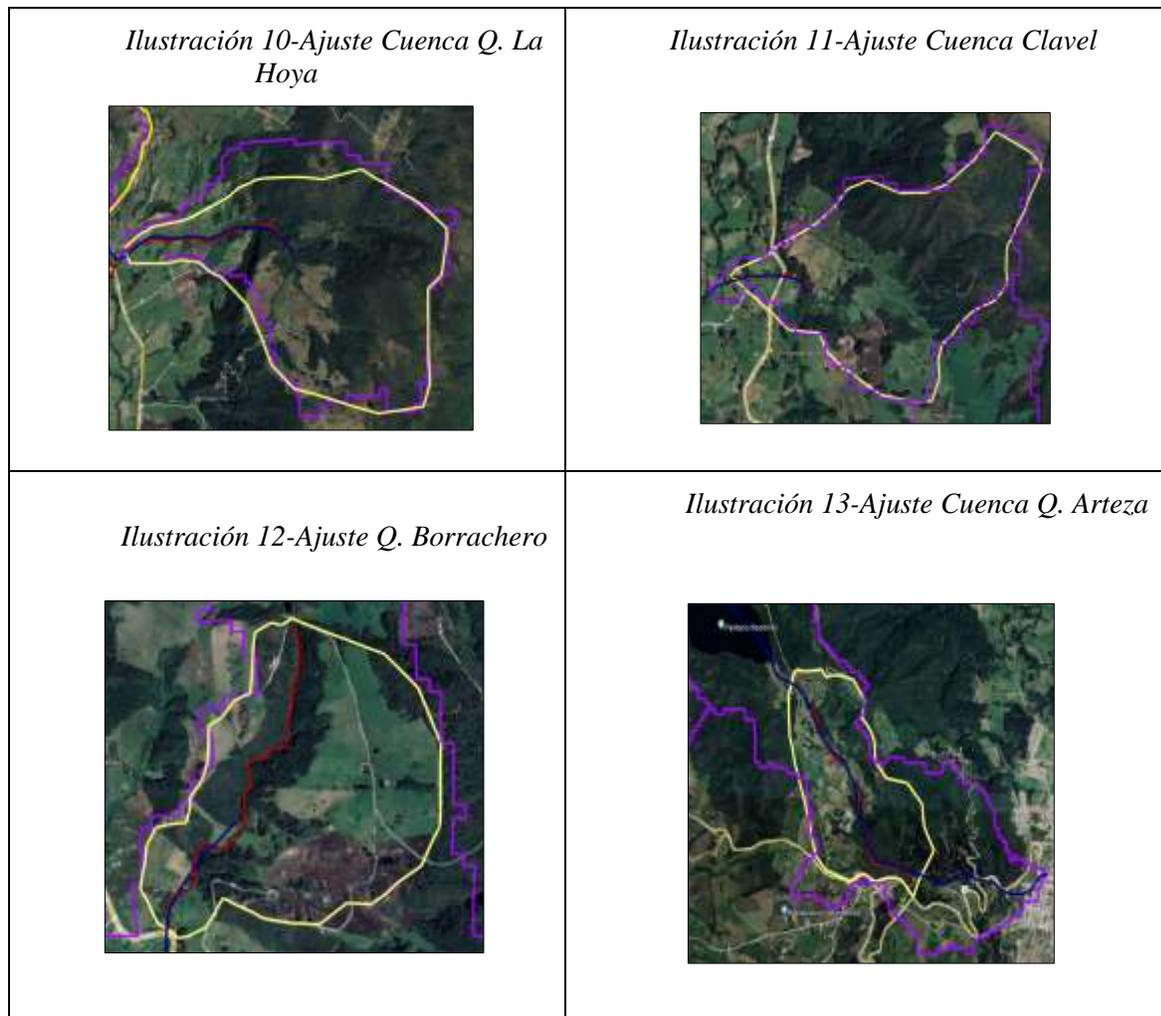
- Fuente Quebrada Arteza: Longitud del Cauce 1.82 Km, área de la cuenca 1.32 Km².siendo una cuenca Casi redonda a Oval-oblonga lo cual indica que su Volumen de agua es de concentración Alta, de forma alargada con eventos de avenidas torrenciales Bajos, su nivel de absorción de precipitaciones es Alto, teniendo un nivel de Relieve Muy fuertemente accidentado con una diferencia de altura de 339 m aproximadamente. En la Figura 6 se presentan las imágenes de ajuste

Figura 6

Cuadro de ajuste de cuencas



Caracterización de las fuentes abastecedoras de agua de los sistemas Río Frío y Neusa ubicados en los municipios de Zipaquirá, Nemocón y Cogua del Departamento de Cundinamarca



Elaboración propia

FASE 3 CARACTERIZACIÓN DE CUENCAS

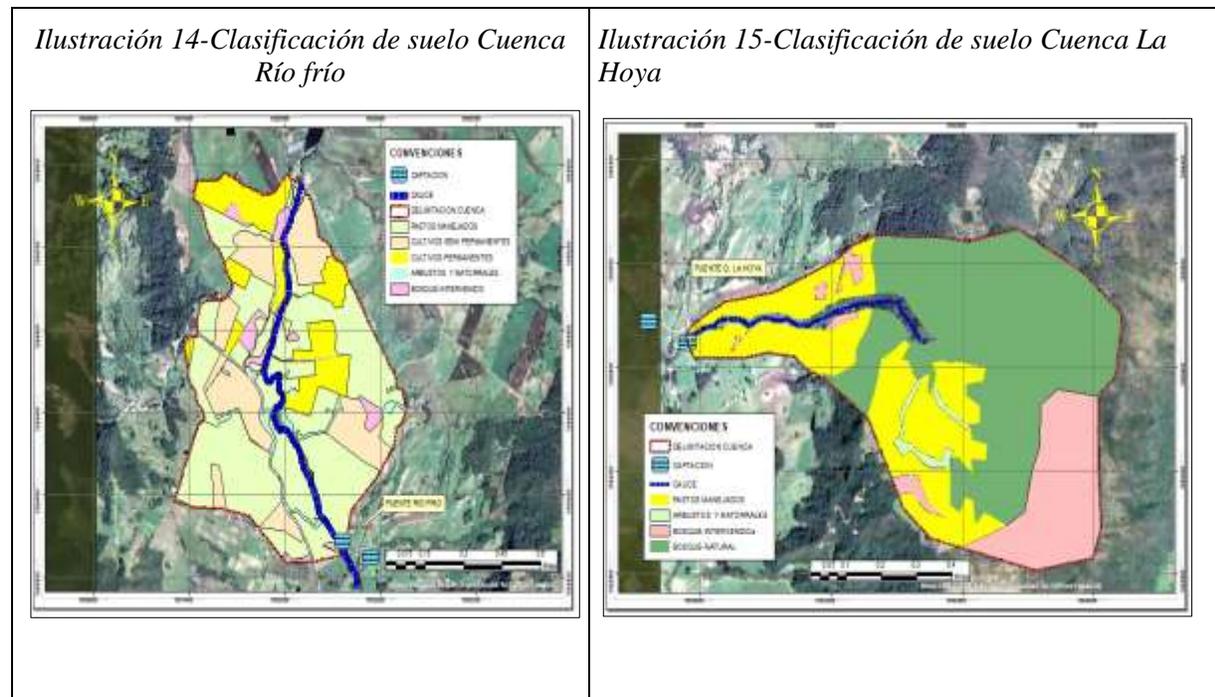
Una de las herramientas más sólidas en ArcGIS es el ingreso de datos en entidades vectoriales generando salidas gráficas de fácil manejo e interpretación, en este caso se utilizaron polígonos con atributos de acuerdo con cada necesidad con las áreas ya definidas, se identificaron 5 grupos de acuerdo con el uso del suelo distribuidos así: Pastos manejados, Cultivos Permanentes, arbustos y matorrales, bosques intervenidos y bosques naturales. Por medio de la fotointerpretación se logró examinar las

Caracterización de las fuentes abastecedoras de agua de los sistemas Río Frío y Neusa ubicados en los municipios de Zipaquirá, Nemocón y Cogua del Departamento de Cundinamarca

imágenes con el propósito de identificar los anteriores usos mencionados calcificando las diferentes áreas y abarcando áreas en función de su homogeneidad como se muestra a continuación en la figura 7.

Figura 7

Cuadro de Caracterización en ARCGIS Cuencas



Caracterización de las fuentes abastecedoras de agua de los sistemas Río Frío y Neusa ubicados en los municipios de Zipaquirá, Nemocón y Cogua del Departamento de Cundinamarca

Ilustración 16-Clasificación de suelo Cuenca Q. Clavel

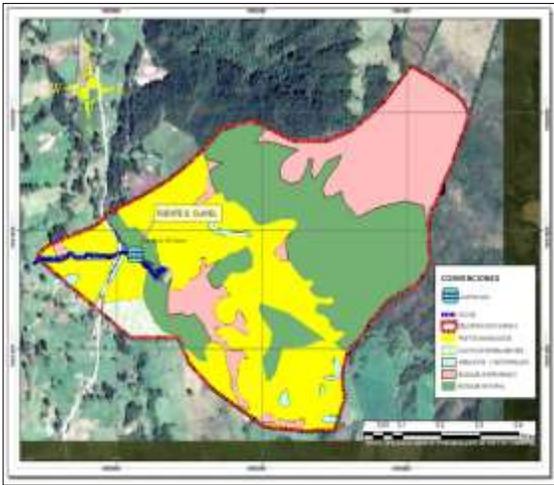


Ilustración 17-Clasificación de suelo Cuenca Q. Borrachero

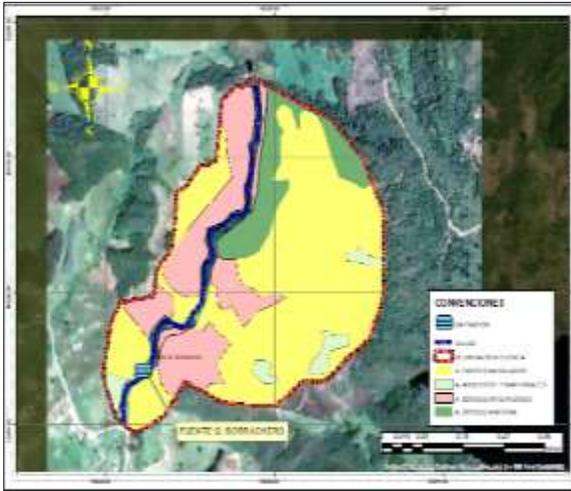


Ilustración 18-Clasificación de suelo Cuenca Q. Arteza

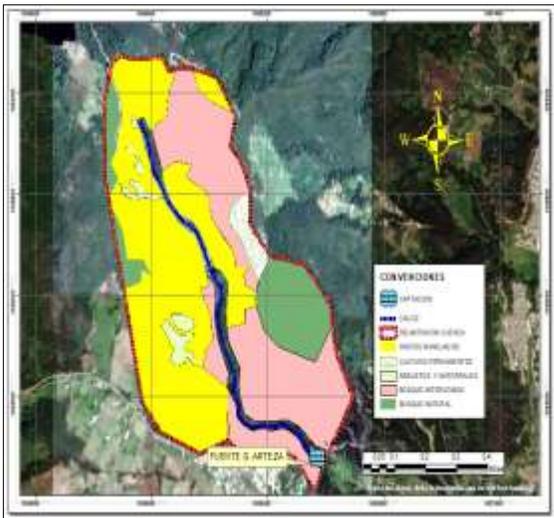
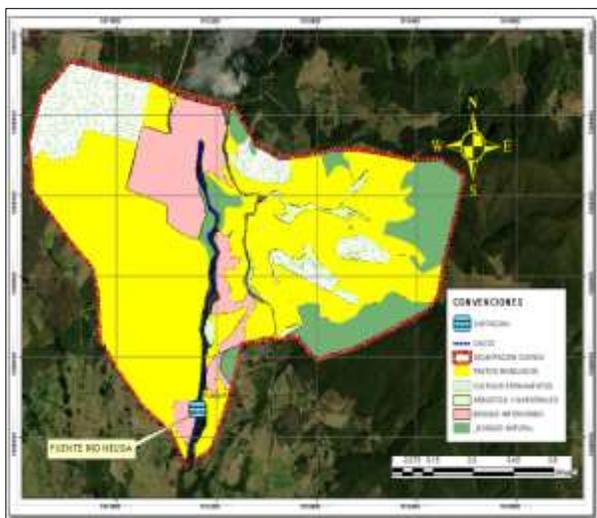


Ilustración 19-Clasificación de suelo Cuenca Rio Neusa



Elaboración propia

A continuación, se describen aspectos específicos para cada fuente:

Caracterización de las fuentes abastecedoras de agua de los sistemas Río Frío y Neusa ubicados en los municipios de Zipaquirá, Nemocón y Cogua del Departamento de Cundinamarca

- Fuente de río frío: tiene una gran intervención en pastos manejados que se aproxima a un 54.69% del área estudiada, no se observaron bosques naturales es una zona con tendencia a la industrialización.
- Fuente de la hoya: es una fuente conservada en su nacimiento y zona de producción de su caudal con un área de 48.88% en Bosques Naturales y 17.65 en intervención de bosques, en la zona baja del cauce se presentan pastos manejados en dedicación de ganadería.
- Fuente clavel: en la zona de producción de caudal está en combinación de Bosques intervenidos y naturales, pero en la zona de transporte hay una intervención en pastos manejados de 35.66% en ambos costados del cauce
- Fuente Borrachero: Es una fuente con gran intervención sus pastos manejados están alrededor de 58.26% y con un área limitada de bosque naturales y bosques intervenidos que no superan el 30% Es una fuente que en su zona de producción hay una intervención de manejos de pasto de un 42.12% en la zona de transporte de caudal se recupera con Bosques intervenidos en ambos costados del cauce.
- Fuente Rio Neusa: Es un cauce con una gran intervención de pastos manejados con 56.87% de agua que se presenta al largo del cauce esta fuente se desprende del embalse del Neusa por lo que es susceptible a la calidad que se presente en dicho embalse. En la tabla 2, se presentan los usos asociados al uso del suelo

Tabla 2

Áreas Uso de suelo

Uso del suelo	Unidades	Rio Neusa	%	Rio Frio	%	Q. La Hoya	%
1 Pastos Manejados	m2	1613015	56.87	964489	54.69	419700	27.95
2 Cultivos Permanente	m2	356441	12.57	342177	19.40	-	0.00

Caracterización de las fuentes abastecedoras de agua de los sistemas Río Frío y Neusa ubicados en los municipios de Zipaquirá, Nemocón y Cogua del Departamento de Cundinamarca

3	Arbustos y Matorrales	m2	60068	2.12	32330	1.83	21614	1.44
4	Bosques Intervenidos	m2	349430	12.32	5513	0.31	264999	17.65
5	Bosques Naturales	m2	367806	12.97	-	0.00	733806	48.88
6	Cultivos SEMI Permanente	m2	-	0.00	260229	14.76	-	0.00
7	Ronda de Río + Cauce	m2	89461	3.15	158888	9.01	61257	4.08
TOTAL		m3	2836221	100.00	1763626	100.00	1501376	100.00

Elaboración propia

Morfología e hidrología de las cuencas

la importancia que se le dio a el análisis morfológico el cual nos ayudan a entender su funcionamiento y comportamiento de acuerdo a su entorno, de la cuenca parte de la necesidad de establecer caudales y determinar cuál de éste llega al cauce por escorrentía o por infiltración lo cual determinará el nivel de afectación por arrastre de los agentes plaguicidas, para lo cual se aplica los parámetros que “Incluyen los métodos y los criterios relacionados con la deducción de los caudales máximos asociados con los periodos de retorno de diseño” (INVIAS 2009.) del manual de drenaje para carreteras 2009.

Tabla 3

Áreas Uso del suelo

I	Característica	Unid.	Rio Neusa	Rio Frio	Q. La Hoya	Q Clavel	Q. Borrachero	Q. Arteza	ecuación
A	Área de Drenaje	Km2	2.85	1.77	1.51	1.62	0.66	1.32	
L	Longitud	km	1.77	2.40	1.22	0.62	1.21	1.82	
P	Perímetro	Km	7.65	6.00	5.47	4.81	3.41	5.00	
w	Ancho	Kw	1.61	0.74	1.24	2.61	0.55	0.73	

Caracterización de las fuentes abastecedoras de agua de los sistemas Río Frío y Neusa ubicados en los municipios de Zipaquirá, Nemocón y Cogua del Departamento de Cundinamarca

I	Característica	Unid.	Rio Neusa	Rio Frio	Q. La Hoya	Q Clavel	Q.Borrachero	Q. Arteza	ecuación
Kc	Índice compacidad	-	1.28	1.27	1.26	1.07	1.18	1.23	$K_c = \frac{P_{\text{agua}}}{2\pi \left(\frac{A_{\text{aguafuente}}}{\pi} \right)^{1/2}}$
-	Forma	-	Oval-oblonga	Oval-oblonga	Oval-oblonga	Casi redonda a oval - Redonda	Casi redonda a oval - Redonda	Casi redonda a oval - Redonda	
-	Clase	-	Kc2	Kc2	Kc2	Kc1	Kc1	Kc1	
-	Volumen de agua	-	concentración de agua media	concentración de agua media	concentración de agua media	concentración de agua Alta	concentración de agua Alta	concentración de agua Alta	
Kf	Factor de Forma	-	0.91	0.31	1.01	4.21	0.45	0.40	$K_f = \frac{A}{L^2}$
-	forma	-	Alargada	Alargada	Cuadrada	Achatada	Alargada	Alargada	
-	Torcencialidad	-	Baja	Baja	Media	Alta	Baja	Baja	
Ia	Índice alargamiento	-	1.10	3.25	0.99	0.24	2.22	2.51	$I_A = \frac{L}{A_n}$
-	Característica	-	Cuenca alargada	Cuenca alargada	Cuenca achatada	Cuenca achatada	Cuenca alargada	Cuenca alargada	
-	Absorción a precipitaciones	-	Media	Alta	Baja	Baja	Alta	Alta	
-	Cota Entrada	msn m	2931	3198	3267	3065	3156	3124	
-	Cota Salida}	msn m	2773	3065	3067	2962	2972	2785	
-	Diferencia de Alturas	m,	158	133	200	103	184	339	
S m	Pendiente Media	m/m	0.10	0.18	0.16	0.04	0.34	0.47	
-	Tipo de Relieve	-	Medianamente Accidentado	sueve	Accidentado	Suave	Fuertemente Accidentado	Muy Fuertemente Accidentado	
-	Tc Kirpich	h	51.13	51.13	31.68	32.38	23.71	28.64	$T_c = 0.06628 \left(\frac{L}{S^{0.5}} \right)^{0.77}$
-	Tc Giandotti	min	0.892	0.536	0.600	1.522	0.313	0.314	$T_c = \frac{4 A^{0.5} + 1.50 L}{25.3 (L S)^{0.5}}$

Caracterización de las fuentes abastecedoras de agua de los sistemas Río Frío y Neusa ubicados en los municipios de Zipaquirá, Nemocón y Cogua del Departamento de Cundinamarca

I	Característica	Unid.	Rio Neusa	Rio Frio	Q. La Hoya	Q Clavel	Q. Borrachero	Q. Arteza	ecuación
-	Tc Temez	h	0.300	0.337	0.206	0.161	0.178	0.228	$T_c = 0.30 \left(\frac{L}{S} \right)^{0.76}$
-	Tc Passini	h	0.591	0.412	0.329	0.545	0.173	0.212	$T_c = 0.108 \frac{ A * L_c ^{1.13}}{\sqrt{S_0}}$
-	Tiempo de concentración		13.23	13.10	8.20	8.65	6.09	7.35	

Elaboración propia

Aplicación Del Método del Número de la curva CN del SCS.

Este método se utilizó con el fin de estimar las abstracciones de la precipitación en las cuales se incluye la detención superficial y la infiltración para una tormenta, este número varía entre 1 y 100 en función del tipo de suelo hidrológico, la utilización y tratamiento del suelo las condiciones de la superficie, las condiciones de humedad.

Para la zona de estudio se consideró que es de una clasificación B “(Moderadamente bajo potencial de escorrentía). Suelos con tasa de infiltración moderada cuando están muy húmedos. Suelos moderadamente profundos a profundos, moderadamente bien drenados a bien drenados, suelos con texturas moderadamente finas a moderadamente gruesas, y permeabilidad moderadamente lenta a moderadamente rápida. Son suelos con tasas de transmisión de agua moderadas” (INVIAS 2009.). En la tabla 3, se presenta el cálculo de la curva CN.

Caracterización de las fuentes abastecedoras de agua de los sistemas Río Frío y Neusa ubicados en los municipios de Zipaquirá, Nemocón y Cogua del Departamento de Cundinamarca

Tabla 4

cálculo Curva CN

Uso del suelo	Unidades	NC	Río Neusa		Río Frío		Q. La Hoya		Q Clavel		Q. Borrachero		Q. Arteza	
			Área	CN x Área	Área	CN x Área	Área	CN x Área	Área	CN x Área	Área	CN x Área	Área	CN x Área
Pastos Manejados	Km2	69	1.61	111.30	0.96	66.55	0.42	28.96	0.40	27.51	0.38	26.52	0.55	38.16
Cultivos Permanente	Km2	73	0.36	26.02	0.34	24.98	-	-	0.02	1.63	-	-	0.03	2.21
Arbustos y Matorrales	Km2	56	0.06	3.36	0.03	1.81	0.02	1.21	0.01	0.80	0.02	1.20	0.03	1.83
Bosques Intervenidos	Km2	66	0.35	23.06	0.01	0.36	0.26	17.49	0.27	17.94	0.15	9.86	0.45	29.53
Bosques Naturales	Km2	55	0.37	20.23		-	0.73	40.36	0.39	21.26	0.07	3.67	0.16	8.88
Cultivos semipermanentes	Km2	76	-	-	0.26	19.78	-	-	-	-	-	-	-	-
ÁREA TOTAL	Km2	-	2.75	-	1.60	-	1.44	-	1.09	-	0.62	-	1.22	-
Total, CN	-	-	-	66.98	-	70.72	-	61.12	-	63.22	-	66.33	-	65.81

Nota: La curva CN marca el porcentaje de abstracciones de una tormenta, y de acuerdo a la clasificación realizada se validaron en 6 usos de suelo, de los cuales el mayor porcentaje de absorción lo tiene la cuenca del río frío por su mayor parte de pastos manejados y las demás cuencas tienen un promedio de porcentaje de absorción. Elaboración propia

Modelo de lluvia de filtración escorrentía HEC HMS.

Se compiló la información extraída de las cuencas como lo son las fotointerpretaciones, números de curvas, características físicas y precipitaciones, por medio de la aplicación “HEC-HMS del Cuerpo de Ingenieros del Ejército de EE. UU. Centro de Ingeniería Hidrológica Con el fin de: simular los caudales para cada una de las cuencas en 6 periodos de retorno diferentes, extraer la curva de precipitación efectiva y pérdidas, evaluar el caudal efectivo que llegará a la captación y predecir el retenido por infiltración, almacenamiento o evaporación, se obtiene, la relación de resultados obtenidos a través del programa tales como los caudales pico de descarga, volumen de precipitación, volumen de pérdidas, volumen de escorrentía en un periodo de retorno de 50 años, Los resultados se presentan en la tabla 4.

Tabla 5

Resultados Modelo HEC-HMS - TR 50

Parámetro	unida d	Río Neusa	Río Frío	Q la Hoya	Q Clavel	Q Borrachero	Q Arteza
-----------	------------	--------------	-------------	--------------	-------------	-----------------	-------------

Caracterización de las fuentes abastecedoras de agua de los sistemas Río Frío y Neusa ubicados en los municipios de Zipaquirá, Nemocón y Cogua del Departamento de Cundinamarca

caudal pico de descarga	m3/s	24.2	19.3	8.7	11.3	7.4	12.1
Volumen de precipitación	m3/s	267.6	166.2	141.8	152.1	62	123.9
volumen de pérdida	m3/s	198	113.4	116.1	120.5	46.4	93.8
Volumen de escorrentía directa	m3/s	69.6	52.8	25.7	31.6	15.5	30.1

Elaboración propia

FASE 4. EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD

Para analizar los resultados de cada una de las fases ejecutadas en este documento se opta por hacer una adecuación a la metodología del índice de indexación GOD, propuesto por Foster (1987), es aplicable a áreas de trabajo con escasa información, con irregular distribución de datos o con incertidumbre de la información. Esta metodología comprende tres parámetros: G, O y D; cuyos valores son asignados de acuerdo con la contribución en la defensa a la contaminación, para esta caracterización adaptamos los factores de la siguiente manera.

G= Al grado de precipitación efectiva generado por la cuenca, este tomado de los datos arrojados por la simulación en HEC-HMS

O= Corresponde a la ponderación de los usos de suelo y la clasificación en el grado de vulnerabilidad. Donde se toman los datos extraídos de la fotointerpretación.

D= Se toma con referencia a los tiempos de concentración de cada una de las cuencas a los cual corresponde a sus características físicas exactamente en cuánto dura una gota desde su ingreso a la cuenca hasta su captación.

Evaluación precipitación efectiva: De acuerdo con la modelación de las cuencas se obtuvieron los diferentes caudales de los cuales se tomaron los volúmenes de agua en un periodo de retorno de 50 años correspondientes a la escorrentía directa, se realiza una clasificación de 0 a 1 con los intervalos mostrados a continuación.

Caracterización de las fuentes abastecedoras de agua de los sistemas Río Frío y Neusa ubicados en los municipios de Zipaquirá, Nemocón y Cogua del Departamento de Cundinamarca

Caracterización de las fuentes abastecedoras de agua de los sistemas Río Frío y Neusa ubicados en los municipios de Zipaquirá, Nemocón y Cogua del Departamento de Cundinamarca

Tabla 6

Evaluación precipitación efectiva

Puntaje	Desde	Hasta
0.1	15.50	20.91
0.2	20.91	26.32
0.3	26.32	31.73
0.4	31.73	37.14
0.5	37.14	42.55
0.6	42.55	47.96
0.7	47.96	53.37
0.8	53.37	58.78
0.9	58.78	64.19
1	64.19	69.60

Nota: Con la clasificación se obtienen 10 intervalos de volumen de agua producidos directamente por cada una de las cuencas datos consolidados en la de la evaluación de escorrentía en el programa HEC – HMS siendo 1 el mayor aportante y 0.1 el menor. Elaboración propia

Tabla 7

Clasificación cuencas

Característica	Unid	Rio Neusa	Rio Frio	Q. La Hoya	Q Clavel	Q. Borrachero	Q. Arteza
volumen Precipitación directa	m3	69.60	52.80	25.70	31.60	15.50	30.10
Clasificación		1	0.7	0.2	0.3	0.1	0.3

Nota: La fuente de Neusa como sistema independiente se toma como 1 ya que es el único aportante, para el sistema río frío el mayor aportante con un 33% para río frío. Elaboración propia

Caracterización de las fuentes abastecedoras de agua de los sistemas Río Frío y Neusa ubicados en los municipios de Zipaquirá, Nemocón y Cogua del Departamento de Cundinamarca

Evaluación uso de suelo: esta clasificación se evalúa de acuerdo con el área del uso del suelo atribuyendo que pastos manejados y cultivos permanentes son los de alto impacto, arbustos y matorrales y cultivos semipermanentes en un impacto medio y Bosque nivel bajo, clasificando su nivel de vulnerabilidad de 0 a 1 como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 8

Clasificación de vulnerabilidad - Uso del suelo

Puntaje	Desde	Hasta
0.1	0.41	0.57
0.2	0.57	0.73
0.3	0.73	0.89
0.4	0.89	1.06
0.5	1.06	1.22
0.6	1.22	1.38
0.7	1.38	1.54
0.8	1.54	1.70
0.9	1.70	1.87
1	1.87	2.03

Nota: Clasificación con 10 intervalos de acuerdo con el total de áreas extraídas en el análisis de la fotointerpretación evaluando los usos con mayor impacto ambiental siendo 1 el mayor impacto y 0.1 el menor. Elaboración propia

Caracterización de las fuentes abastecedoras de agua de los sistemas Río Frío y Neusa ubicados en los municipios de Zipaquirá, Nemocón y Cogua del Departamento de Cundinamarca

Tabla 9

Clasificación uso del suelo

ITEM	Uso del suelo	UN	Rio Neusa	%	Rio Frio	%	Q. La Hoya	%	Q Clavel	%	Q. Borrachero	%	Q. Arteza	%
1	Pastos Manejados	m2	1.61	56.87	0.96	54.69	0.42	27.95	0.40	35.66	0.38	58.26	0.55	42.12
2	Cultivos Permanente	m2	0.36	12.57	0.34	19.4		0	0.02	2		0	0.03	2.31
3	Arbustos y Matorrales	m2	0.06	2.12	0.03	1.83	0.02	1.44	0.01	1.28	0.02	3.25	0.03	2.49
4	Bosques Intervenidos	m2	0.35	12.32	0.01	0.31	0.26	17.65	0.27	24.32	0.15	22.64	0.45	34.08
5	Bosques Naturales	m2	0.37	12.97		0	0.73	48.88	0.39	34.57	0.07	10.12	0.16	12.29
6	Cultivos SEMI Permanente	m2		0	0.26	14.76		0		0		0		0
7	Ronda de Rio + Cauce	m2	0.09	3.15	0.16	9.01	0.06	4.08	0.02	2.17	0.04	5.73	0.09	6.71
	TOTAL 1 + 2 +3 + 6		2.03		1.60		0.44		0.44		0.41		0.62	
	CLASIFICACIÓN		1		0.8		0.1		0.1		0.1		0.2	
	N													

Nota: Sumando los ítems 1, 2 y 3 los cuales son los generadores de mayor impacto ambiental, El río Neusa se clasifica como 1 por ser el único en el sistema, para el sistema de Río frío se califica de riego a la Fuente de río frío por su alto porcentaje en el uso de pastos manejados junto con cultivo, Elaboración propia

De acuerdo con la caracterización de las cuencas se obtuvieron los tiempos de concentración para cada una de estas por medio de escorrentía descritos en la Tabla 4-Characterización Cuencas, se la cual se realiza una clasificación de 0 a 1 con los intervalos mostrados a continuación. (Ver tabla 8)

Caracterización de las fuentes abastecedoras de agua de los sistemas Río Frío y Neusa ubicados en los municipios de Zipaquirá, Nemocón y Cogua del Departamento de Cundinamarca

Tabla 10

Tiempos de concentración - Escorrentía

Puntaje	Desde	Hasta
0.1	6.00	6.80
0.2	6.80	7.60
0.3	7.60	8.40
0.4	8.40	9.20
0.5	9.20	10.00
0.6	10.00	10.80
0.7	10.80	11.60
0.8	11.60	12.40
0.9	12.40	13.20
1	13.20	14.00

Nota: Clasificación con 10 intervalos de acuerdo al tiempo de salida de la Gota de agua de acuerdo a la morfología de cada cuenca siendo 1 la mayor duración y 0.1 la menor. Elaboración propia

Tabla 11

Clasificación cuencas

Característica	Unid.	Rio Neusa	Rio Frío	Q. La Hoya	Q Clavel	Q. Borrachero	Q. Arteza
Tiempo de concentración	min	13.23	13.10	8.20	8.65	6.09	7.35
Clasificación		1	0.9	0.3	0.4	0.1	0.2

Nota: Los datos de Tiempo de concentración nos indican el tiempo de llegada a la captación y cómo se podría mitigar los riesgos en función del tiempo, Elaboración propia

Caracterización de las fuentes abastecedoras de agua de los sistemas Río Frío y Neusa ubicados en los municipios de Zipaquirá, Nemocón y Cogua del Departamento de Cundinamarca

La clasificación anterior permitió evaluar el nivel de vulnerabilidad de cada una de las cuencas de acuerdo con el valor de GOD modificado. La evaluación mencionada se representa en la tabla 10.

Tabla 12

Evaluación de la vulnerabilidad en las cuencas abastecedoras

Vulnerabilidad	Desde	Hasta
Baja	0.001	0.334
Moderada	0.334	0.667
Alta	0.667	1.000

Elaboración propia

Tabla 13

clasificación de las cuencas

Cuenca	G (Precipitación efectiva)	O (Usos del suelo)	D (T Concentración)	G*O*D	VULNERABILIDAD
Rio Neusa	1	1	1	1	Alta
Rio Frio	0.7	0.8	0.9	0.504	Moderada
Q. La Hoya	0.2	0.1	0.3	0.006	Baja
Q Clavel	0.3	0.1	0.4	0.012	Baja
Q. Borrachero	0.1	0.1	0.1	0.001	Baja
Q. Arteza	0.3	0.2	0.2	0.012	Baja

Elaboración propia

Los resultados muestran un riesgo asociado al suelo en ciertas áreas de estudio y en este sentido, mediante el acercamiento a campo se han realizado algunos sondeos preliminares, con lo que se han identificado

Caracterización de las fuentes abastecedoras de agua de los sistemas Río Frío y Neusa ubicados en los municipios de Zipaquirá, Nemocón y Cogua del Departamento de Cundinamarca

cultivos cercanos a las cuencas de papa y maíz principalmente. Estas prácticas conllevan al uso de agroquímicos, que, según versiones de algunos distribuidores de productos químicos, agricultores y ganaderos, son de naturaleza clorado y fosforado.

Si bien estos productos químicos desempeñan un papel crucial en la agricultura y la producción de cultivos en la zona, sus impactos perjudiciales tanto en la salud humana como en el ecosistema han planteado inquietudes significativas.

La preocupación radica principalmente en los efectos negativos provocados por la toxicidad de estos plaguicidas, los cuales pueden tener consecuencias perjudiciales a medida que se filtran en los recursos hídricos y se escurren a través del suelo. La interacción de estas sustancias con el agua y el entorno puede generar un riesgo potencial tanto para la salud de las personas como para la biodiversidad local (OMS, 2022)

Con base en los sondeos mencionados dentro de los productos de mayor presencia en la zona se identifican los siguientes agroquímicos como los de mayor uso: Fitorzan, Trivia, Viatorax, Riomil, Diliyen, Trion, Fiprofed, Cipermetrina 20ec, Daconil, Infinito, Oxicloruro de cobre, Curzate y Curaxil, Sin embargo, es digno de mención que los productos Clorpirifo y Fiprolin serán retirados del mercado a partir de diciembre de 2023, evidenciando una evolución en la regulación de estas sustancias, debido a estudios realizados donde resaltan que *“puede dañar de forma permanente e irreversible el cerebro en desarrollo de los niños”* (NRDC, 2021). Estas observaciones, favorecen nuevas propuestas de investigación, orientadas a la evaluación del riesgo de trazas de productos que puedan representar riesgo de contaminación a las cuencas abastecedoras.

COMENTARIOS

Según la evaluación cuantitativa realizada mediante el método GOD se identifica la vulnerabilidad alta a la contaminación para las cuencas río Neusa y río Frío, debido al uso del suelo en la agricultura como

Caracterización de las fuentes abastecedoras de agua de los sistemas Río Frío y Neusa ubicados en los municipios de Zipaquirá, Nemocón y Cogua del Departamento de Cundinamarca

la mayor actividad económica de la región siendo estas las fuentes principales de abastecimiento hídrico de los municipios de Cogua, Zipaquirá y Nemocón; generando así efectos negativos en el medio ambiente y salud de la población.

La Fuente del Río Neusa se evalúa como única aportante al sistema, sin embargo es una fuente que es alimentada por otra cuenca que hace parte del Embalse por lo cual se hace necesario que al momento de realizar los muestreos de calidad de la fuente se tome a la entrada del embalse y en la parte Baja de la cuenca estudiada, esta fuente es de concentración y absorción media, dado que un 56.87% de su área está dedicada a el manejo de pastos de dedicación ganadera, Su tiempo de concentración y caudal aportado es alto con respecto a las otras fuentes lo que indica que es una cauce de gran tamaño y altas velocidades de acuerdo con lo anterior es una fuente que produce la mayor parte del caudal a distribuir en el municipio generando un grado alto de vulnerabilidad.

El sistema de Río Frío siendo alimentado por cinco fuentes de las cuales se determina lo siguiente, Río frío presenta un grado moderado de vulnerabilidad siendo una cuenca de concentración media por su topografía suave no presenta transportes de sedimentos, sin embargo está compuesta por un 74.69% de su área a pastos manejados y Cultivos permanentes con un tiempo de concentración medio a lo cual puede tener un alto grado de contacto con agente plaguicidas de la cinco fuentes es la que mayor aporte realiza a el sistema de acueducto; La Quebrada La Hoya es de topografía accidentada lo cual representa transporte medio de materiales sólidos, su calificación de uso de suelo es bajo dado que un 66.53 corresponde a Boques Naturales e intervenidos su aporte de caudal es bajo a los cual genera un nivel de vulnerabilidad Bajo; La quebrada clavel tiene una topografía suave y su nivel de absorción es bajo, su tiempo de concentración es en moderado con respecto a las demás cuencas áreas de uso de suelo es casi equilibrado entre Pastos manejados y bosque naturales lo cual representa un grado de vulnerabilidad entre Bajo a moderado; La quebrada Borrachero Presenta una topografía fuertemente accidentada lo cual representa avenidas torrenciales con alto grado de sedimento transportados su área es comprendida por un 58.26% en

Caracterización de las fuentes abastecedoras de agua de los sistemas Río Frío y Neusa ubicados en los municipios de Zipaquirá, Nemocón y Cogua del Departamento de Cundinamarca

pastos manejados dedicados a la ganadería, su tiempo de concentración es el más bajo dado lo anterior representa un grado de vulnerabilidad es muy Bajo; La quebrada Arteza cuenta con una topografía fuertemente accidentada por lo cual presenta avenidas torrenciales y altos transporte de sedimentos, cuenta con un equilibrio entre pastos usados y bosques intervenidos por lo cual presenta un grado de vulnerabilidad de bajo a moderado.

Es esencial destacar la apertura hacia la realización de un estudio más profundo y holístico, cuyo objetivo sea comprender a fondo los componentes precisos de los plaguicidas empleados y su similitud con plaguicidas que han salido y/o estén próximos a salir por sus efectos en la salud humana, sus niveles de dosificación y la magnitud de su toxicidad en el contexto ambiental. Este enfoque investigativo no solo permitiría una evaluación más precisa de los riesgos inherentes, sino que también proporciona una base sólida para implementar medidas adicionales destinadas a salvar la calidad del agua local y preservar la riqueza biológica y salud de la población que caracteriza a la región de Cogua.

Caracterización de las fuentes abastecedoras de agua de los sistemas Río Frío y Neusa ubicados en los municipios de Zipaquirá, Nemocón y Cogua del Departamento de Cundinamarca

Lista de Referencias

Borda-Prada, O. L., Moreno-Merchán, A. C., y Guerrero-Rodríguez, A. F. (2021). *Caracterización de los factores de amenaza y vulnerabilidad en la subcuenca del río Neusa, departamento de Cundinamarca, Colombia*. *Revista Vínculos*, 18(2).

<https://revistas.udistrital.edu.co/index.php/vinculos/article/view/19710>

FAO, Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, A. d. (JUNIO de 2021). *PLAN INTEGRAL DE DESARROLLO AGROPECUARIO Y RURAL CON ENFOQUE TERRITORIAL*. Obtenido de <https://www.adr.gov.co/wp-content/uploads/2022/03/Tomo-1-Cundinamarca.pdf>

NRDC. (17 de 09 de 2021). *NRDC EN ACCIÓN*. Obtenido de <https://www.nrdc.org/es/stories/prohibicion-clorpirifos-es-victoria-ciencia-ninos#:~:text=La%20exposici%C3%B3n%20en%20la%20vida,el%20desarrollo%2C%20problemas%20de%20aprendizaje%2C>

OMS, O. M. (15 de SEP de 2022). *Residuos de plaguicidas en los alimentos*. Obtenido de https://docs.google.com/document/d/1b7aHqTC1_i17cM1nyZN_Pzm4wneKQuo4/edit

Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (2021). *Impactos ambientales y de salud de los pesticidas y fertilizantes y formas de minimizarlos: Visualizando un mundo seguro para los productos químicos - Resumen para responsables de políticas*.

<https://wedocs.unep.org/20.500.11822/34463>.

(S/f). Gov.co. Recuperado el 5 de septiembre de 2023, de <https://www.invias.gov.co/index.php/archivo-y-documentos/documentos-tecnicos/especificaciones-tecnicas/984-manual-de-drenaje-para-carreteras/file>