

Caracterización de los factores de amenaza y vulnerabilidad en la subcuenca del río Neusa, departamento de Cundinamarca, Colombia

Characterization of hazard and vulnerability factors in the Neusa river sub-basin, department of Cundinamarca, Colombia

Olga Lucía Borda-Prada ¹, Andrea Carolina Moreno-Merchán ², Ariel Fabricio Guerrero-Rodríguez ³

Resumen: Se presenta una investigación, relacionada con la caracterización, identificación y evaluación de la amenaza, vulnerabilidad y del riesgo de contaminación de aguas superficiales asociado al uso de suelo, en la Subcuenca del Río Neusa – área de captación para la planta de agua potable regional Zipaquirá-Cogua- Nemocón, la cual se encuentra ubicada en el municipio de Cogua, Cundinamarca, Colombia.

El recurso hídrico de esta zona podría estar siendo afectado por factores antrópicos asociados al uso del suelo, esto porque en la subcuenca se evidencia un alto porcentaje de uso de suelo asociado a la agricultura y ganadería, que podrían llevar al suelo una gran cantidad de productos químicos y agentes físicos, que pueden generar contaminación en las fuentes de agua superficial, usadas para la captación del agua a tratar.

Se implementa una metodología diferenciada para valorar la amenaza y la vulnerabilidad de la zona. Para la amenaza, se cuantifico y evaluó siguiendo los parámetros del Manual para la

¹ MSc. en docencia de la química, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Colombia. Universidad La Gran Colombia, Bogotá D.C., Colombia. olga.borda@ugc.edu.co <https://orcid.org/0000-0003-2912-3269>

² Universidad La Gran Colombia, Bogotá D.C., Colombia. andrea.moreno@ugc.edu.co <https://orcid.org/0000-0002-4424-319X>

³ Universidad La Gran Colombia, Bogotá D.C., Colombia. ariel.guerrero@ugc.edu.co <https://orcid.org/0000-0002-5649-3014>

metodología para evaluar los riesgos del Departamento Nacional de Planeación de la República de Colombia. Para la evaluación de la vulnerabilidad del recurso hídrico superficial a la contaminación se empleó el método del índice GOD (Groundwater hydraulic confinement, Overlaying strata, Depth to groundwater table).

Finalmente, el riesgo se obtuvo como el producto de la relación de la amenaza y la vulnerabilidad, para la evaluación del riesgo se elaboraron mapas como los de usos del suelo y de la litología de la zona, amenaza, vulnerabilidad, los cuales permitieron caracterizar y determinar las condiciones de estos factores en la zona, como conclusión se elaboró el mapa de riesgo que busca mostrar las condiciones de riesgo generales de la zona asociadas al uso del suelo y que contaminan las fuentes de agua superficiales de donde se realiza la captación del agua para tratamiento en la planta y prevenir las posibles fuentes de contaminación del agua, mediante la identificación de amenazas, vulnerabilidades y riesgos en las condiciones conocidas la subcuenca del Río Neusa, cerca de la zona de captación de la planta de tratamiento de agua potable regional Zipaquirá-Cogua-Nemocón.

Palabras clave: Acueducto, Agricultura, Agua, Amenaza, Contaminación, Índice GOD, Planta de tratamiento, Riesgo, Subcuenca, Uso de suelo, Vulnerabilidad.

Abstract: We present this research related with the characterizing, identification and evaluation of the threat, vulnerability, and risk of pollution of superficial waters associated to the use of soil, in the sub-basin of Neusa River - captation area for drinking water for the region of Zipaquirá-Cogua-Nemocón, which is in the town of Cogua, Cundinamarca, Colombia.

The hydric resource of this zone could be affected by anthropic factors associated to the use of the soil, because in the sub-basin we evidence a high percentage of sole use associated to

agriculture and cattle raising, that could lead to the sole a huge amount of chemicals and physical agents, that can generate pollution in superficial water sources, used to catch the water to treat.

We implemented a different methodology to value the threat and vulnerability of the zone. For this threat, we quantified and evaluated following the department of Planning of Colombia. For the evaluation of vulnerability of the hydric superficial resource to pollution, we implemented the GOD index method (Groundwater hydraulic confinement, Overlaying strata, Depth to groundwater table).

Finally, the risk was obtained as the product of the relation of the threat and the vulnerability, for the risk evaluation, we elaborated maps as the ones for soil use and lithology of the zone, threat, vulnerability, which allowed to characterize, and determinate the conditions of this factors in the zone, as a conclusion we made a map of risk which is meant to show general risk conditions of the zone associated to the use of soil and pollution of superficial water sources in which the water for the treatment of the plant is collected and prevent the possible sources of pollution in the water, through the identification of threats, vulnerabilities and risks in the known conditions of the sub-basin of Neusa river, near the zone of recollecting of the drinking water treatment plant of Zipaquirá-Cogua-Nemocón.

Keywords: Aqueduct, Agriculture, Water, Threat, Contamination, GOD index, Treatment plant, Risk, Sub-basin, Land use, Vulnerability.

1. INTRODUCCION

La gestión integral del recurso hídrico se relaciona entre otros aspectos con el abastecimiento de agua de buena calidad que no pongas en riesgo la salud de las personas, y la sostenibilidad del entorno. En este sentido, la evaluación de la amenaza y la vulnerabilidad del medio de donde se capta el agua es un punto de partida para mejorar las condiciones de este recurso, enmarcado en los objetivos de Desarrollo sostenible (ODS) 6 y 13 principalmente.

1.1. Localización de la Subcuenca – área de estudio

La subcuenca del Río Neusa hace parte de la cuenca del Río Bogotá, es una de las de mayor extensión con más de 447 km² o 44734,9 hectáreas [1]. Se encuentra ubicada en el departamento de Cundinamarca – Colombia, abarcando los municipios de Cogua, Nemocón, Zipaquirá, Carmen de Carupa, Cucunubá, Gachancipá, Pacho, Sutatausa, Tocancipá, Tausa y Suesca. La altitud media de la subcuenca se encuentra a los 2930 m.s.n.m, con esto se puede clasificar la subcuenca como un piso térmico frío con una temperatura media de 10 grados centígrados que permiten el desarrollo de páramos, humedales, bosques altos andinos y pastos tratados y no tratados. Con esto se tiene que la subcuenca del Río Neusa es una zona de gran importancia para el ecosistema de la zona. Según la subcuenca tiene un área de 44734,9 hectáreas y el cauce principal del río Neusa una longitud de 45,1 km. Este Río nace en el municipio de Cogua en el llamado páramo de Guerrero con el nombre de Río Guandoque y recibe las aguas de afluentes menores en su recorrido para al final desembocar en el Río Bogotá. (Figura 1).

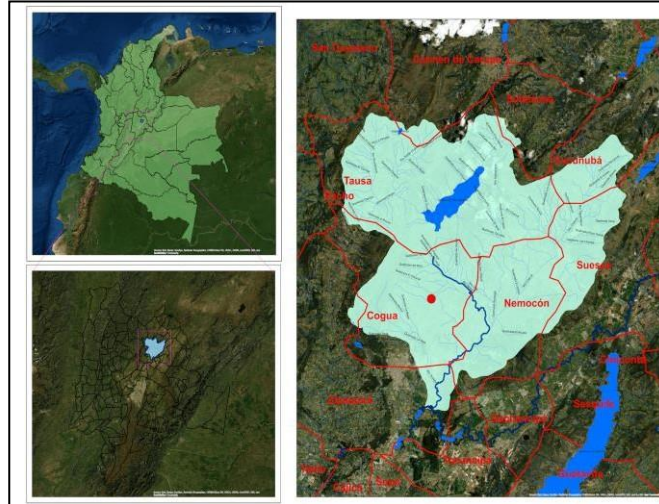


Figura 1. Mapa de la localización de la subcuenca del Rio Neusa. Adaptado de: Google Earth,

1.2. Conceptos relativos a la gestión del recurso hídrico

1.2.1. Amenaza

De acuerdo con la Ley 1523 de 2012, en Colombia la amenaza es el peligro latente de que un evento físico de origen natural causado o inducido por la acción humana de manera accidental, se presente con una severidad suficiente para causar pérdidas de vidas, lesiones u otros impactos en la salud, así como también daños, y pérdidas en los bienes, la infraestructura, los medios de sustento, la prestación de servicios y los recursos ambientales. (Congreso de la República de Colombia, 2012, Art.4) [3].

1.2.2. Vulnerabilidad

Se refiere a las condiciones de los elementos expuestos a una amenaza, que los hace susceptibles a sufrir un daño. Estos elementos pueden pertenecer al proyecto o al entorno, dependiendo de la dimensión que se esté considerando. Así mismo, es importante resaltar que

los elementos expuestos, sean personas, viviendas, infraestructura, etc., no son vulnerables por sí mismos; dicha condición es diferente frente a cada amenaza que se analice, y también varía de un elemento a otro, por lo cual es necesario realizar análisis de vulnerabilidad frente a cada amenaza priorizada. [4].

1.2.3. Riesgo

El riesgo es el daño o las pérdidas esperadas que pueden suceder en una persona, una población o un país por causa de un evento amenazante que puede afectar a los seres humanos, a los bienes y servicios a la infraestructura o al medio ambiente. (Gestión del riesgo, cambio climático y desarrollo [PNUD], 2015, 1:01) [6].

2. MATERIALES Y MÉTODOS

El objeto central de esta investigación se constituye en la evaluación de la amenaza, vulnerabilidad y riesgo, de la Subcuenca del Río Neusa, asociados principalmente al uso del suelo y el cambio climático con el fin de iniciar un trabajo relacionado con la gestión del riesgo determinado y aportar información valiosa a la planta regional de agua potable que se abastece de esta Fuente.

A continuación, se describe los aspectos metodológicos implementados para dicha evaluación:

2.1. Con respecto al uso del suelo

2.1.1. Evaluación de la Amenaza

La evaluación de la amenaza de contaminación del recurso hídrico está en función del peligro

latente de que se presente algún tipo de evento físico de origen natural o como en nuestro caso por un factor antrópico, este puede tener una severidad suficiente para ocasionar pérdidas de vidas o afectaciones a la salud a corto o largo plazo. Para cuantificar y graficar esta amenaza se va a utilizar las indicaciones dadas por el Manual para la metodología para evaluar los riesgos del departamento nacional de planeación de la República de Colombia.

El Manual para la metodología de evaluación de riesgos indica tres criterios de frecuencia, alto si sucede frecuentemente, media si es limitada la probabilidad de ocurrencia o que sucede en forma esporádica, y baja donde se espera que ocurra pocas veces, como se muestra en la tabla 1. [4].

Tabla 1. Criterio de frecuencia

DESCRIPCIÓN	CRITERIO DE POTENCIAL DE DAÑO
Puede afectar gravemente elementos físicos (destrucción) y personas (muerte o enfermedades), así como interrupción de las actividades de la zona.	ALTO
Puede afectar de manera moderada los elementos físicos, las actividades y las personas, sin que se generen muertes humanas.	MEDIO
Solamente se presentarían daños físicos leves.	BAJO

Fuente: Adaptado de: (Departamento Nacional de Planeación, 2019) [4]

Asimismo, es necesario evaluar el potencial de daño para la priorización de amenazas, con base en tres valores de referencia, los cuales se dividen en alto los que pueden afectar gravemente elementos físicos y personas (muerte o enfermedades), así como interrupción de las actividades. A partir de la correlación y variables se determina la amenaza de la zona, para el caso presentado en este estudio, la contaminación a las fuentes hídricas superficiales asociadas al uso de suelo, se usa la relación mostrada en la Figura 2, que permite la categorización de la amenaza en alta, media y baja.

De la zona, media si afecta de manera Moderada los elementos físicos, las actividades y las personas sin que se generen muertes humanas, y bajo si solamente se presentan daños físicos leves, como se muestra en la tabla 2.

Tabla 2. Criterio de potencial de daño

DESCRIPCIÓN	CRITERIO DE POTENCIAL DE DAÑO
Puede afectar gravemente elementos físicos (destrucción) y personas (muerte o enfermedades), así como interrupción de las actividades de la zona.	ALTO
Puede afectar de manera moderada los elementos físicos, las actividades y las personas, sin que se generen muertes humanas.	MEDIO
Solamente se presentarían daños físicos leves	BAJO

Fuente: Adaptado de: (Vargas, M. C., & Tosse, O, 2010, pág. 14) [5]

Tabla 3. Combinación de criterios para priorización de amenazas. Tomado de:
(Departamento Nacional de Planeación, 2019) [4]

Combinación de criterios para priorización de amenazas

		Potencial de daño		
		Alto	Medio	Bajo
Frecuencia	Alta	A	A	M
	Media	A	M	B
	Baja	M	B	B

A=Alta, M=Media y B=Baja

2.1.2. Evaluación de Vulnerabilidad

La vulnerabilidad para la presente investigación relacionada a la contaminación del recurso hídrico superficial debido al uso del suelo está en función de diferentes características, como lo son la distancia del punto de contaminación al acuífero, la condición del acuífero es decir su grado de confinamiento y por último su substratolitológico, la cual tendrá la capacidad de atenuar por retención o reacción fisicoquímica a los contaminantes. La clasificación de la vulnerabilidad de los acuíferos a la contaminación será designada por lo considerado en el método del índice GOD (Groundwater hydraulic confinement, Overlaying strata, Depth to groundwater table) [5], como se muestra en la tabla 4 en la cual se clasifican en cinco los niveles de vulnerabilidad que se tendrán desde muy baja donde la vulnerabilidad será insignificante, hasta la vulnerabilidad extrema en donde será vulnerable a la mayoría de los contaminantes de la zona.

Tabla 4. Clase de Vulnerabilidad

CLASE DE VULNERABILIDAD	DEFINICIÓN
EXTREMA	Vulnerable a la mayoría de los contaminantes con impacto rápido en muchos escenarios de contaminación.
ALTA	Vulnerable a muchos contaminantes (excepto a los que son fuertemente absorbidos o fácilmente transformados) en muchos escenarios de contaminación.
MODERADA	Vulnerable a algunos contaminantes solo cuando son continuamente descargados o lixiviados.
BAJA	Solo vulnerable a contaminantes conservativos cuando son descargados o lixiviados en forma amplia y continua durante largos periodos de tiempo.
MUY BAJA	Presencia de capas confinantes en las que el flujo vertical (percolación) es insignificante.

Fuente: Adaptado de: (Vargas, M. C., & Tosse, O, 2010[6]. Departamento Nacional de Planeación, 2019) [4]

2.1.3. Evaluación del riesgo

Con base en la estimación de la Amenaza y vulnerabilidad se pondera el Riesgo y se estructura un mapa de riesgo de la subcuenta con sus colores pertinentes determinados por su grado de riesgo (Tabla 5).

Tabla 5. Valores del riesgo

RIESGO		AMENAZA		
		BAJA	MEDIA	ALTA
VULNERABILIDAD	MUY BAJA	MB	MB	MB
	BAJA	MB	B	B
	MODERADA	B	M	M
	ALTA	B	M	A
	EXTREMA	M	A	E

MB: Muy baja B: Baja M: Moderada A: Alta E: Extrema

Tabla 6. Grado de Riesgo y su color

GRADO DE RIESGO	COLOR
EXTREMA	ROJO
ALTA	NARANJA
MODERADA	AMARILLO
BAJA	VERDE CLARO
MUY BAJA	VERDE OSCURO

Adaptado de: (Vargas, M. C., & Tosse, O, 2010[6]. Departamento Nacional de Planeación, 2019) [4]

3. RESULTADOS

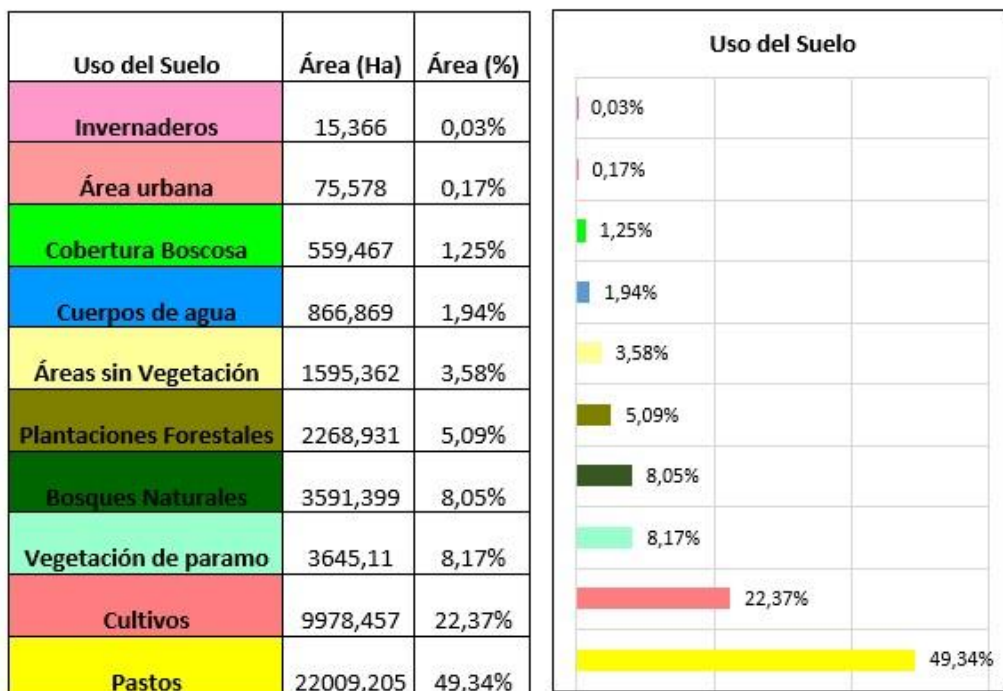
3.1. Uso del suelo en la zona objeto de estudio

El uso del suelo que se tiene en esta área comprendida por el Río Neusa desde su nacimiento hasta su desembocadura en el Río Bogotá se puede analizar por el fin que se le mapa de uso de suelo de la zona de la tiene determinado a esa área de terreno.

Según la CAR, 2015 [7]. Estas unidades del uso actual del suelo se dividieron en 10 grandes grupos los cuales son vegetación de páramos, bosques naturales, cobertura boscosa, plantaciones forestales, pastos, cultivos, invernaderos, áreas sin vegetación, cuerpos de agua y área urbana.

De acuerdo con la información citada por la CAR, 2015 [1]. Se encontró que el de mayor porcentaje de uso de suelo, de pastos y el que menos uso tiene es el de invernaderos. En la figura 2 se resumió los usos del suelo con sus porcentajes correspondientes y los colores dentro de la tabla corresponden con los colores usados en el mapa:

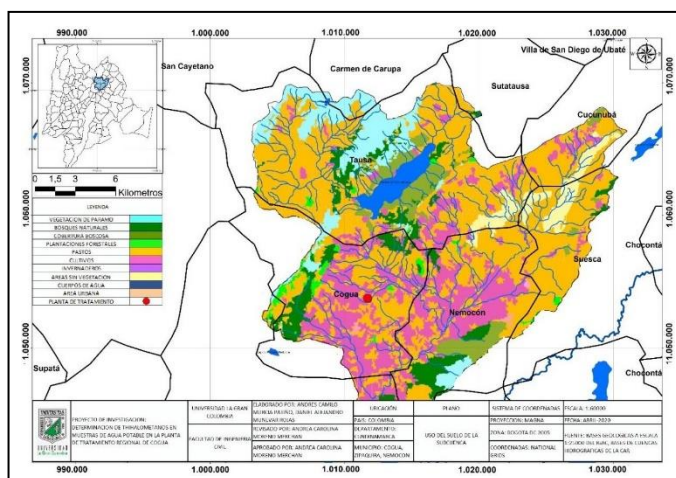
Figura 2. Uso del suelo en la subcuenca de Neusa. [1].



Con la información de la figura 2 se realiza un mapa de uso de suelo de la zona de la Subcuenca del río Neusa, en la Figura 3, se muestra 10 grandes grupos de uso de suelo.

Figura 3. Mapa de Usos del suelo de la subcuenca del Río Neusa. Adaptado de: Cuencas

Hidrográficas CAR [1], Bases Geológicas IGAC [7]



3.2.Evaluación de la amenaza

De acuerdo con la metodología propuesta en la tabla 6 semuestra la caracterización de la amenaza asociada al uso del suelo, el mayor porcentaje de este uso corresponde a los pastos, seguido de los cultivos.

Tabla 7. Amenaza de la zona

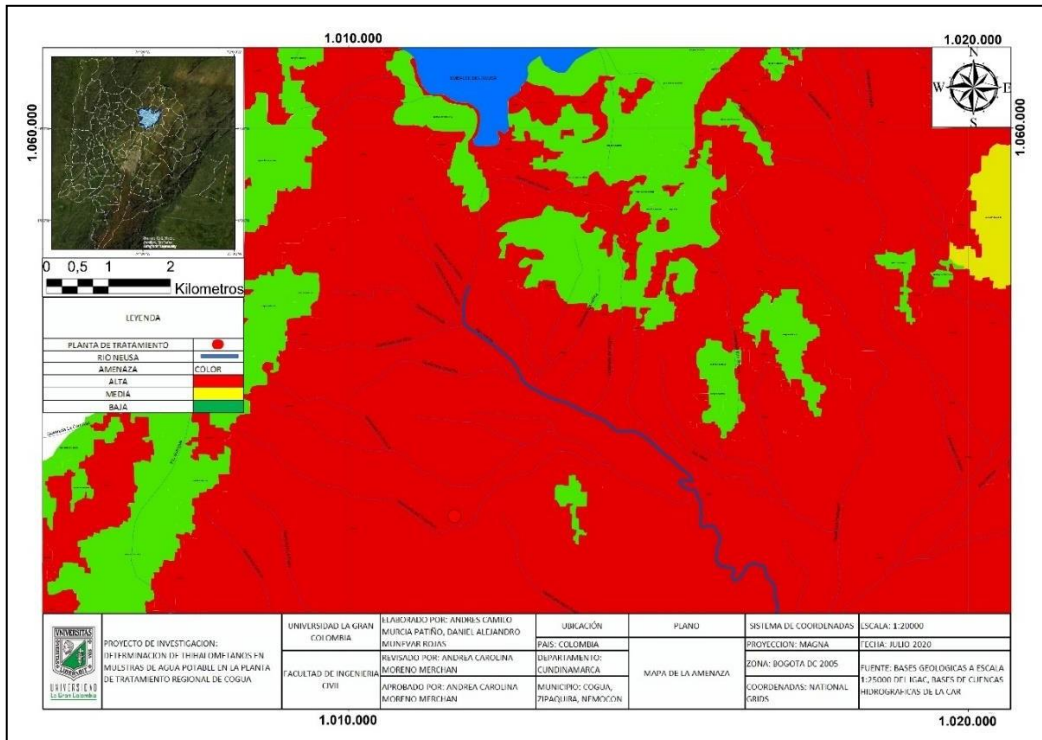
Uso del Suelo	Área (Ha)	Frecuencia	Potencial de daño	Amenaza
Vegetación de paramo	3645,11	BAJA	BAJA	BAJA
Bosques Naturales	3591,399	BAJA	BAJA	BAJA
Cobertura Boscosa	559,467	BAJA	BAJA	BAJA
Plantaciones Forestales	2268,931	BAJA	BAJA	BAJA
Cultivos	9978,457	ALTA	ALTA	ALTA
Invernaderos	15,366	MEDIA	ALTA	ALTA
Pastos	22009,205	ALTA	ALTA	ALTA
mapa de uso de suelo de la zona de la	1595,362	MEDIA	MEDIA	MEDIA
Cuerpos de agua	866,869	BAJA	BAJA	BAJA
Área urbana	75,578	ALTA	ALTA	ALTA

Adaptado de: CAR, N.F, Elaboración del Diagnóstico, Prospectiva y Formulación de la

Cuenca Hidrográfica del río Bogotá Subcuenca río Neusa [1]

Con los resultados obtenidos para la amenaza de los diferentes usos del suelo, se procedió a realizar el mapa de la figura 5.

Figura 4. Mapa de amenaza de la subcuenca del Río Neusa. Adaptado de: (Cuencas Hidrográficas CAR [1], [9]Montoya, D., & Reyes, G. (2003) [8].



3.3. Evaluación de la vulnerabilidad

Con la metodología del índice GOD [10] se realiza la evaluación de la vulnerabilidad. Para el valor de G, en la zona de estudio, se determinó que para todo el acuífero el valor G será de 1, esto debido que el estudio solo considera afluentes superficiales del Río Neusa, los cuales son considerados no confinados por esta en superficie.

Se procedió a estimar los valores de acuerdo con esta litología registrada y a los valores para cálculo de vulnerabilidad mostrado en la figura 5.

Figura 5. Valores "O" [10]

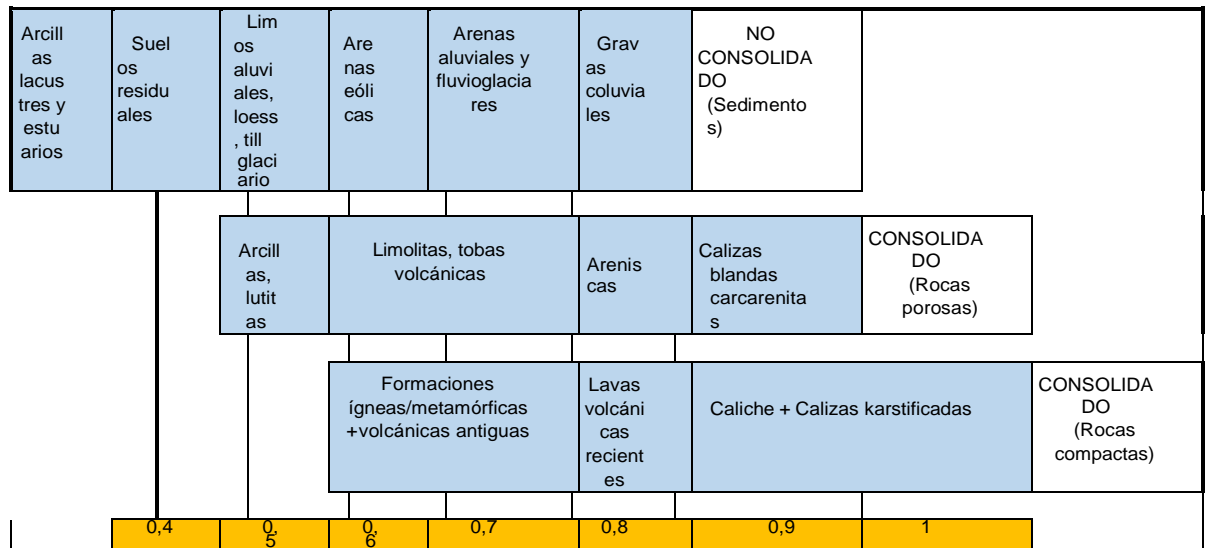


Tabla 8. Litología de la zona con valor O

CÓDIGO	VALOR "O"
Qal	0,7
Qc	0,7
Q2t	0,7
E1b	0,5
E1c	0,8
K2E1g	0,5
K2t	0,8
K2p	0,9
K2d	0,8
K2c	0,5

Adaptado de: (Servicio Geológico Colombiano, 2003, Montoya, D., & Reyes, G. (2003) [11].

Posteriormente se calcula el valor D (Distancia al agua), mediante el programa ArcMap 10.7 con sus escalas correspondientes en este caso 1:20000 teniendo como punto principal la planta de tratamiento regional de Cogua en donde se realizó el mapa de este valor necesario para hallar la vulnerabilidad de la subcuenca. A partir de los datos y resultados mencionados Se consideró vulnerabilidad en extrema, alta, moderada, baja a muy baja, de acuerdo con el valor del GOD.

Tabla 9. Grado de vulnerabilidad

GRADO DE VULNERABILIDAD	GOD	COLOR
EXTREMA	0,7 - 1	Red
ALTA	0,5- 0,7	Orange
MODERADA	0,3 - 0,5	Yellow
BAJA	0,1 - 0,3	Light Green
MUY BAJA	0 - 0,1	Dark Green

Adaptado de: (Vargas, M. C., & Tosse, O, 2010) [5]

Se obtuvieron los siguientes valores del índice GOD (Tabla 10),

Tabla 10. Resultados de la Vulnerabilidad con el método GOD

G (Tipo de Acuífero)	O (Litología de la zona)	D (Distancia al Acuífero)	GOD	VULNERABILIDAD	COLOR
1	0,5	0,6	0,3	BAJA	
1	0,7	0,6	0,42	MODERADA	
1	0,8	0,6	0,48	MODERADA	
1	0,9	0,6	0,54	ALTA	
1	0,5	0,7	0,35	MODERADA	
1	0,7	0,7	0,49	MODERADA	
1	0,8	0,7	0,56	ALTA	
1	0,9	0,7	0,63	ALTA	
1	0,5	0,8	0,4	MODERADA	
1	0,7	0,8	0,56	ALTA	
1	0,8	0,8	0,64	ALTA	
1	0,9	0,8	0,72	EXTREMA	
1	0,5	0,9	0,45	MODERADA	
1	0,7	0,9	0,63	ALTA	
1	0,8	0,9	0,72	EXTREMA	
1	0,9	0,9	0,81	EXTREMA	
1	0,5	1	0,5	MODERADA	
1	0,7	1	0,7	ALTA	
1	0,8	1	0,8	EXTREMA	
1	0,9	1	0,9	EXTREMA	

Adaptado de: (Vargas, M. C., & Tosse, O, 2010 [5]. CAR, 2015) [1]

3.4.Evaluación del riesgo

Para la estimación del riesgo, se usó la relación entre la amenaza y la vulnerabilidad, (Tabla 8) en la cual se categorizan el producto de la relación entre amenaza y vulnerabilidad, en rangos, donde se encuentran desde muy baja (verde oscuro) hasta extrema (rojo). Usando los resultados y haciendo la integración de estas se obtuvieron los resultados del riesgo para la zona.

4. Conclusiones

La evaluación del riesgo mostro que se debe tener en cuenta el uso del suelo dado que puede generar contaminación a las aguas superficiales en la subcuenca del Rio Neusa, particularmente en la planta regional de Cogua el cual fue nuestro punto central para determinar la afectación que se puede tener, ya que esta abastece a los municipios de Cogua, Nemocón y Zipaquirá del departamento de Cundinamarca, Colombia.

Si bien existe una amplia diversidad de usos de suelo, para la zona de estudio, el uso del suelo principal de esta subcuenca son los pastos, lo cual puede determinar la presencia ganadera en el sector, también en una gran proporción los cultivos y los invernaderos tienen presencia en la zona. Conociendo esto, se procedió a determinar la amenaza en la subcuenca, en la cual se tuvieron en cuenta la frecuencia y el potencial de daño que tiene el uso del suelo en la zona. Este nos arrojó que más del 70% de la subcuenca tiene un nivel de amenaza alto, asociado al uso del suelo y donde principalmente la contaminación que se tiene es por fuentes antrópicas.

Se continuo con la determinación de la vulnerabilidad, en donde se utilizó el método del índice GOD. Para el valor G que corresponde al tipo de acuífero considerado, en la zona de estudio tienen como fuente de estudio, las aguas superficiales. Para el valor O, que corresponde a es las

condiciones litológicas de la zona en las cuales la subcuenca cuenta con una litología variada, predominantemente sedimentaria, que para el índice GOD variaron entre 0,5 y 0,9. Por último para este método el valor D es la distancia al acuífero en el cual dependiendo de la distancia se le daba su valor correspondiente, donde a más de 50 metros era muy baja y menor a 5 metros era extrema, en la zona se cuenta con todos los rangos mencionados por su gran extensión y variación geográfica. Con el producto de estas variables, se generó el mapa de vulnerabilidad el cual dio como resultado una vulnerabilidad moderada y baja lo cual nos indica la capacidad de resistencia de la zona a los efectos de la contaminación, asociada a condiciones geológicas y del suelo y a la distancia del punto de captación, esto porque la zona de estudio tiene diferentes litologías las cuales ayudan a contrarrestar estos efectos, además que la mayoría de la subcuenca se encuentra a más de 50 metros de alguna fuente de agua superficial.

Con los resultados de la amenaza y la vulnerabilidad se procedió a establecer la evaluación del riesgo, Esta relación dio como resultado que la zona de interés tiene un riesgo moderado a bajo, con todos estos resultados, se puede decir que no hay un alto grado de riesgo para las fuentes hídricas superficiales. Esto con la información disponible y considerando que no ocurra ningún evento particular que pueda generar una modificación a los procesos acá considerados, como pueden ser una fuerte temporada de lluvias que modifique las condiciones del terreno o un derrame o exceso de productos químicos usados para pastos o agricultura que afecten o modifiquen las condiciones acá consideradas.

Como conclusión se puede decir que la planta de tratamiento que se abastece de esta zona no está expuesta a un alto riesgo de contaminación asociada al uso del suelo, por lo cual la comunidad cuenta con un recurso hídrico de buena calidad que debe procurar preservar las condiciones actuales y tratar de mejorar lo que se pueda en temas de gestión ambiental, velando

la conservación y no alteración del medio natural, tomando medidas correctivas para minimizar esos factores contaminantes.

Referencias

- [1] CAR, C. E. (2006). Elaboración del diagnóstico, prospectiva y formulación de la cuenca hidrográfica del río Bogotá Subcuenca río Alto Bogotá-2120-19, *Subcuenca Rio Neusa*.
- [2] Durán, D. y Suárez, D. (2011). *Perfil ambiental de la subcuenca del río Neusa*
- [3] Colombia, C. D. (2018). Ley 1523 de 2012. Por la que se adopta la política nacional del riesgo de desastres y se establece el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres y se dictan otras disposiciones. Congreso de la República de Colombia. (2012).
- [4] Lozano, H., & Caicedo, H. (2019). Caja de herramientas: Incorporando la gestión del riesgo de desastres y la adaptación al cambio climático en proyectos de inversión pública. Departamento Nacional de Planeación. *Metodología para evaluar los riesgos*.
- [5] Vargas, M. C., & Tosse, O. (2010). Propuesta metodológica para la evaluación de la vulnerabilidad intrínseca de los acuíferos a la contaminación. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Territorial, Bogotá.
- [6] PNUD. del Riesgo, G., & Climático, C. (2015). Conceptos Básicos de la Gestión de Riesgos.
- [7] SGC. Montoya, D., & Reyes, G. (2003). Geología de la plancha 209 Zipaquirá. INGEOMINAS, Bogotá, Colombia.
- [8] Montoya, D., & Reyes, G. (2003). Mapa geológico de la Plancha 209-Zipaquirá. Escala, 1(100.000), 1-103.
- [9] Vargas, M. C., & Tosse, O. (2010). Propuesta metodológica para la evaluación de la vulnerabilidad intrínseca de los acuíferos a la contaminación. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Territorial, Bogotá.
- [10] España, P. R. T. R. (2017). Registro Estatal de Emisiones y Fuentes Contaminantes.
- [11] Montoya, D., & Reyes, G. (2003). Mapa geológico de la Plancha 209-Zipaquirá. Escala, 1(100.000), 1-103. OMS. (2012). Guías para la calidad del agua potable. Organización Mundial para la Salud.