

Efecto del impacto antrópico sobre la diversidad de macroinvertebrados acuáticos asociados a la microcuenca del Río Rumiayaco- Mocoa/Putumayo

**Jennifer Yulieth Casanova Cabrera
Gersy Brigitte Cerón Jurado**

Instituto tecnológico del putumayo
Facultad de ingeniería y ciencias básicas
Mocoa, Colombia
2022

Efecto del impacto antrópico sobre la diversidad de macroinvertebrados acuáticos asociados a la microcuenca del Río Rumiayaco- Mocoa/Putumayo

**Jennifer Yulieth Casanova Cabrera
Gersy Brigitte Cerón Jurado**

Tesis o trabajo de investigación presentada(o) como requisito parcial para optar al título de:
Tecnólogo en saneamiento ambiental

Asesor (a):

Biólogo. Juan Fernando Revelo Enríquez

Línea de Investigación:

Semillero de investigación

Grupo de Investigación:

GRAM

Instituto tecnológico del putumayo
Facultad de ingeniería y ciencias básicas
Mocoa, Colombia

2022

Nota de aceptación:

Jurado

Jurado

Mocoa, 20 de 06 del 2022

(Dedicatoria o lema)

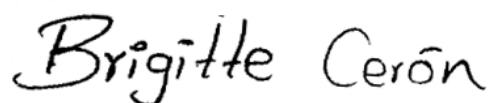
A nuestras familias por su apoyo incondicional en esta hermosa travesía, que gracias a sus esmeros y dedicación para que demos lo mejor de cada una y así lograr los mejores resultados, a nuestras amigas Karen Quiñones y Marianela Benavides quienes hacen más llevaderas nuestras dificultades y siempre tienen sus puertas abiertas para nosotras.

AGRADECIMIENTOS**DIOS, FAMILIA, UNIVERSIDAD, DOCENTE, AMIGOS Y OTROS**

Agradecemos a nuestra familia por su motivación en este proceso, han sido el pilar fundamental de nuestro desarrollo académico y son nuestro motivo de orgullo y agradecimiento.

Agradecemos al profesor Juan Fernando Revelo por su entrega y dedicación en este proceso investigativo, por compartir sus conocimientos para el desarrollo del presente estudio.

Y finalmente agradecemos a la vida por permitirnos estar aquí y pronto culminar con este ciclo académico.



Gersy Brigitte Cerón Jurado



Jennifer Yulieth Casanova Cabrera

Resumen

Desde el punto de vista ecológico, los sistemas acuáticos se conciben como conjuntos de subsistemas al interior de los cuales se desarrollan procesos biológicos e interacciones ecológicas que integrados entre sí y con el medio externo determinan el comportamiento total del ecosistema. En los sistemas de Piedemonte Amazónico, la diversidad acuática ha recibido poca atención en relación a la diversidad terrestre, lo que ha dificultado la interpretación de patrones espaciales a escalas regionales. En general, son pocas las investigaciones de los ecosistemas acuáticos realizadas para esta región. Este trabajo de investigación se realizó con el objetivo de analizar los efectos del impacto antrópico sobre la diversidad de macroinvertebrados acuáticos asociados a la microcuenca del río Rumiyaico en el municipio de Mocoa, Putumayo. Se realizó un trabajo de campo de cuatro meses en el que la realización del inventario de diversidad de macroinvertebrados acuáticos permitió el registro de 24 familias, 27 géneros y 32 especies para un total de 453 individuos colectados, donde el género con mayor riqueza es *Hydroptyla* en la microcuenca del Río Rumiyaico para la zona del Piedemonte Amazónico, de la misma manera permite entender que la presencia de agricultura, ganadería y vertimiento de aguas residuales en esta zona afecta la diversidad de macroinvertebrados acuáticos aportándole a la disminución de especies.

Palabras clave: *Calidad de agua, cuencas hidrográficas, diversidad, impacto ambiental, macroinvertebrados acuáticos.*

ABSTRACT

From an ecological point of view, aquatic systems are conceived as sets of subsystems within which biological processes and ecological interactions develop and which, when integrated with each other and with the external environment, determine the total behavior of the ecosystem. In the Amazonian piedmont systems, aquatic diversity has received little attention in relation to terrestrial diversity, which has made it difficult to interpret spatial patterns at regional scales. In general, few investigations of aquatic ecosystems have been carried out for this region. This research work was carried out with the objective of analyzing the effects of anthropogenic impact on the diversity of aquatic macroinvertebrates associated with the Rumiyaco river microbasin in the municipality of Mocoa, Putumayo. A four-month field work was carried out in which the inventory of aquatic macroinvertebrate diversity allowed the registration of 24 families, 27 genera and 32 species for a total of 453 individuals collected, where the genus with the highest richness is Hydroptyla in the Rumiyaco River micro-watershed for the Amazonian piedmont zone, in the same way it allows understanding that the presence of agriculture, livestock and wastewater dumping in this area affects the diversity of aquatic macroinvertebrates contributing to the decrease of species.

Keywords: *water quality, watersheds, diversity, environmental impact, aquatic macroinvertebrates*

Contenido

	Pág.
Introducción	6
1. Justificación	8
2. Marco de referencia	10
○ 2.1 Marco teórico	10
Biindicación del agua y manejo integrado de cuencas Hidrográficas	10
Impactos antrópicos sobre cuencas hidrográficas.	11
Ecosistemas acuáticos y su fragilidad	12
○ 2.2 Marco conceptual	13
Generalidades de los macroinvertebrados acuáticos	13
Variación espacial de las comunidades acuáticas	14
Impactos ambientales en ecosistemas dulceacuícolas	16
Parámetros biológicos y ecológicos de la calidad del agua	19
○ 2.3 Marco contextual	22
○ 2.4 Marco legal	25
3. Objetivos	27
○ 3.1 Objetivo general	27
○ 3.2 Objetivos específicos	27
4. Metodología	28
Suelo para uso agrícola y ganadero	28
Puntos de vertimiento agua residual	31
Muestreo de macroinvertebrados acuáticos y parámetros fisicoquímicos	32
Análisis estadístico	35
5. Resultados	37
Recolección de información	37
Identificación de impactos por Matriz EPM de Arboleda	40
Agricultura en la Microcuenca del rio Rumiyaco	42
Ganadería en la Microcuenca del rio Rumiyaco	46
Aguas residuales en la Microcuenca del rio Rumiyaco	50

Muestreo de suelos impactados por actividades agrícolas	54
Identificación de los puntos de vertimiento	61
Parámetros fisicoquímicos	62
Diversidad de macroinvertebrados acuáticos en la Microcuenca del río Rumiyaco	66
Riqueza y abundancia de macroinvertebrados acuáticos de la microcuenca del Río Rumiyaco	66
6. Discusión	74
7. Conclusiones	77
8. Bibliografía	79
Anexo A. Encuestas	85

Lista de figuras

	Pág.
Fig. 1: Documentos publicados por fuente entre 1996-2019 en relación al tema de investigación	
14	
Fig. 2: Documentos que se publican por año en relación al tema de investigación	14
Fig. 3: Red hidrográfica de la microcuenca del río Rumiayaco	22
Fig. 4: Cobertura uso de suelos microcuenca río Rumiayaco	23
Fig. 5: Parte superior: Diseño de las redes Surber a) Kubíček triangular cerrada b) Red surber cuadrangular abierta; Parte inferior: Direcciones de flujo en c) Surber cuadrangular d) Kubíček triangular cerrada (Vista superior).El ancho de las flechas es proporcional a la potencia de flujo. Cortesía: (L. C. Silva et al., 2005) Qualitative and quantitative benthic macroinvertebrate samplers in Cerrado streams: a comparative approach.	32
Fig. 6: Identificación de sistema de vertimientos, uso del agua y conocimiento de normatividad	
37	
Fig. 7: ¿Cuál es su consumo mensual de agua en metros cúbicos?	37
Fig. 8: ¿Cuántas personas habitan en su casa?	38
Fig. 9: Describa los residuos sólidos y/o líquidos que vierte en la fuente hídrica.	38
Fig. 10: Estructura para identificación de impactos	39
Fig. 11: Calificación ambiental según Matriz EPM de Arboleda en Agricultura	44
Fig. 12: Calificación ambiental según Matriz EPM de Arboleda en Ganadería	48
Fig. 13: Calificación ambiental según Matriz EPM de Arboleda en Aguas residuales	52
Fig. 14: Zonas de ganadería y agricultura en la microcuenca del río Rumiayaco	53
Fig. 15: pH	55
Fig. 16: Materia orgánica, Nitrógeno total y Carbono orgánico oxidable	56

Fig. 17: Fósforo, Hierro Manganese, Cobre, Zinc y Boro	57
Fig. 18: Capacidad de intercambio Catiónico, Calcio de cambio, Magnesio de Cambio, Potasio de cambio y Aluminio de Cambio	58
Fig. 19: Densidad aparente y Conductividad eléctrica	59
Fig. 20: Puntos de vertimiento de aguas residuales en la microcuenca del río Rumiyaco	61
Fig. 21: Parámetros fisicoquímicos	64
Fig. 22: Riqueza de especies de macroinvertebrados acuáticos en la Microcuenca del río Rumiyaco	67
Fig. 23: Macroinvertebrados	73

Lista de tablas

	Pág.
Tabla 1: Normativa	24
Tabla 2: Metodología para análisis del uso del suelo	28
Tabla 3: Matriz Arboleda EPM_Rio Rumiyaco_Agricultura	41
Tabla 4: Matriz Arboleda EPM_ Rio Rumiyaco_Ganadería	45
Tabla 5: Matriz Arboleda EPM_Rio Rumiyaco_Aguas residuales	49
Tabla 6: Parámetros físicos de suelo de la microcuenca del río Rumiyaco	54
Tabla 7: Materia Orgánica	56
Tabla 8: Nitrógeno total	56
Tabla 9: carbono orgánico oxidable	57
Tabla 10. Elementos del suelo	58
Tabla 11: Elementos base del suelo	59
Tabla 12: Densidad aparente y Conductividad eléctrica	60
Tabla 13: Parámetros fisicoquímicos de agua cuenca media del río Rumiyaco	62
Tabla 14: Parámetros fisicoquímicos de agua cuenca baja del río Rumiyaco	63
Tabla 15: Taxonomía	65
Tabla 16: Índice de Margalef	68
Tabla 17: Índice de Simpson	69
Tabla 18: Índice Shanon Weiner	70

Introducción

El agua es un recurso natural vulnerable, además de ser un factor limitante para la realización de las diferentes actividades antrópicas de orden cotidiano e industrial, durante muchos años se han desarrollado varias alternativas para la determinación de la calidad del agua y en gran mayoría están basados en el comportamiento de los parámetros fisicoquímicos, sin embargo en los últimos tiempos se ha destacado la cualidad de los organismos que habitan los cuerpos de agua para revelar las condiciones ecológicas cambiantes o estables del recurso y su relación con la medición de parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos insitu y exsitu” (Zuley & González, 2018).

Los ríos son sistemas dinámicos y multifuncionales que se caracterizan por la presencia de redes de drenaje, con diversos cauces y un alto grado de heterogeneidad ambiental. Esta complejidad, es favorecida por diversas interacciones y transiciones entre clima, geomorfología, precipitación, flujo de agua y sus sistemas ribereños (Gómez et al., 2012; Guevara, 2014). Sin embargo, la calidad de estos ecosistemas se ve afectada por diversas presiones antropogénicas tanto en su estructura como en los servicios que proporcionan. (Custodio & Chanamé, 2016).

Los macroinvertebrados acuáticos son considerados bioindicadores de la calidad del agua ya que la presencia o ausencia de cierto tipo de organismos indica las variaciones de las condiciones fisicoquímicas del ecosistema acuático según (Zúñiga, 2004) afirma. 'es importante que quienes trabajen en programas de evaluación biológica de la calidad de agua compartan información para facilitar un trabajo colaborativo y adaptar normas y protocolos de muestreo y rangos de tolerancia basados en el impacto de la contaminación orgánica'. La utilización de

bioindicadores es un método práctico y económico para obtener información de un ecosistema acuático que consiste en determinar qué tipos de macro invertebrados hay en un río y en qué cantidades para encontrar a partir de esta información un dato que indique a qué categoría corresponde el río este biomonitoreo se utilizó por primera vez en países europeos y posteriormente en estados unidos en la actualidad diferentes países utilizan el método de biomonitoreo.(Zuley & González, 2018).

En la mayoría de los casos, en microcuencas de cabecera, los macroinvertebrados acuáticos dependen de los recursos que ofrece la vegetación de la ribera para su refugio y alimentación, la cual consiste principalmente en materia orgánica particulada en forma de fragmentos de plantas, algas, bacterias y detritus. En microcuencas que son afectadas por actividades agropecuarias como la ganadería, las comunidades de macroinvertebrados modifican su estructura y diversidad, producto de la desaparición de los bosques ribereños y la consecuente modificación del hábitat dentro de los arroyos (Yuly Paulina Ramírez, Lina Paola Giraldo, María del Carmen Zúñiga, 2018).

1. Justificación

En la región Andinoamazónica colombiana, la ganadería, agricultura y otras intervenciones antrópicas han generado impactos sobre el recurso hídrico, lo que ha afectado su calidad físico-química, la vegetación ribereña y diversidad bentónica. Sin embargo, existen pocos estudios en el país que evalúen los efectos de dichas actividades sobre los macroinvertebrados de cuencas del piedemonte Amazónico. En los ecosistemas acuáticos los ambientes lóticos como ríos, quebradas o riachuelos son un conjunto de sistemas dominantes en el flujo hídrico epicontinental y se diferencian de otros ecosistemas acuáticos por presentar un flujo de agua en una sola dirección. Esta dinámica influye directamente en la modificación de los componentes del paisaje, incluyendo suelos, cobertura vegetal, aguas subterráneas, entre otros.

El flujo de energía mediante la interacción de todas sus entidades físicas y bióticas influye en el clima de la tierra a nivel local o regional. En este orden de ideas, el estudio de estos ecosistemas brindan la información necesaria para conocer la influencia sobre las comunidades biológicas. La variabilidad espacial que presentan los organismos, en particular los macroinvertebrados acuáticos, son características ampliamente observadas en los ecosistemas lóticos. Actualmente existen fuertes evidencias del uso de los macroinvertebrados como indicadores de calidad de agua por la alta sensibilidad que presentan ante la contaminación.

Así mismo muchos estudios demuestran que la distribución de los macroinvertebrados está influenciada por determinadas variables y procesos ecohidrológicos que influyen en su reproducción y distribución a lo largo del ecosistema acuático, tales como el tamaño del sustrato, la profundidad, el tamaño de grano del sedimento, hojarasca y factores fisicoquímicos como el oxígeno disuelto, salinidad, conductividad, geomorfología de los cauces, entre otros. La versatilidad funcional de estos organismos ha dado como resultado una multitud de adaptaciones evolutivas en respuesta a las complejas variaciones espaciales de la

heterogeneidad de su hábitat. Por lo tanto, los estudios en conservación de la biodiversidad de estos organismos también son aplicables como referentes para monitorear, restaurar y mantener la calidad ambiental de los ecosistemas acuáticos.

Como se ha señalado, las especies tienen requerimientos físicos, químicos, de estructura del hábitat y de relaciones interespecíficas. A cada especie o población le corresponden determinados límites de estas condiciones ambientales entre las cuales los organismos pueden sobrevivir (límites máximos), crecer (intermedios) y reproducirse (límites más estrechos). En la naturaleza encontramos una gran variedad de organismos con una alta sensibilidad ante perturbaciones ambientales las cuales responden estrictamente mediante alteraciones a nivel fisiológico, morfológico y disminución en la riqueza y diversidad de especies.

Para esta investigación se especificó un área de estudio donde se logró apreciar a simple vista la influencia que presentan las perturbaciones antropogénicas sobre el área de distribución o patrones de variación espacial de los macroinvertebrados acuáticos. La microcuenca del Río Rumiyaco ubicada en el municipio de Mocoa se concibe como un área geográfica de interés ambiental para la comunidad mocoana. En su área de influencia encontramos 8 veredas: San Luis de Chontayaco, Los Andes, Caliyaco, Rumiyaco y parte de las veredas Villanueva, El Diviso, la Tebaida y Planadas, estas comunidades se benefician por los bienes y servicios ecosistémicos que oferta. Actualmente, esta zona se está viendo afectado río arriba y río abajo por distintas problemáticas ambientales tales como vertimiento de aguas residuales domésticas, ganadería, pesca deportiva (sin regulaciones) erosión de suelos, deforestación, monocultivos etc., donde se hace evidente los inapropiados usos del suelo y por ende la calidad ambiental del río y sus tributarios. Este trabajo no solo amplía el conocimiento de la entomología acuática para la región amazónica, sino la posibilidad de articularlo con las políticas o regulaciones para la gestión integral del recurso hídrico y el manejo ambiental sobre

la cuenca del río Rumiyaco y las comunidades rurales que se benefician de sus servicios ecosistémicos.

2. Marco de referencia

o 2.1 Marco teórico

Bioindicación del agua y manejo integrado de cuencas Hidrográficas

Los bioindicadores más apropiados para determinar la calidad del agua de una fuente hídrica, son aquellos sensibles a los cambios físicos y químicos de su entorno, llevando a que sus límites de tolerancia sean bastante estrechos, lo cual los hace ideales para ser usados al evaluar la magnitud de las alteraciones causadas por el ser humano en un ecosistema. Los bioindicadores más utilizados en Colombia son los macroinvertebrados, debido a su abundancia, facilidad en su recolección, su amplia distribución, son de hábitos sedentarios, revelan fácilmente las condiciones de su hábitat, son fáciles de identificar, representan los efectos de las variaciones ambientales a corto tiempo, proporcionan información para integrar efectos acumulativos, poseen ciclos de vida largos (semanas y/o meses) se reconocen a simple vista, también pueden cultivarse en laboratorio, responden rápidamente a los tenses ambientales y varían poco genéticamente (Roldán-Pérez, 2016).

El monitoreo, vigilancia y control de las cuencas hidrográficas se puede llevar a cabo según (Álvarez Arango, 2005), de manera fácil, rápida, sencilla y económica; a nivel mundial se han usado varios organismos para realizar dicho diagnóstico y monitoreo de la calidad del agua, como, por ejemplo: las bacterias como indicadores de contaminación fecal por descarga reciente de desechos; los peces que han sido ampliamente utilizados para evaluar la integridad biótica en arroyos y ríos de Norteamérica (Vásquez et al., 2006). Y las plantas acuáticas

(macrofitas) las cuales obedecen a requerimientos biológicos elevados y una sensibilidad a los cambios de calidad en las condiciones fisicoquímicas del agua, como por ejemplo las variaciones en la presencia de nutrientes, de ciertos contaminantes químicos, a los niveles de eutrofización y de anoxia en las aguas o a los cambios de salinidad, turbidez o temperatura de la misma (Perez & Torres, 2019).

La ordenación y el manejo adecuado de las cuencas hidrográficas se entiende como “el proceso de planificación, permanente, sistemático, previsorio e integral adelantado por el conjunto de actores que interactúan en y con el territorio de una cuenca, conducente al uso y manejo de los recursos naturales de esta, de manera que se mantenga o restablezca un adecuado equilibrio entre el aprovechamiento social y económico de tales recursos y la conservación de la estructura y la función físico biótica de la cuenca” (Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo, 2014). La sostenibilidad ambiental de las cuencas depende de las actividades antrópicas que se presentan en ella. El agua se usa como insumo o como materia prima en los procesos productivos y toda o una parte de esta retorna al sistema. Los retornos de agua incluyen las pérdidas, los vertimientos y las descargas de agua turbinada (Espinosa Pujo, 2019).

Para esto, es fundamental hablar del concepto de la huella hídrica, el cual permite determinar los impactos de un proceso antrópico sobre el agua, respecto a la cantidad o la calidad, para lo cual se definen tres componentes del concepto: las huellas hídricas verde, azul y gris. Los dos primeros se relacionan con el impacto en la cantidad de agua y la huella hídrica gris se relaciona con el impacto sobre la calidad del agua (Espinosa Pujo, 2019).

Impactos antrópicos sobre cuencas hidrográficas.

Una de las actividades que afectan las fuentes hídricas es la ganadería, en Colombia según el ICA (Instituto Colombiano Agropecuario) la población bovina en el país está distribuida en

655.661 predios y totaliza 28.245.262 animales, lo cual representa un incremento de un 3,7%, respecto al año anterior. Al igual que el año anterior, el 68,0% del total de ganado bovino se concentra en los mismos diez departamentos, Antioquia (11,3%), Caquetá (7,9%), Meta (7,7%), Casanare (7,6%), Córdoba (7,6%), Santander (5,9%), Cundinamarca (5,3%), Magdalena (5,2%), Cesar (5,1%) y Bolívar (4,7%). En Colombia la actividad ganadera es de gran importancia para la economía rural y la oferta alimentaria del país (FEDEGAN, 2006). No obstante, ejerce una significativa presión sobre la biodiversidad, debido a los impactos directos que genera sobre los ecosistemas, especialmente en bosques de trópico bajo, bosques andinos, páramos y humedales (Ramírez et al., 2018)

Actualmente la ganadería en el país ocupa 38 millones de hectáreas del total del territorio nacional, buena parte de las cuales presenta algún nivel de degradación (Ramírez et al., 2018). En gran medida, esto se debe a que la decisión sobre el tipo de actividad a implementar en los terrenos no tiene en cuenta el impacto a largo plazo sobre el ambiente (Chará Orozco et al., 2008). La contaminación, el deterioro y la pérdida de biodiversidad de organismos acuáticos, son algunas de las consecuencias negativas de la producción ganadera tradicional. Esto se da porque los productores eliminan parcial o totalmente los bosques en la zona de captación de las microcuencas y los bosques ribereños (Chará Orozco et al., 2008). Cuando se pierde el bosque protector, se genera una serie de impactos en las microcuencas, entre los que se encuentran la compactación y el deterioro acelerado de suelos, la disminución de la calidad de agua, la pérdida de hábitat y de biodiversidad (Conservación Internacional Colombia, 2007; Hernández, Erazo, Ríos, & Benjumea, 2004). Además, desde las áreas de pastoreo fluyen agroquímicos, nutrientes, materia orgánica y sedimentos hacia las corrientes de agua (Gamboa, Reyes, & Arrivillaga 2008). Esto modifica las características físicas naturales de los

sistemas lóticos, genera pérdida de hábitats y deterioro de la calidad del agua lo que a su vez afecta a los organismos acuáticos (Ramírez et al., 2018).

Ecosistemas acuáticos y su fragilidad

Los sistemas acuáticos muestran niveles de adaptación y grados de resistencia, puesto que estos experimentan cambios moderados en sus propiedades por algún tipo de alteración externa o interna. Pero si esta alteración pasa de un límite no necesariamente el ecosistema vuelve a su estado inicial; porque la estabilidad temporal depende mucho de un balance específico de diversos factores. (Domínguez & Fernández, 2009). menciona que los ecosistemas son cambiantes de manera tanto periódica como circunstancial ante las perturbaciones, estos no son una excepción a este tipo de fenómenos, debido a que estos presentan mayor dinamismo y se muestran susceptibles a la modificación. Muchos de las perturbaciones que aquejan a estos tipos de ecosistemas son la extracción desmedida de estos cuerpos de agua, vertimiento de desechos inorgánicos y orgánicos, además la introducción de especies endémicas de la zona, este último con un grado elevado de peligrosidad, debido a que las especies locales pueden ser depredadas o desplazadas por competencia ecológica, incluyendo el contagio por enfermedades no existentes originalmente en el sitio; en caso que la contaminación y la afectación altere por largos lapsos al cuerpo acuífero tendrá daños que podrían ser irreversibles.

o 2.2 Marco conceptual

Generalidades de los macroinvertebrados acuáticos

Los macroinvertebrados acuáticos son los “grandes” desconocidos del medio continental. Son organismos no vertebrados que superan el tamaño de un milímetro. Los estudios de evaluación

de impacto ambiental (EIA), como en cualquier estudio faunístico, se centran en obtener la máxima información sobre la diversidad faunística existente en estos grupos. Cualquier alteración en los sistemas acuáticos continentales a escalas espaciales y temporales, sean ríos, lagos, humedales, charcas, etc., puede incidir sobre la presencia o frecuencia de aparición de la fauna de invertebrados (Ladrera et al., 2013).

Los grupos de macroinvertebrados que habitan en agua dulce muestran una gran variedad de adaptaciones, incluyendo importantes diferencias en sus ciclos de vida. Algunos grupos pasan todo, o casi todo, su ciclo de vida en el agua. Ejemplos incluyen chinches (*Hemiptera*), la mayoría de los escarabajos (Coleóptera; aunque la pupa es generalmente terrestre), crustáceos, moluscos, sanguijuelas y planarias. Por otro lado, los órdenes de insectos Ephemeroptera, Odonata, Plecoptera, Megaloptera, Trichoptera, Lepidoptera y Díptera tienen adultos terrestres. En muy pocos grupos, como Dryopidae (Coleoptera) y Nematomorpha, solo los adultos son acuáticos. El tiempo de desarrollo es altamente variable, dependiendo de la especie y de factores ambientales, como la temperatura del agua y la disponibilidad de alimento, y puede variar desde pocas semanas hasta varios años (Paul Hanson, Monika Springer, 2017).

Variación espacial de las comunidades acuáticas

El análisis de una comunidad acuática puede llevarse a cabo bajo distintos puntos de vista tanto estructurales como dinámicos. Estructuralmente, la comunidad se define por la variación de la riqueza y la abundancia de las especies y por su posición en un hiperespacio cuyas dimensiones son los factores del ambiente. La estructura presenta patrones de variación espacio-temporales que determinan la dinámica de la comunidad y los flujos de energía (Passuni, 2017)

En este orden de ideas, las comunidades de macroinvertebrados pueden variar en el tiempo y el espacio, pues su diversidad se relaciona con la concentración de nutrientes y productividad del ecosistema, teniendo mayor diversidad los sitios asociados con buena calidad del agua (Rosenberg & Harper Resh, 2013).

Durante los últimos años se han incrementado los trabajos dedicados a observar la influencia que tienen las variables tanto bióticas como abióticas sobre la organización de las comunidades de macroinvertebrados de los sistemas fluviales (Torres, 2015), sin embargo hasta el año 2018 la publicación de trabajos de investigación ha venido incrementando desde y son varias las revistas especializadas que publican en estos temas de investigación como se puede apreciar en la figura 1 y 2. En sistemas acuáticos, las comunidades han representado modelos atractivos para estudios de escala, niveles de organización, dinámicas regionales o locales, debido a su naturaleza discreta (López, 2016).

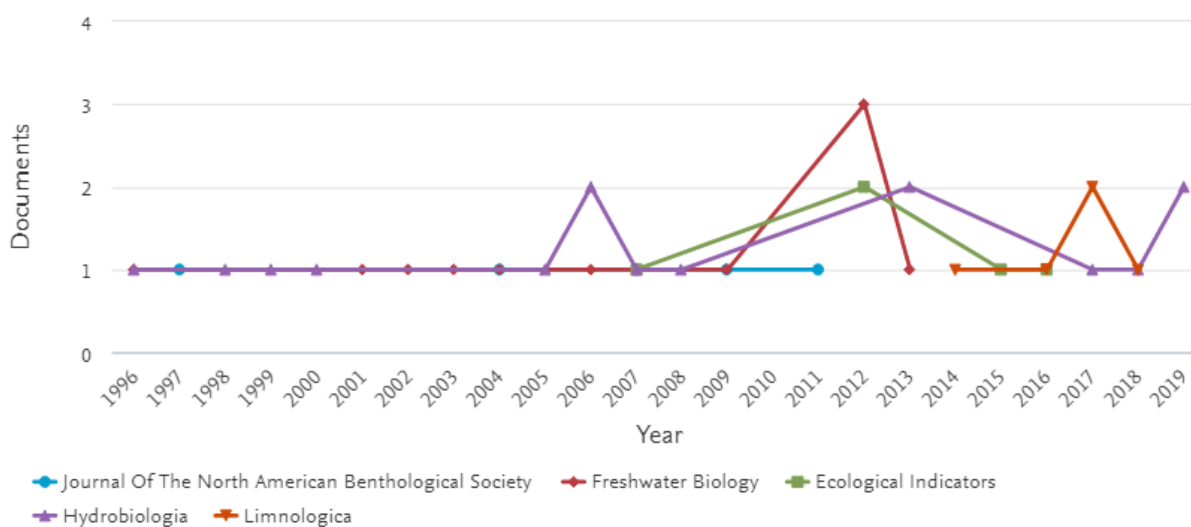


Fig. 1: Documentos publicados por fuente entre 1996-2019 en relación al tema de investigación

Fuente: Scopus®

Documents by year

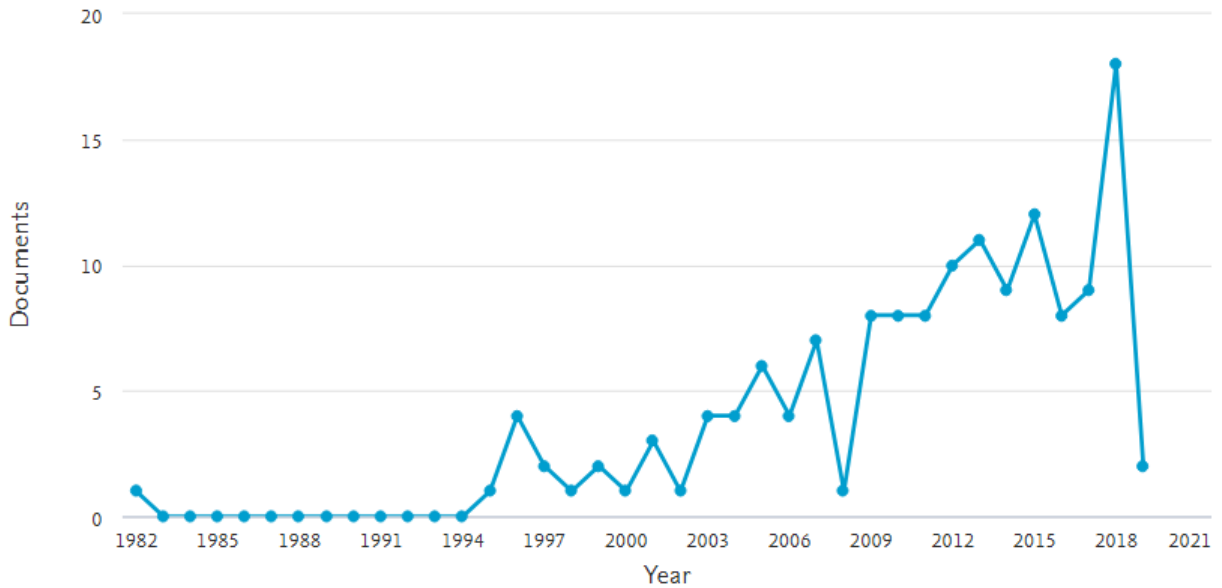


Fig. 2: Documentos que se publican por año en relación al tema de investigación

Fuente: Scopus®

Impactos ambientales en ecosistemas dulceacuícolas

Los seres humanos afectan los ecosistemas, por lo que es importante determinar las alteraciones que provoca en los servicios ambientales de las cuencas hidrológicas y los bosques. Los sistemas lóticos presentan una alta heterogeneidad ambiental, correspondiente con una alta biodiversidad acuática y ribereña, las cuales son fuente de muchos servicios ecosistémicos claves para el hombre y la biota. A pesar de su importancia, estos ecosistemas han sufrido grandes impactos antropogénicos (Menchaca Dávila & Alvarado Michi, 2011).

Una extensiva transformación del paisaje en las cuencas hidrográficas con consecuencias adversas para los ecosistemas acuáticos que se originan en ellas. Entre los impactos negativos de esta tendencia se incluyen la destrucción de bosques ribereños, la contaminación del agua, la pérdida de regulación de caudales y la modificación de los cauces, entre otros. Esta

transformación, dada principalmente por actividades agropecuarias, rompe las relaciones estructurales y funcionales entre los elementos del paisaje y la estabilidad de los ambientes acuáticos (Giraldo et al., 2014).

Como consecuencia de estas actividades, se observan pérdidas en la calidad del agua y de la biodiversidad acuática en función de la desestructuración del ambiente físico, químico y la alteración de la dinámica natural de las comunidades biológicas. Los principales procesos degradantes observados en función de las actividades humanas en las cuencas de drenaje son los asentamientos y la homogeneización del lecho de los ríos y los arroyos, el aumento de la diversidad de hábitats y microhábitats, así como la eutrofización artificial (enriquecimiento por altas concentraciones de fósforo y nitrógeno) (Barbour & Stribiling, 1993).

Ganadería: En Colombia la actividad ganadera es de gran importancia para la economía rural y la oferta alimentaria del país. La contaminación, el deterioro y la pérdida de biodiversidad de organismos acuáticos, son algunas de las consecuencias negativas de la producción ganadera tradicional en la zona andina y amazónica de Colombia. Esto se da porque los productores eliminan parcial o totalmente los bosques en la zona de captación de las microcuencas y los bosques ribereños. Cuando se pierde el bosque protector, se genera una serie de impactos en la microcuenca, entre los que se encuentran la compactación y el deterioro acelerado de suelos, la disminución de la calidad de agua, la pérdida de hábitat y de biodiversidad. Además, desde las áreas de pastoreo fluyen agroquímicos, nutrientes, materia orgánica y sedimentos hacia las corrientes de agua (Gamboa, Reyes, & Arrivillaga 2008), los cuales modifican las características físicas naturales de los sistemas lóticos, genera pérdida de hábitats y deterioro de la calidad de agua (Ramírez et al., 2018).

Agricultura: La contaminación de los recursos hídricos por nitrógeno se puede producir por fuentes de tipo puntual o difusa. En los casos de fuente de tipo puntual, la contaminación se

produce en un área localizada y restringida, tratándose normalmente de vertidos residuales o efluentes, en los que el usuario causante del daño normalmente está identificado. La contaminación difusa se produce por la lixiviación de nitrógeno desde superficie hacia los cuerpos de agua subterráneos y superficiales a través de un área muy amplia, en el que se identifican un gran número de usuarios como causantes de la misma. Así, la agricultura es una de las principales fuentes de contaminación difusa de los recursos hídricos por nitrógeno y fósforo (E. Silva & González, 2017).

Los procesos de transformación se inician con la destrucción de bosques en los que posiblemente desaparecen muchas especies de plantas y animales (Calle Díaz & Piedrahita López, 2018), y continúa con el cambio frecuente de sistemas productivos en los que predominan monocultivos, en especial de pasturas. Estas continuas transformaciones de cultivos y pasturas y el uso de agroquímicos ocasionan mayor perturbación del suelo y en la mayoría de los casos tienen consecuencias adversas para los ecosistemas (Giraldo et al., 2014).

Bosques y conservación: La desprotección de las riberas de los cursos de agua naturales en función de la sustitución de la vegetación nativa por plantaciones de especies forestales exóticas constituye una amenaza a la conservación de las propiedades ecológicas de las comunidades de organismos que viven en el fondo de arroyos y ríos que drenan las cuencas intervenidas (Marcelo Alejandro Sanhueza Ulloa, 2010). En las últimas décadas se ha producido un avance en la reforestación con especies exóticas, provocando cambios en la vegetación ribereña de algunos ríos y afectado directamente la productividad y flujo de energía en los ecosistemas acuáticos. Los bosques de ribera influyen en el grado de insolación sobre las aguas y el aporte del material alóctono (Barbour & Stribiling, 1993). La cantidad y la calidad del recurso alimenticio que aporta la vegetación de ribera con la hojarasca, determina la

disponibilidad de nutrientes para la comunidad de macroinvertebrados, por lo que afecta su riqueza y abundancia (Reece & Richardson, 1999).

Aguas residuales: La contaminación de ríos, arroyos, otras fuentes de agua o extensiones de tierra con aguas residuales industriales o domésticas (ARD) es un problema creciente. Para solucionar este inconveniente se han desarrollado técnicas de descontaminación que, en algunos casos, generan subproductos aprovechables como los lodos para uso agrícola. Las aguas residuales pueden tener diferentes conceptos para diferentes personas. (UNIVALLE, 2016).

Podemos definir las aguas residuales como: La combinación de uno o más elementos: efluentes domésticos que constan de aguas negras (excrementos, orina y lodos de depuración) y aguas grises (aguas residuales de cocinas y baños), el agua de los establecimientos comerciales e instituciones (incluidas los hospitales, efluentes industriales, aguas pluviales y otras escorrentías urbanas), de la agricultura, horticultura y de la acuicultura, ya sean disueltos o como materia en suspensión (Inclan, 2003).

Parámetros biológicos y ecológicos de la calidad del agua

La ventaja de utilizar a las comunidades biológicas para estudios ambientales consiste en que éstas reflejan la integridad del sistema (tanto química, física y biológica), e integra los efectos de diferentes factores de estrés y proporciona una medición de los impactos agregados. Aunque la bioevaluación puede ser usada para ayudar a localizar los impactos originales y su extensión, son necesarios incluir análisis fisicoquímicos y pruebas de toxicidad para confirmar las fuentes puntuales y desarrollar límites apropiados de descarga, lo cual conforma una evaluación integral del cuerpo de agua (Inclan, 2003). Análisis de la productividad del sistema (Ej. Biomasa, Concentración de clorofila *a* etc.), Pruebas de toxicidad (Ej. Bioindicador

Daphnia, Pruebas microtox con *Photobacterium phosphoreum*) y Uso de índices de diversidad (Ej. Índice Shannon Wiener, Simpson etc.).

- **Índice IBF (*Índice biótico de familias*):** Considera la diversidad de taxa indicadores (familias) y la abundancia de cada una de ellas. Entre las ventajas de utilizarlo están su bajo costo, es fácil de entender, posee alta sensibilidad a la calidad de agua y además el resultado que entrega es confiable ya que por medio de un cálculo matemático (fórmula) se obtienen los datos necesarios para poder clasificar las características ambientales (Carrion & Pérez, 2007).
- **Índice EPT (*Ephemeroptera, Plecóptera, Trichoptera*):** Se refiere a la presencia o ausencia de los órdenes Ephemeroptera, Plecóptera y Trichoptera en una comunidad biológica. En general, las especies de estos grupos de insectos son sensibles a las perturbaciones humanas (Paul Hanson, Monika Springer, 2017), de aquí su uso como indicadores en el cálculo del índice.
- **Índice BMWP (*Biological monitoring working party*):** Es un índice de fácil utilización y de aplicabilidad, las familias de los macroinvertebrados acuáticos se ordenan en 10 grupos siguiendo un gradiente de menor a mayor tolerancia a la contaminación. A cada familia se le hace corresponder una puntuación que oscila entre 10 y 1. Con este sistema de puntuación es posible comparar la situación relativa entre estaciones de muestreo (Alba Tercedor & Sánchez Ortega, 2008).

Parámetros fisicoquímicos

- El pH es un limitante para el desarrollo biológico en un río.
- El color del agua es ocasionado generalmente por la presencia de material colorante, existen dos tipos de color, el verdadero que es el que está presente en el agua después

de remover la materia suspendida y el color aparente que es el color verdadero más cualquier otro color que produzcan las sustancias en suspensión; Se expresa en unidades de color o unidades platino cobalto. (Sánchez Martínez, 2017).

- El fósforo es considerado como un parámetro crítico en la calidad del agua debido a su influencia en el proceso de eutrofización, de ahí la importancia de disponer de técnicas analíticas y de muestreo adecuadas para la determinación de la concentración de las diferentes especies que pueden estar disueltas en el agua, adsorbidas sobre partículas o asociadas con organismos acuáticos (Arboleda, 2000).
- Nitrógeno total: De acuerdo con el ciclo del Nitrógeno, una concentración alta de Nitrógeno orgánico es característica de una contaminación fresca o reciente, y por consiguiente de gran peligro potencial. Todo el Nitrógeno presente en compuestos orgánicos puede considerarse Nitrógeno orgánico. El contenido de Nitrógeno orgánico en un agua incluye el Nitrógeno de aminoácidos, aminas, polipéptidos, proteínas y otros compuestos orgánicos del Nitrógeno. El Nitrógeno amino de la mayoría de materiales orgánicos y el amoníaco libre son convertidos a amonio en presencia de H_2SO_4 , sulfato de potasio (K_2SO_4), y sulfato de Cobre II ($CuSO_4$) como catalizador. (IDEAM, 2007).
- Los Sólidos Suspendidos Totales (SST), se consideran como la cantidad de residuos retenidos en un filtro de fibra de vidrio con tamaño de poro nominal de 0.45 micras y hace referencia al material particulado que se mantiene en suspensión en las corrientes de agua superficial y/o residual. (Severiche et al., 2013)
- Sólidos sedimentables es la cantidad de material que sedimenta de una muestra en un período de tiempo. Pueden ser determinados y expresados en función de un volumen (mL/L) o de una masa (mg/L), mediante volumetría y gravimetría respectivamente. El método es aplicable a todo tipo de aguas. (Severiche et al., 2013)

- Las grasas y aceites son compuestos orgánicos constituidos principalmente por ácidos grasos de origen animal y vegetal, así como los hidrocarburos del petróleo. Las sustancias grasas se clasifican en grasas y aceites. Teniendo en cuenta su origen, pueden ser animales o vegetales. (Toapanta, 2009)
- La demanda bioquímica de oxígeno (DBO) es una medida del oxígeno que usan los microorganismos para descomponer el agua. Si hay una gran cantidad de desechos orgánicos en el agua, también habrá muchas bacterias presentes trabajando para descomponer este desecho, elevando la DBO. Conforme el desecho es consumido o dispersado en el agua, los niveles de la DBO empezarán a bajar. Generalmente, cuando los niveles de la DBO son altos, hay una reducción en los niveles de OD. (Carrion & Pérez, 2007).
- La evaluación del oxígeno disuelto (OD) en todo sistema de agua natural, es de importancia fundamental para conocer la distribución de organismos en los océanos, para los estudios de descomposición de materia orgánica y para la de productividad de los mismos. (INVEMAR, 2003)

o **2.3 Marco contextual**

El estudio se llevó a cabo en la microcuenca perteneciente al Río Rumiyaco ubicado en inmediaciones de la vereda Rumiyaco con coordenadas 1°07'5,40" N, 76°40'17" O. Cuenta con un área de 5.921,7 hectáreas, una longitud de 19,5 Km, forma alargada con pendientes entre 3 y más de 60% con un tipo de drenaje subdendrítico y con un caudal promedio aproximado de 9 m³/s.

Teniendo en cuenta los postulados de Holdridge, las condiciones climáticas de la zona de estudio abarcan: Bosque muy húmedo premontano (bmh-Pm), localizado entre los 1000 y 2000 msnm con precipitaciones anuales de 4979 mm y una temperatura promedio de 27°C. Su altura abarca rangos de elevación desde los 540 m.s.n.m en confluencia con el río Mocoa hasta su nacimiento sobre los 2000 m.s.n.m. (Fig.3). Lluve durante todo el año y por tanto no presenta una temporada seca definida. Sin embargo, durante los meses de enero, febrero, octubre, noviembre y diciembre, las lluvias registraron un descenso moderado en sus volúmenes, en comparación con el resto del año. La humedad relativa del aire superó el 75%. Los usos del suelo de la zona se caracterizaron por la siembra de cultivos de caña, yuca, y banano. Así mismo se practica pesca deportiva y turismo en la parte baja de la microcuenca.

nacionales y municipales que permiten el desplazamiento y arribo de los visitantes en medios de transporte individual y colectivos con un recorrido de 3 Km aproximadamente (CORPOAMAZONIA, 2015).

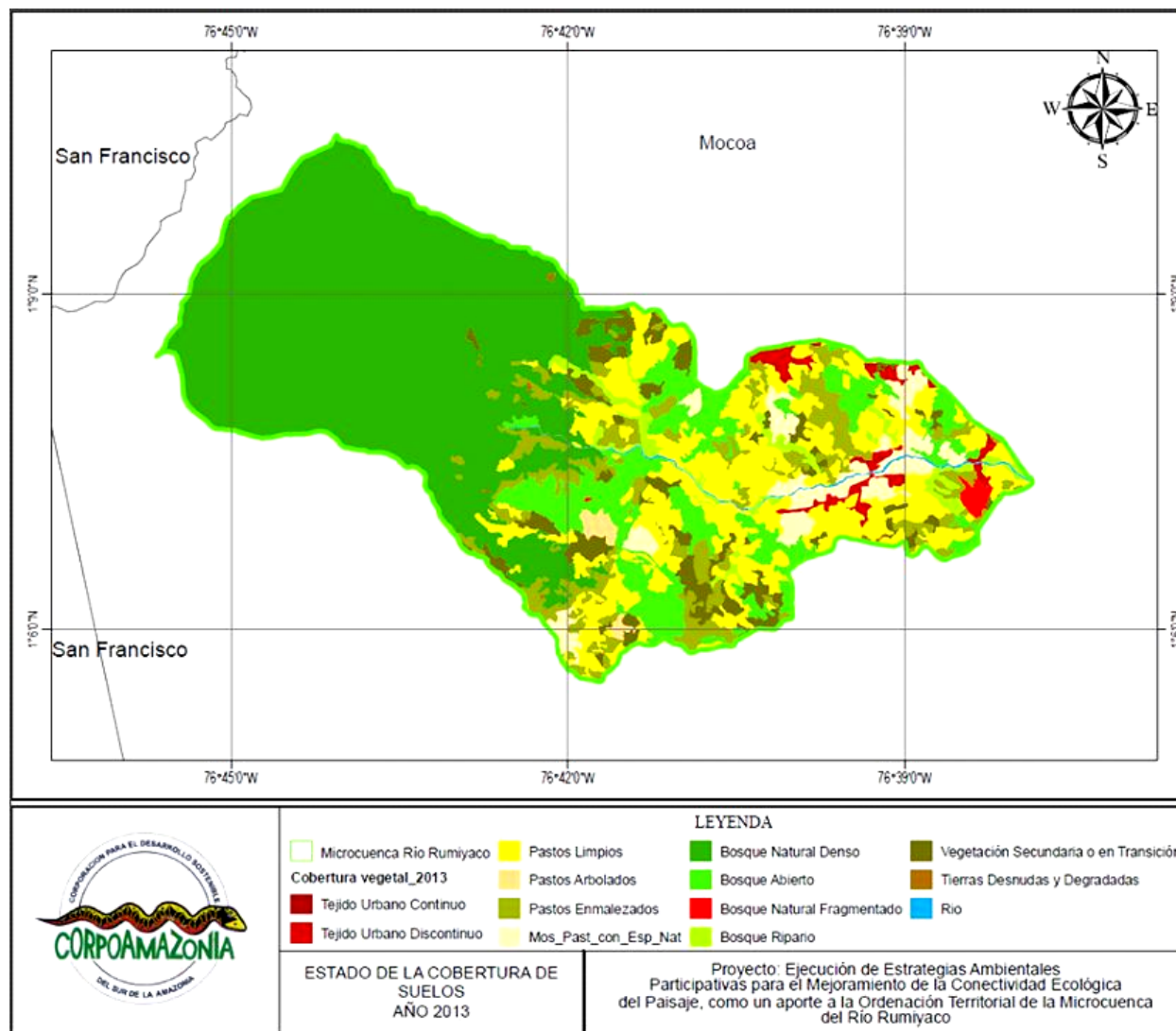


Fig. 4: Cobertura uso de suelos microcuenca río Rumiayaco

Fuente: CORPOAMAZONIA

○ 2.4 Marco legal

Tabla 1: Normativa

Normatividad	Concepto
Decreto No. 2811 de 1974	Por el cual se dicta el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente. La preservación y manejo de los recursos naturales renovables también son de utilidad pública e interés social.
Decreto No. 1594 de 1984	Por el cual se reglamenta parcialmente el Título I de la Ley 09 de 1979, así como el Capítulo II del Título VI - Parte III - Libro II y el Título III de la Parte III Libro I del Decreto 2811 de 1974 en cuanto a usos del agua y residuos líquidos.
Ley No. 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 No. 1729 de 2002	El carácter de especial protección de las zonas de páramos, subpáramos, nacimientos de aguas y zonas de recarga de acuíferos, por ser consideradas áreas de especial importancia ecológica para la conservación, preservación y recuperación de los recursos naturales renovables.
Decreto No. 3930 de 2010	El presente decreto establece las disposiciones relacionadas con los usos del recurso hídrico, el Ordenamiento del Recurso Hídrico y los vertimientos al recurso hídrico, al suelo y a los alcantarillados.
Decreto No. 1640 de 2012	Por medio del cual se reglamentan los instrumentos para la planificación, ordenación y manejo de las cuencas hidrográficas y

	acuíferos, y se dictan otras disposiciones. CONSIDERANDO: Que el artículo 79 de la Constitución Política de Colombia establece que "Todas las personas tienen derecho a gozar de un ambiente sano.
Decreto No. 1076 de 2015	El Decreto 1076 de 2015 fue expedido por el Presidente de la República y su objetivo es compilar y racionalizar las normas de carácter reglamentario que rigen el sector Ambiente.
Decreto No. 2245 de 2017	Por el cual se reglamenta el artículo 206 de la Ley 1450 de 2011 y se adiciona una sección al Decreto 1076 de 2015, Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible, en lo relacionado con el acotamiento de rondas hídricas.
Resolución No. 0974 de 2007	Conforme a lo dispuesto en el literal a) del artículo 5° del Decreto 1900 de 2006, se establece el 10% del valor total de la inversión, como el porcentaje que debe destinarse para la elaboración del Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca Hidrográfica.
Resolución No. 0509 de 2013	Por la cual se definen los lineamientos para la conformación de los Consejos de Cuenca y su participación en las fases del Plan de Ordenación de la Cuenca y se dictan otras disposiciones.
Resolución No. 1907 de 2013	Por la cual se expide la Guía Técnica para la formulación de los Planes de Ordenación y Manejo de Cuencas Hidrográficas.
Resolución No. 0631 de 2015	Por la cual se establecen los parámetros y los valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos de aguas superficiales y a los sistemas de alcantarillado público y se dictan otras disposiciones.

3. Objetivos

o 3.1 Objetivo general

Analizar los efectos del impacto antrópico sobre la diversidad de macroinvertebrados acuáticos asociados a la microcuenca del río Rumiyaco en el municipio de Mocoa, departamento del Putumayo.

o 3.2 Objetivos específicos

- Diagnosticar los usos del suelo agrícola, ganadero y puntos de vertimiento de aguas residuales en la microcuenca del río Rumiyaco.
- Determinar variaciones en las propiedades biológicas y fisicoquímicas del agua como parámetro de calidad en los sitios impactados de la microcuenca del río Rumiyaco.
- Evaluar la diversidad de macroinvertebrados acuáticos asociados a los sitios impactados de la microcuenca del río Rumiyaco.

4. Metodología

El proyecto se llevó a cabo en Mocoa, Putumayo, más exactamente en la microcuenca del Río Rumiyaco (1° 7' 13" N, 76° 40' 43" W) que comprende las veredas San Luis de Chontayaco, Los Andes, Villanueva y Rumiyaco y se encuentran a la salida de la ciudad que traslada a el departamento de Nariño.

En estas veredas en las zonas aledañas a la microcuenca del río Rumiyaco, se diagnosticó los usos del suelo agrícola, ganadero y puntos de vertimiento de aguas residuales en la microcuenca y se llevó a cabo la siguiente metodología para uso agrícola y ganadero.

Suelo para uso agrícola y ganadero

La sustentabilidad implica no sólo que la agricultura ofrezca un suministro confiable de alimentos, sino también que su impacto ambiental, socioeconómico y para la salud humana se reconozca y administre como parte de los planes nacionales de desarrollo. Es bien sabido que el sector agrícola es el principal usuario de recursos de agua dulce, pues utiliza un promedio mundial del 70% de toda la disponibilidad de agua superficial. Para el diagnóstico de los usos del suelo en la microcuenca, se tuvo en cuenta la metodología desarrollada por (Ingrid Alexandra Rivera Díaz, Jannis Johana Medina Ramos, Lizeth Espinosa Ramirez, 2014) para la determinación de los suelos impactados por agricultura como se puede apreciar en la Tabla 2.

Para los usos del suelo ganadero, el estudio se dividirá en dos etapas, la primera correspondiente a trabajo de campo donde se realizará el reconocimiento de los predios en inmediaciones de la microcuenca y la identificación de las áreas a evaluar donde se evidencie el impacto antrópico generado por la influencia directa de ganadería (sin vegetación leñosa ribereña y entrada frecuente del ganado a beber agua). Para la selección de los sitios se tendrá en cuenta que el área de captación de las microcuencas se encuentre dominada por matrices

de pasturas y que los arroyos no reciban contaminación puntual por factores diferentes a los generados por la ganadería.

Así mismo, se describe mediante encuestas y listas de chequeo el levantamiento de la información que corresponde a los predios ubicados en inmediaciones de la microcuenca como se detalla a continuación:

Tabla 2: Metodología para análisis del uso del suelo

	ACTIVIDADES	HERRAMIENTAS
Fase de documentación	Revisión bibliográfica primaria y secundaria	Textos bibliográficos, artículos, informes y trabajos de grado
	Identificación uso del suelo	Fotografías aéreas, imágenes de satélite e imágenes obtenidas en Google Earth Pro.
	Revisión de la normatividad	Políticas (EOT), Protocolos de muestreo, reglamentaciones y resoluciones principales
	Diseño de instrumentos de recolección de información	Diseño de encuestas y determinación de la muestra (Ver Tabla 3)
Fase de campo	Reconocimiento e identificación de puntos de muestreo y diferentes usos del suelo	Visita y salidas de campo (antes y después de la fase de procesamiento de información)
	Restauración básica de información recopilada en campo con la obtenida por fuentes secundarias como la cartografía e imágenes de satélite	Encuestas a la población y administración municipal

	Sistematización de resultados y caracterización usos del suelo	Construcción matriz de datos teniendo en cuenta las variables que se determinan en campo y la implementación de técnicas cartográficas.
	Toma de muestras	Puntos de verificación identificados en fotografías, imágenes de satélite; imágenes obtenidas en google earth; siguiendo protocolos de muestreo establecidos por la NTC 3656/1994
Fase de procesamiento e información	Sistematización resultados y caracterización usos del suelo	Matrices de datos
	Organización de datos de encuestas	Sistematización de encuestas (gráficos estadísticos)
Fase experimental	Análisis de suelo en laboratorio de agua y suelos (Instituto tecnológico del Putumayo)	Identificación de propiedades fisicoquímicas (se tomaron muestras de suelo, las cuales corresponden a puntos diferentes de la microcuenca; se identificaron textura, pH, porcentaje de humedad, conductividad, bases intercambiables (Calcio, magnesio, sodio,); Metales (Cobre, hierro, Zinc); Fósforo, Nitrógeno y materia orgánica
	Cruce y comparación de datos	Triangulación de información primaria y secundaria
		Análisis de decisiones a partir de los resultados obtenidos en las fases anteriores
	Análisis de resultados, estudio de mapas intermedios	Mapa de conflicto de usos del suelo

Formulación de estrategias	Se determinaron estrategias ambientales	Se formularon programas de uso y manejo del suelo
-----------------------------------	---	---

Puntos de vertimiento agua residual

Para el desarrollo del objetivo de determinar variaciones en las propiedades biológicas y fisicoquímicas del agua como parámetro de calidad en los sitios impactados de la microcuenca del río Rumiyaco, posterior a las visitas de reconocimiento en el área de estudio, se definió un plan de trabajo teniendo en cuenta las siguientes actividades:

- **Recopilación y análisis de información secundaria:** Recopilación y revisión de la información secundaria evidenciada en la bibliografía, así mismo se realizó un análisis cartográfico con la información relacionada a los estudios que se implementaron para caracterizar la zona del proyecto, los sistemas desarrollados, sistemas de tratamiento existentes, las características del recurso hídrico, del suelo, análisis de calidad de agua para la fuente receptora, tipo de tanques sépticos instalados, fabricantes, diseños implementados etc. Se estudió la cartografía de la zona para delimitar la porción de la microcuenca objeto de estudio. Se identificaron los principales afluentes en la zona estudiada, así mismo las líneas divisorias que definen la red hidrográfica. Con este plano y ayudados de una imagen satelital descargada de Google Earth Pro, se seleccionaron en primera instancia las viviendas que se localizan en la microcuenca y que fueron objeto de visita.
- **Inventario puntos de vertimiento de aguas residuales domésticas (A.R.D):** Con la cartografía de la zona de estudio y las imágenes satelitales se

realizó las visitas técnicas a las viviendas localizadas a lo largo de la microcuenca y se realizó una entrevista dirigida a los habitantes de cada vivienda.

Las encuestas para levantamiento de datos se presentan en la tabla 3 (Anexos).

Para la evaluación de la diversidad de macroinvertebrados acuáticos asociados a los sitios impactados de la microcuenca del río Rumiyaco, se llevó a cabo la siguiente metodología:

Muestreo de macroinvertebrados acuáticos y parámetros fisicoquímicos

Teniendo en cuenta los tratamientos ya mencionados en el presente documento: *Puntos de vertimiento de aguas residuales*, uso de *suelo ganadero* y uso de *suelo agrícola* a lo largo del cauce principal del río Rumiyaco y quebradas tributarias se seleccionaron tramos de 100 m paralela al flujo de la corriente. En este transecto se seleccionaron cinco puntos de muestreo cada 10 metros para coleccionar individuos que viajan a la deriva por las corrientes de agua. Para este muestreo se utilizó una *Red Surber* con área 0.1 m² y 500 µm de apertura de malla, para poder calcular el tamaño del área muestreada y así poder conocer cuántos organismos se coleccionaron por m² y de qué clases. En varios trabajos de investigación donde se evalúan los efectos del área y el diseño de muestreo (Tomanová S *et al.*, 2005) se ha documentado que la red *Surber cuadrangular abierta* no es adecuada para la evaluación cuantitativa de las comunidades de macroinvertebrados cuando se utiliza en hábitats de corriente rápida ya que los organismos tienden a escapar al variar los flujos en el interior de la red, por lo tanto se diseñó una *surber triangular Kubiček cerrada* con un área entre 0,08 y 0,1 m² ya que el agua que pasa a través de los lados frontales de esta red producen un flujo central en el área de muestra (malla) que mejora la eficiencia para atrapar los organismos y por lo tanto aumentar la composición taxonómica (Fig. 5).

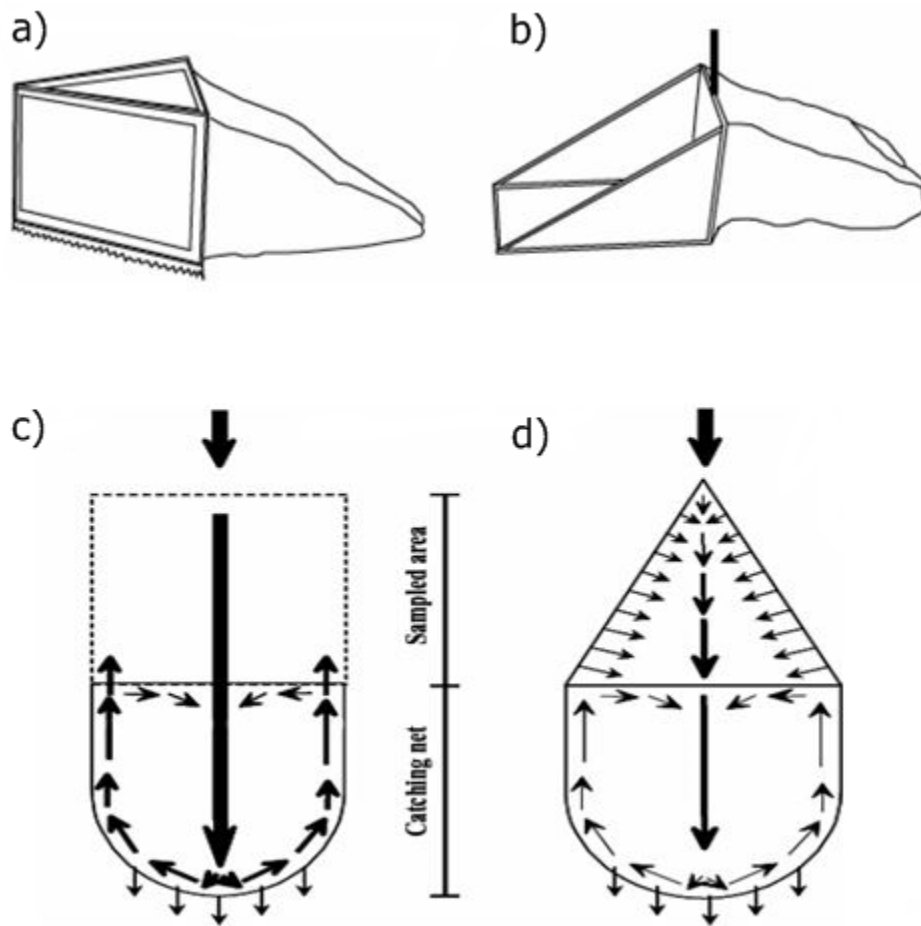


Fig. 5: Parte superior: Diseño de las redes Surber a) Kubíček triangular cerrada b) Red surber cuadrangular abierta; Parte inferior: Direcciones de flujo en c) Surber cuadrangular d) Kubíček triangular cerrada (Vista superior). El ancho de las flechas es proporcional a la potencia de flujo. Cortesía: (L. C. Silva et al., 2005) *Qualitative and quantitative benthic macroinvertebrate samplers in Cerrado streams: a comparative approach*.

Se tomaron muestras con una red D-net en 20 puntos distribuidos en la orilla del río. El uso fue intensivo hasta cubrir el área representativa del lugar del muestreo. Para aumentar el esfuerzo de muestreo en los sustratos se colectaron las larvas de los individuos utilizando una *red de pantalla o red de mano*. Este procedimiento se repitió por lo menos tres veces o hasta que se

cubrió un área de unos 6 m² aproximadamente, según lo establecido por (Roldán Pérez Gabriel, 1999)

La colecta manual de individuos se llevó a cabo mediante el levantamiento de rocas, ramas sumergidas y troncos en donde se encuentran adheridos los organismos, esto se realizó utilizando pinzas de aluminio y con la ayuda de pinceles con el fin de no dañar las estructuras externas de los organismos.

Con base en la sistematización del protocolo de muestreo, se realizó una curva de acumulación de especies para estimar la tasa a la que nuevas especies se encuentran, esto con el objetivo de planificar el esfuerzo de muestreo que se debe invertir en el trabajo de investigación.

Las muestras se fijaron en alcohol (70%) y se llevaron al laboratorio de calidad de aguas del Instituto tecnológico del Putumayo, donde se realizó la posterior separación de los individuos presentes, para su identificación taxonómica. Para la determinación taxonómica de los especímenes hasta género y/o morfotipo se emplearon las claves de (Domínguez & Fernández, 2009), (Gabriel Alfonso Roldán Perez, 1996), (Spangler & Fragoso, 1992) y Merritt & Cummins (1996). Los problemas de taxonomía no deben ser un problema de disuasión en este trabajo. Estudios basados en índices de diversidad y en índices bióticos con macroinvertebrados, la identificación a nivel de familia / género son suficientemente robustos (Mason, 1991).

Por otro lado, en los puntos del transecto (0, 50 y 100 m) se evaluaron las siguientes características abióticas de los cauces: profundidad promedio, ancho del cauce, ancho del banco y se estimaron visualmente las proporciones de tipos de sustrato y de patrones de la corriente. Además, se tomaron muestras puntuales de agua para realizar análisis de parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos, los cuales incluyeron: turbidez, sólidos totales disueltos, pH, demanda bioquímica de oxígeno (DBO), sulfatos, nitrógeno amoniacal, nitritos,

nitratos, fósforo, coliformes fecales y totales. Las muestras fueron enviadas al Laboratorio de aguas y suelos del Instituto tecnológico del Putumayo. Otros parámetros como oxígeno disuelto, temperatura y conductividad serán medidos en campo utilizando un equipo multiparámetro especializado.

Análisis estadístico

Para identificar las diferencias mínimas significativas entre la diversidad y el efecto de los impactos antrópicos, se realizaron diagramas de barras para datos agrupados en el software estadístico SPPSS versión 25.0 para las variables explicativas tipo de impacto y el efecto sobre la diversidad/composición de macroinvertebrados, posteriormente se probaron los supuestos de distribución normal de los datos con el índice Shapiro Wilk. Finalmente se realizaron tablas ANOVA a dos vías de muestras independientes para comparación de medias en muestras independientes y prueba de comparaciones múltiples. Como técnicas multivariante ACP (Análisis de componentes principales) y análisis de similitud para entender como diversas taxa responden simultáneamente a factores externos como las variaciones ambientales ocasionadas por dichos impactos.

Vale la pena mencionar que para el análisis de los parámetros fisicoquímicos la toma de muestras se realizó en base a la metodología propuesta por el (IDEAM, 2007), en el protocolo para el monitoreo y seguimiento del agua. Así mismo se tuvieron en cuenta los lineamientos establecidos en la NTC-ISO 5667-06 (ICONTEC, 1996) la cual establece la guía de muestreo de aguas de ríos y corrientes. La toma de datos in-situ se realizó por medio de equipo multiparámetro y análisis colorimétrico facilitado por el laboratorio de Agua y suelos del Instituto

tecnológico del Putumayo. Estos se calibraron antes de cada uso. En campo los electrodos de medición se protegieron y se lavaron con agua destilada después de cada uso.

Las muestras que se recolectaron fueron debidamente rotuladas, conservadas a temperatura máxima de 4°C y transportadas en neveras de poliestireno expandido (icopor), siguiendo los lineamientos de la norma técnica colombiana NTC-ISO 5667-3 (ICONTEC, 2004). Para la DBO5 se utilizaron frascos plásticos de polipropileno de 2000 ml de capacidad (IDEAM, 2007) los cuales se purgaron con agua del afluente (3 o 4 veces), previo a proceder a la toma de muestra; para los coliformes totales se utilizó un recipiente de vidrio (previamente esterilizado) con una capacidad no menor a 100 ml con preservante (tiosulfato de sodio y/o EDTA) en caso de requerirlo (IDEAM, 2007).

5. Resultados

Recolección de información

El diagnóstico de los usos de suelo agrícola y ganadero se realizó según la metodología desarrollada por (Ingrid Alexandra Rivera Díaz, Jannis Johana Medina Ramos, Lizeth Espinosa Ramirez, 2014), en el cual tenemos que después de una revisión bibliográfica y recolección de datos por medio de salidas de campo además de imágenes satelitales obtenidas desde Google Earth Pro. Se diseñaron encuestas para recopilar información sobre las actividades ganaderas y de agricultura cercanas a la microcuenca del río Rumiyaco que se pueden ver en los anexos de este documento.

A partir de estas salidas de campo e investigación por medio de las encuestas realizadas a los habitantes de las veredas San Luis de Chontayaco, Los Andes, Villanueva y Rumiyaco se obtuvo la siguiente información:

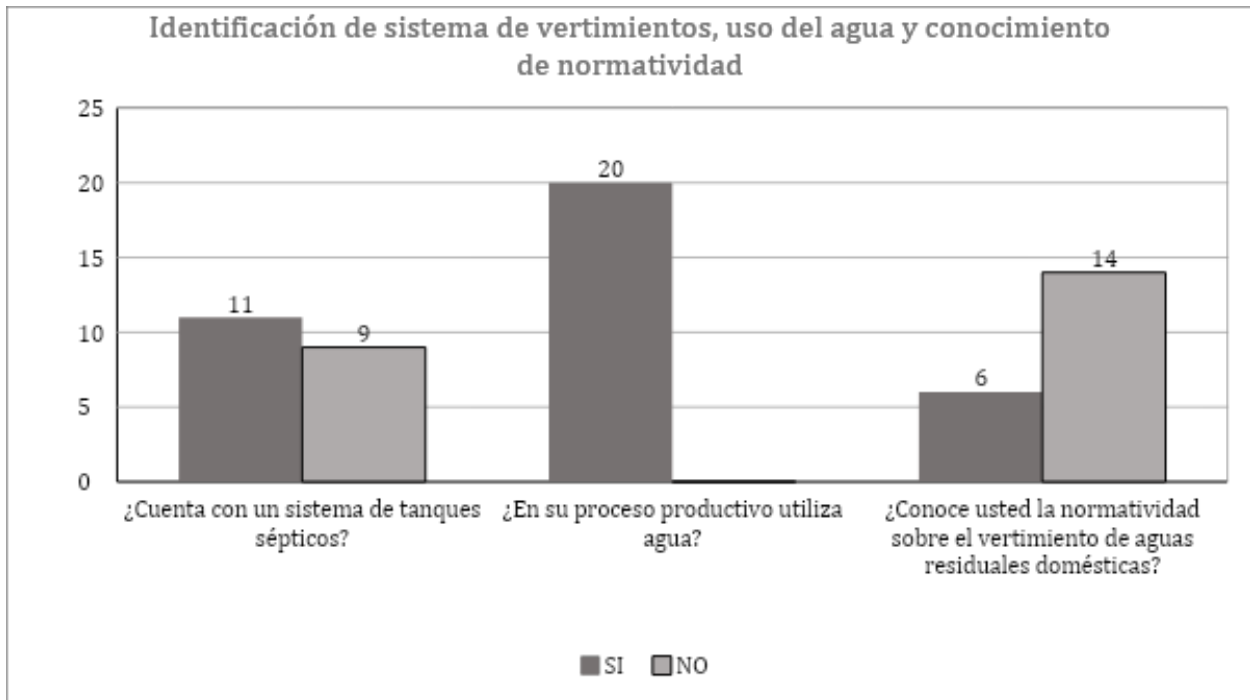


Fig. 6: Identificación de sistema de vertimientos, uso del agua y conocimiento de normatividad

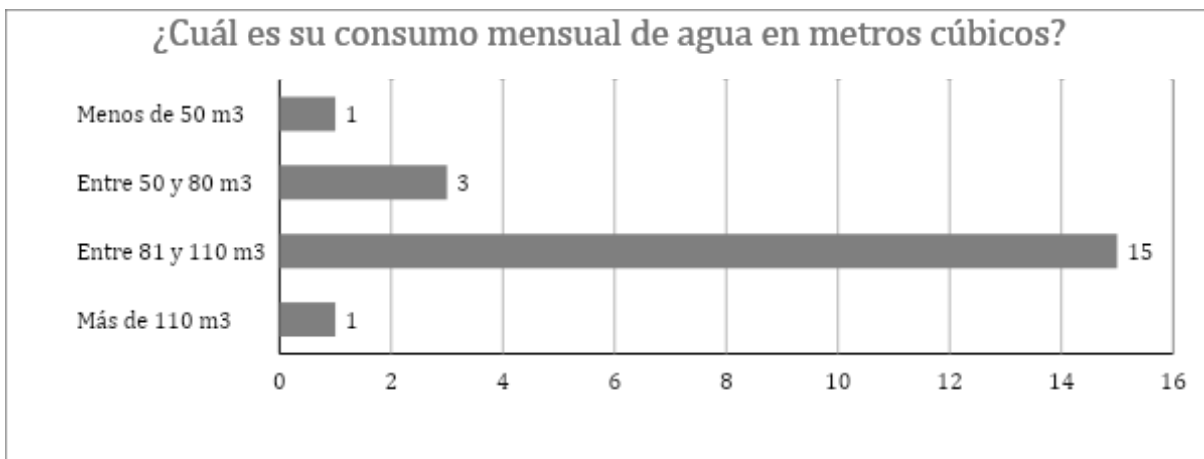


Fig. 7: ¿Cuál es su consumo mensual de agua en metros cúbicos?

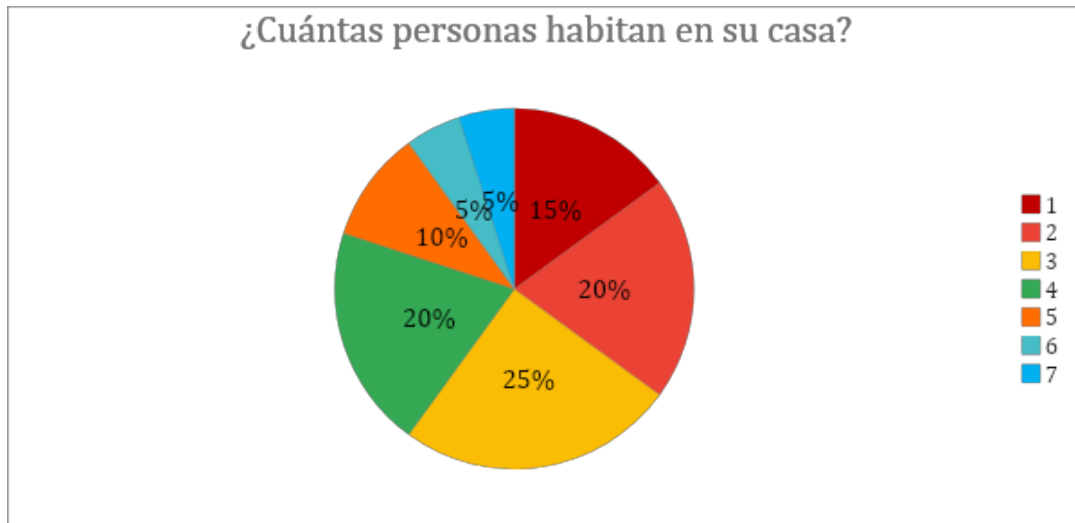


Fig. 8: ¿Cuántas personas habitan en su casa?

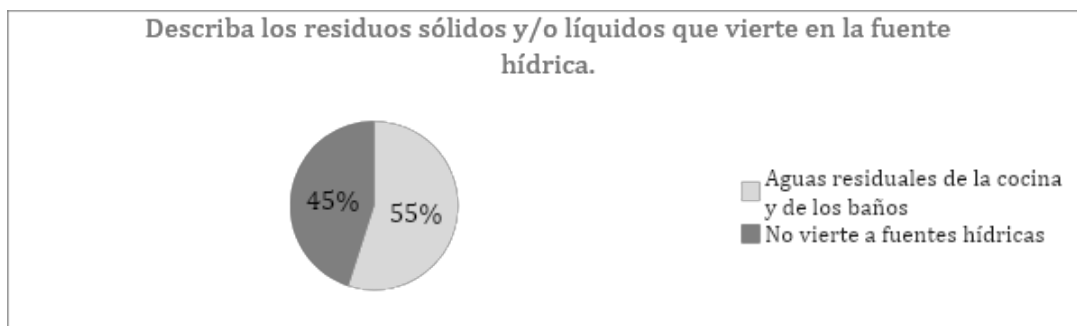


Fig. 9: Describe los residuos sólidos y/o líquidos que vierte en la fuente hídrica.

Identificación de impactos por Matriz EPM de Arboleda

En las salidas de campo que se realizaron pudimos evidenciar la magnitud de los impactos por ganadería y agricultura presentes en zona ribereña de la microcuenca del río Rumiayaco, que abarca las veredas San Luis de Chontayaco, Los Andes, Villanueva y Rumiayaco. Para el diagnóstico de los impactos que se pudieron evidenciar en la microcuenca se realizó unas matrices de EMP de Arboleda que según (Corantioquia, 2022), que como primer paso se debe hacer una desagregación del proyecto en componentes, como segundo paso se hace una identificación de los impactos que para ello utiliza diagrama de redes para cada componente del proyecto con la siguiente estructura:



Fig. 10: Estructura para identificación de impactos

ACCIÓN: Conjunto de actividades, laborales o trabajos necesarios para la ejecución, construcción o puesta en operación de un componente.

EFECTO: Proceso físico, biótico, social, económico o cultural que puede ser activado, suspendido o modificado por una determinada acción del proyecto y que puede producir cambio o alteraciones en las regulaciones que gobiernan la dinámica de los ecosistemas. Pe, Deterioro de la red vial, Producción de sedimentos, Cambio del nivel freático, Fraccionamiento de refugios faunísticos, aceleración de procesos erosivos, etc.

IMPACTO: Cambio neto o resultado final que se produce en alguno de los elementos ambientales por causa de los cambios generados por una determinada acción del proyecto. Pe, reducción de disponibilidad de aguas, Contaminación del agua, etc.

Y por último se hace la evaluación de impactos con los respectivos criterios de calificación según la matriz.

- **CLASE (C):** sentido del cambio ambiental producido. puede ser positiva o negativa.
- **PRESENCIA (P):** Probabilidad (posibilidad) de que el impacto pueda darse el impacto
- **DURACIÓN (D):** Periodo de existencia activa del impacto.
- **EVOLUCIÓN (E):** Velocidad de desarrollo del impacto, desde que inicia hasta que se manifiesta con todas sus consecuencias.
- **MAGNITUD (M):** Califica la dimensión o tamaño del cambio ambiental producido por una actividad. Los valores de magnitud absoluta, se transforman en términos de magnitud relativa (Mr) por medio de cualquiera de las siguientes formas: Comparando el valor del elemento ambiental con y sin proyecto o por medio de funciones de transformación.

Teniendo en cuenta esto se realizó las matrices de los impactos de agricultura, ganadería y los vertimientos de aguas residuales.

Agricultura en la Microcuenca del río Rumiayaco

Como primera matriz tenemos la de agricultura que se pudo evidenciar en gran medida impactos negativos que afectan a los diferentes componentes de los ecosistemas que ahí yacen.

Tabla 3: Matriz Arboleda EPM_Río Rumiayaco_Agricultura

Matriz Arboleda EPM_ Río Rumiayaco_Agricultura										
Medio	Componente	Impacto Ambiental/Actividad	Criterios de evaluación					Calificación ambiental		Importancia impacto ambiental
			Clase	Presencia	Evolución	Duración	Magnitud	Negativo	Positivo	
Físico	Recurso suelo	Cambios en el uso del suelo	N (-)	0,7	0,8	1	0,99	-5,9808		Significativo o relevante
		Agricultura extensiva	N (-)	0,7	0,8	0,9	0,8	-5,026		Significativo o relevante
		Construcción de infraestructura	N (-)	0,1	0,4	0,4	0,4	-0,232		Poco significativo o irrelevante
	Recurso hídrico	Contaminación por aguas residuales	N (-)	0,7	0,9	0,7	1	-5,88		Significativo o relevante
		Pérdida de cobertura vegetal	N (-)	0,7	0,9	1	0,8	-5,628		Significativo o relevante
		Aumento de uso del recurso hídrico del acueducto	N (-)	0,6	0,7	1	1	-4,74		Moderadamente significativo

Biótico	Fauna y flora	Tala y quema de bosques	N (-)	0,4	0,6	0,7	0,8	-2,184		Poco significativo o irrelevante
		Deforestación por monocultivos	N (-)	0,7	0,8	0,7	0,8	-4,606		Moderadamente significativo
		Perdida de flora endémica	N (-)	0,3	0,7	0,7	0,8	-1,806		Poco significativo o irrelevante
		Reducción de fauna endémica	N (-)	0,3	0,7	0,8	0,8	-1,896		Poco significativo o irrelevante
		Alteración en la calidad del hábitat	N (-)	0,7	0,7	0,8	0,8	-4,424		Moderadamente significativo
Socioeconómico	Social	Falta de comunicación en la comunidad para toma de decisiones	N (-)	0,5	0,6	0,4	0,8	-2,28		Poco significativo o irrelevante
	Económica	Alteración de las propiedades y el uso del suelo	N (-)	1	0,8	1	0,8	-7,48		Muy significativo o relevante
		Demanda de bienes y servicios	N (-)	0,7	0,8	0,7	1	-5,39		Significativo o relevante
		Generación de empleo	P (+)	0,7	0,8	1	0,6		4,452	Moderadamente significativo
	Cultura	Vías de acceso en mal estado	N (-)	1	0,6	0,7	0,6	-4,62		Moderadamente significativo
		Prácticas de educación ambiental	P (+)	0,3	0,6	0,5	0,6		1,206	Poco significativo o irrelevante

Como podemos observar en la gráfica nos identifica los impactos según la calificación ambiental de la matriz nos indica el grado en el que se encuentran cada uno de estos según gravedad ocurrente en la microcuenca del río Rumiayaco, con respecto al recurso suelo se puede evidenciar que hay un impacto significativo es decir que se está viendo afectado por los cambios en el uso del suelo de ganadería como de agricultura extensiva, en comparación a la construcción de infraestructura. Ahora bien, el recurso hídrico, con relación a la contaminación por aguas residuales y pérdida de cobertura vegetal, están significativamente impactados esto se debe a que la comunidad que se asienta en las veredas ya mencionadas, pues aunque la mayoría cuenta con pozo séptico hay aun contaminación por aguas residuales domésticas y de los establecimientos de recreación cercanos en gran mayoría ubicados en la zona baja de la microcuenca, por otro lado, el aumento del uso del recurso hídrico del acueducto, no presenta afectaciones esto se da porque la bocatoma como tal da cobertura de agua a una comunidad pequeña.

La fauna y flora, los impactos más evidentes se ven en tala y quema de bosques, pérdida de flora endémica y reducción de fauna endémica, ya que la contaminación y las acciones antrópicas son entes principales que generan impactos a este componente, aunque no es tan susceptible a daños graves, es propenso a impactos leves, aunque aun así existe el desplazamiento de fauna endémica del municipio por estas actividades.

En el componente social, la falta de comunicación en la comunidad en la toma de decisiones, el impacto es poco significativo ya que a pesar de que algunos de los habitantes de estas veredas nos comentan sus indiferencias con los líderes de estas, se ha visto que lograron algunos beneficios, aunque sean pocos.

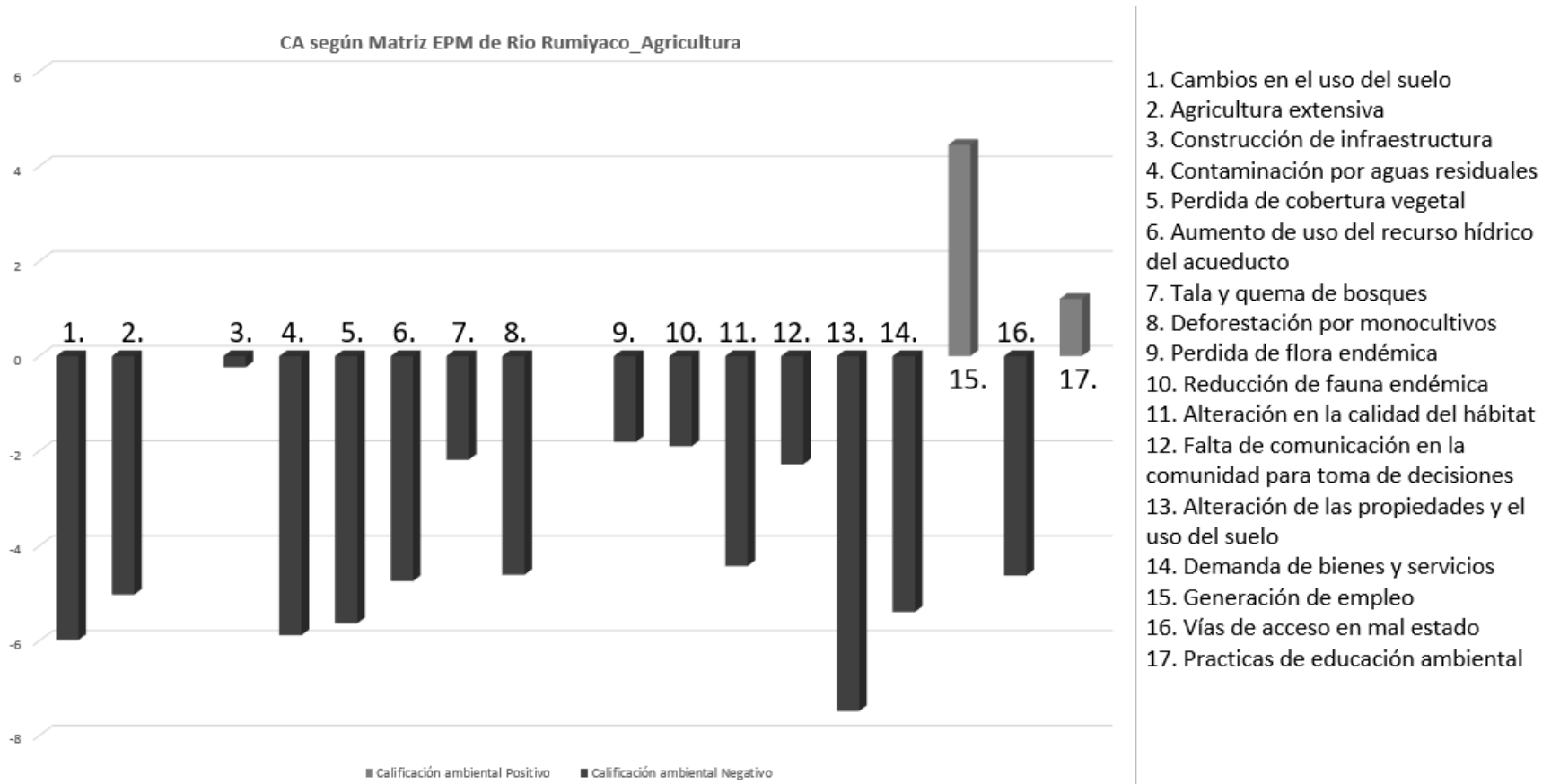


Fig. 11: Calificación ambiental según Matriz EPM de Arboleda en Agricultura

Sin embargo, pese a los impactos negativos que se puede evidenciar también existen unos pocos positivos como la generación de empleo que se da gracias a la agricultura pues muchos de los habitantes de estas veredas subsisten de la siembra de diferentes cultivos como lo son la caña de azúcar, el maíz, el plátano y yuca. También en algunas veredas se han visto beneficiados por proyectos o talleres de educación ambiental en los que los incentiva a cuidar el medio ambiente además del recurso hídrico y actividades que pueden realizar en sus fincas para ayudar en esto.

Ganadería en la Microcuenca del río Rumiyaco

En la matriz de ganadería de la microcuenca del río Rumiyaco se pudo evidenciar grandes impactos de parte de esta actividad pues como bien es sabido esta genera grandes daños al recurso agua. La contaminación, el deterioro y la pérdida de biodiversidad de organismos acuáticos, son algunas de las consecuencias negativas de la producción ganadera tradicional (Ramírez et al., 2018).

Tabla 4: Matriz Arboleda EPM_ Río Rumiyaco_ Ganadería

Matriz Arboleda EPM_ Río Rumiyaco Ganadería										
Medio	Componente	Impacto Ambiental/Actividad	Criterios de evaluación					Calificación ambiental		Importancia impacto ambiental
			Clase	Presencia	Evolución	Duración	Magnitud	Negativo	Positivo	
Físico	Recurso suelo	Erosión de suelos	N (-)	0,3	0,8	1	0,99	-2,5632		Moderadamente significativo
		Agricultura extensiva	N (-)	0,7	0,8	0,9	0,8	-5,026		Significativo o relevante

		Cambios de las propiedades del suelo		0,7	0,7	0,8	0,9	-4,767		Moderadamente significativo
		Construcción de infraestructura	N (-)	0,3	0,6	0,5	0,4	-0,954		Poco significativo o irrelevante
	Recurso hídrico	Contaminación por aguas residuales provenientes de la ganadería	N (-)	0,7	0,9	0,7	1	-5,88		Significativo o relevante
		Eutrofización	N (-)	0,5	0,9	0,7	0,8	-3,57		Moderadamente significativo
		Aumento de uso del recurso hídrico del acueducto	N (-)	0,6	0,7	1	1	-4,74		Moderadamente significativo
	Recurso aire	Gases de efecto invernadero	N (-)	0,7	0,5	0,7	1	-3,92		Moderadamente significativo
Biótico	Fauna y flora	Eliminación de flora endémica	N (-)	0,3	0,7	0,7	0,8	-1,806		Poco significativo o irrelevante
		Eliminación de fauna endémica	N (-)	0,3	0,7	0,8	0,8	-1,896		Poco significativo o irrelevante
		Alteración en la calidad del hábitat	N (-)	0,7	0,7	0,8	0,8	-4,424		Moderadamente significativo

Socioeconómico	Social	Problemas de salud a la comunidad por contaminación del agua	N (-)	0,8	0,7	0,7	0,8	-4,816		Moderadamente significativo
		Falta de comunicación en la comunidad para toma de decisiones	N (-)	0,5	0,6	0,4	0,8	-2,28		Poco significativo o irrelevante
	Económica	Alteración de las propiedades y el uso del suelo	N (-)	1	0,8	1	0,8	-7,48		Muy significativo o relevante
		Demanda de bienes y servicios	N (-)	0,7	0,8	0,7	1	-5,39		Significativo o relevante
		Generación de empleo	P (+)	0,7	0,8	1	0,6		4,452	Moderadamente significativo
	Cultura	Vías de acceso en mal estado	N (-)	1	0,6	0,7	0,6	-4,62		Moderadamente significativo
		Prácticas de educación ambiental	P (+)	0,3	0,6	0,5	0,6		1,206	Poco significativo o irrelevante

En este caso se pudo evidenciar que el recurso suelo y agua es el más afectado ya que las propiedades fisicoquímicas de este cambian por la ganadería, la deforestación, por ejemplo, cuando se pierde el bosque protector, se genera una serie de impactos en la microcuenca, entre los que se encuentran la compactación y el deterioro acelerado de suelos, la disminución de la calidad de

agua, la pérdida de hábitat y de biodiversidad, en el recurso agua afecta la biodiversidad acuática que se encuentra en las fuentes hídricas por la contaminación por aguas residuales provenientes de la ganadería pues desde las áreas de pastoreo fluyen agroquímicos, nutrientes, materia orgánica y sedimentos hacia las corrientes de agua (Ramírez et al., 2018). Esto modifica las características físicas naturales de los sistemas lóticos, genera pérdida de hábitats y deterioro de la calidad del agua , lo que a su vez afecta a los organismos acuáticos.

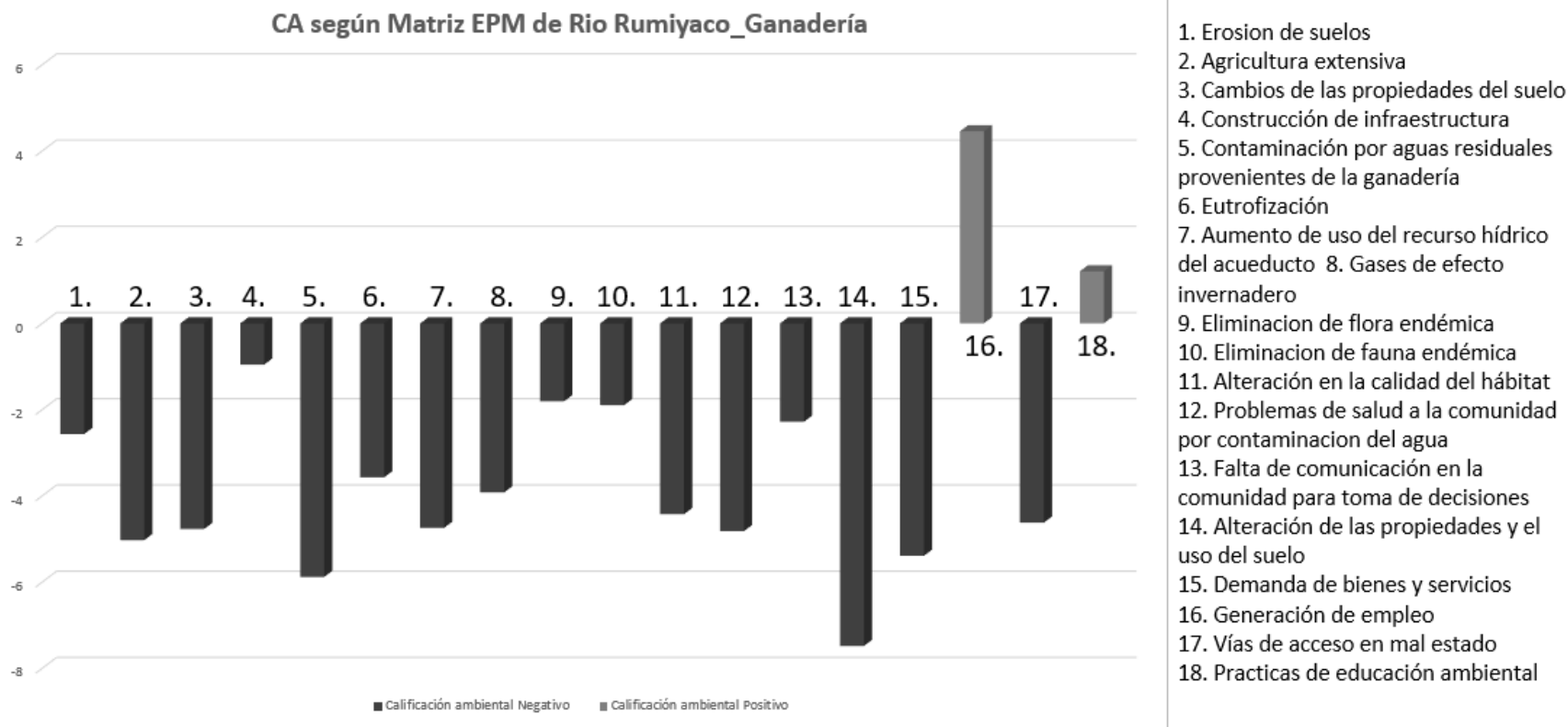


Fig. 12: Calificación ambiental según Matriz EPM de Arboleda en Ganadería

En la gráfica se pudo evidenciar por la calificación ambiental de la matriz EPM que la contaminación por aguas residuales provenientes de la ganadería da un resultado elevado pues en las veredas aledañas a la microcuenca, en mayor medida los

habitantes tienen en sus fincas grandes hectáreas de pasto para ganado, además esto causa grandes daños a las propiedades del suelo.

Aguas residuales en la Microcuenca del río Rumiyaco

En cuanto al impacto por aguas residuales se pudo evidenciar que la contaminación por estas es de gran magnitud y va en aumento por la expansión urbana, además de los establecimientos de recreación que existen en el río Rumiyaco. Por otro lado, tenemos que en el municipio Mocoa no cuenta con el servicio de agua por lo que los habitantes en mayoría van al río Rumiyaco a realizar labores como el lavado de ropa, moto, etc. Las fuentes de agua, no pueden por sí solas absorber y neutralizar esta carga contaminante, por lo que estas masas de agua pierden sus condiciones naturales de apariencia y capacidad para sustentar la vida, que responde a las expectativas de que protejan el equilibrio ecológico de los cuerpos de agua. En consecuencia, pierden el mínimo necesario para un uso racional y adecuado como fuente de agua, vías de transporte o fuentes de energía.

Tabla 5: Matriz Arboleda EPM_Río Rumiyaco_Aguas residuales

Matriz Arboleda EPM_ Río Rumiyaco Aguas residuales										
Medio	Componente	Impacto Ambiental/Actividad	Criterios de evaluación					Calificación ambiental		Importancia impacto ambiental
			Clase	Presencia	Evolución	Duración	Magnitud	Negativo	Positivo	
Físico	Recurso suelo	Cambios en el uso del suelo	N (-)	0,3	0,8	1	0,99	-2,5632		Moderadamente significativo
		Agricultura extensiva	N (-)	0,7	0,8	0,9	0,8	-5,026		Significativo o relevante
		Alteración del paisaje	N (-)	0,7	0,5	0,4	0,6	-2,31		Poco significativo o irrelevante
		Construcción de infraestructura	N (-)	0,3	0,6	0,5	0,4	-0,954		Poco significativo o irrelevante
	Recurso hídrico	Contaminación por aguas residuales	N (-)	0,7	0,9	0,7	1	-5,88		Significativo o relevante
		Contaminación por aguas residuales provenientes de la ganadería	N (-)	1	0,9	1	1	-9,3		Muy significativo o relevante
		Aumento de uso del recurso hídrico del acueducto	N (-)	0,6	0,7	1	1	-4,74		Moderadamente significativo
Biótico	Fauna y flora	Reducción de flora endémica	N (-)	0,3	0,7	0,7	0,8	-1,806		Poco significativo o irrelevante

		Desplazamiento de fauna endémica	N (-)	0,3	0,7	0,8	0,8	-1,896		Poco significativo o irrelevante
		Alteración en la calidad del hábitat	N (-)	0,7	0,7	0,8	0,8	-4,424		Moderadamente significativo
Socioeconómico	Social	Problemas de salud a la comunidad por aguas residuales	N (-)	0,3	0,6	0,5	0,8	-1,458		Poco significativo o irrelevante
		Falta de comunicación en la comunidad para toma de decisiones	N (-)	0,5	0,6	0,4	0,8	-2,28		Poco significativo o irrelevante
	Económica	Alteración de las propiedades y el uso del suelo	N (-)	1	0,8	1	0,8	-7,48		Muy significativo o relevante
		Demanda de bienes y servicios	N (-)	0,7	0,8	0,7	1	-5,39		Significativo o relevante
		Generación de empleo	P (+)	0,7	0,8	0,1	0,6		2,562	Moderadamente significativo
	Cultura	Vías de acceso en mal estado	N (-)	1	0,6	0,7	0,6	-4,62		Moderadamente significativo
		Prácticas de educación ambiental	P (+)	0,3	0,6	0,5	0,6		1,206	Poco significativo o irrelevante

Por eso en cuanto a la contaminación por aguas residuales se puede decir que las provenientes por ganadería y domésticas son las que causan gran contaminación y daño en el río Rumiayaco. Esto a su vez puede causar grandes consecuencias a fauna y flora

acuática además la presencia de organismos patógenos, principalmente del intestino, hace que estas aguas se consideren extremadamente peligrosas, especialmente cuando se vierten en la superficie terrestre, el subsuelo o cuerpos de agua. Este es el caso de la presencia de flora intestinal, la bacteria que causa enfermedades transmitidas por el agua.

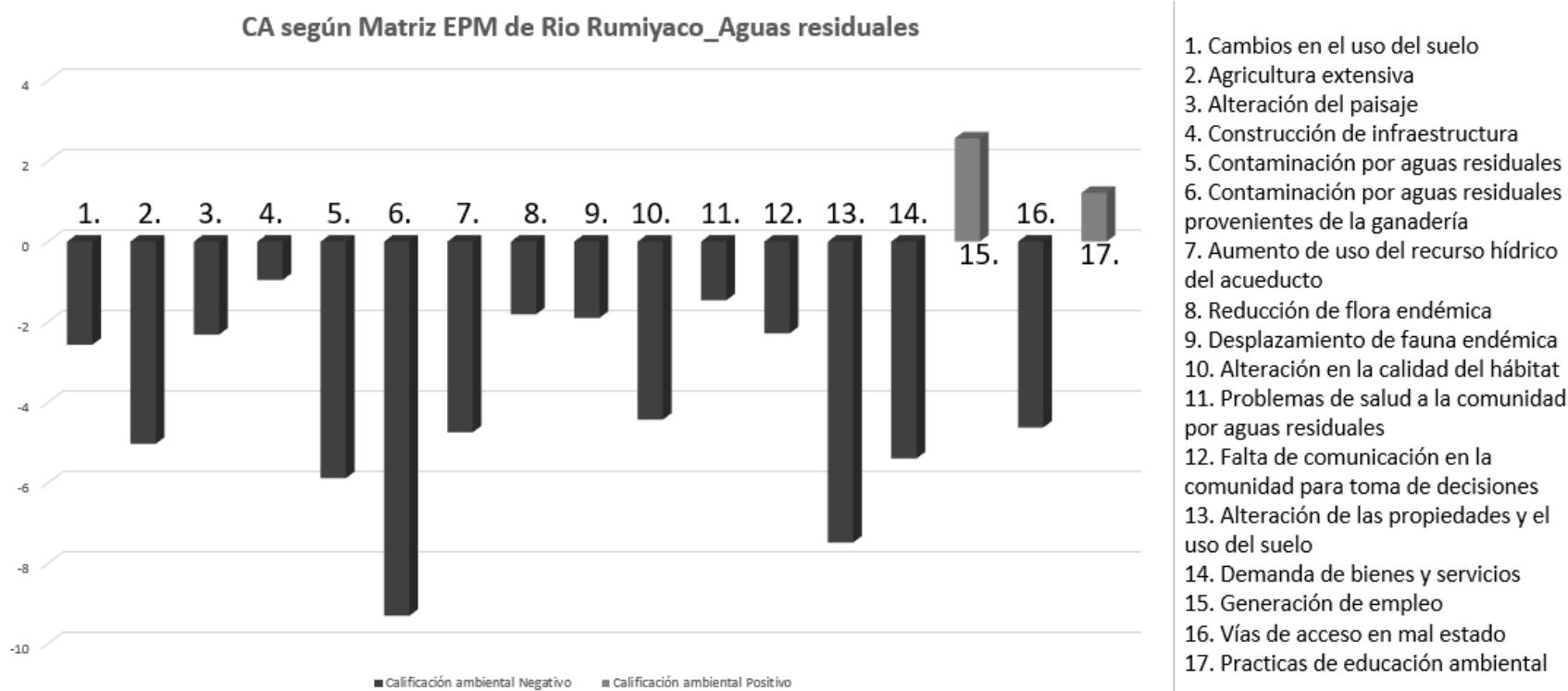


Fig. 13: Calificación ambiental según Matriz EPM de Arboleda en Aguas residuales

En conclusión, las aguas residuales causan consecuencias como afectaciones a la salud humana, afecciones a fauna y flora acuática y terrestre, deterioro de la calidad del agua, deterioro de las visuales paisajísticas y deterioro progresivo de la calidad de vida de la población.

Muestreo de suelos impactados por actividades agrícolas

Ya identificados los impactos al suelo por actividades antrópicas como lo son la agricultura y la ganadería, se hizo un reconocimiento de los puntos de muestreo por medio de coordenadas, fotografías y imágenes satelitales obtenidas de Google Earth Pro las cuales fueron de utilidad para realizar los mapas en los que se identificaron los puntos de muestreo de suelos y previamente se les realizaría un análisis completo en el laboratorio de suelos de la universidad de Nariño (UNDENAR), en el que se tomaron en cuenta parámetros como pH, carbono orgánico oxidable, nitrógeno total, materia orgánica, fósforo disponible, calcio de cambio, magnesio de cambio, potasio de cambio, hierro disponible, magnesio disponible, cobre disponible, zinc disponible, conductividad eléctrica, densidad aparente y textura al tacto.

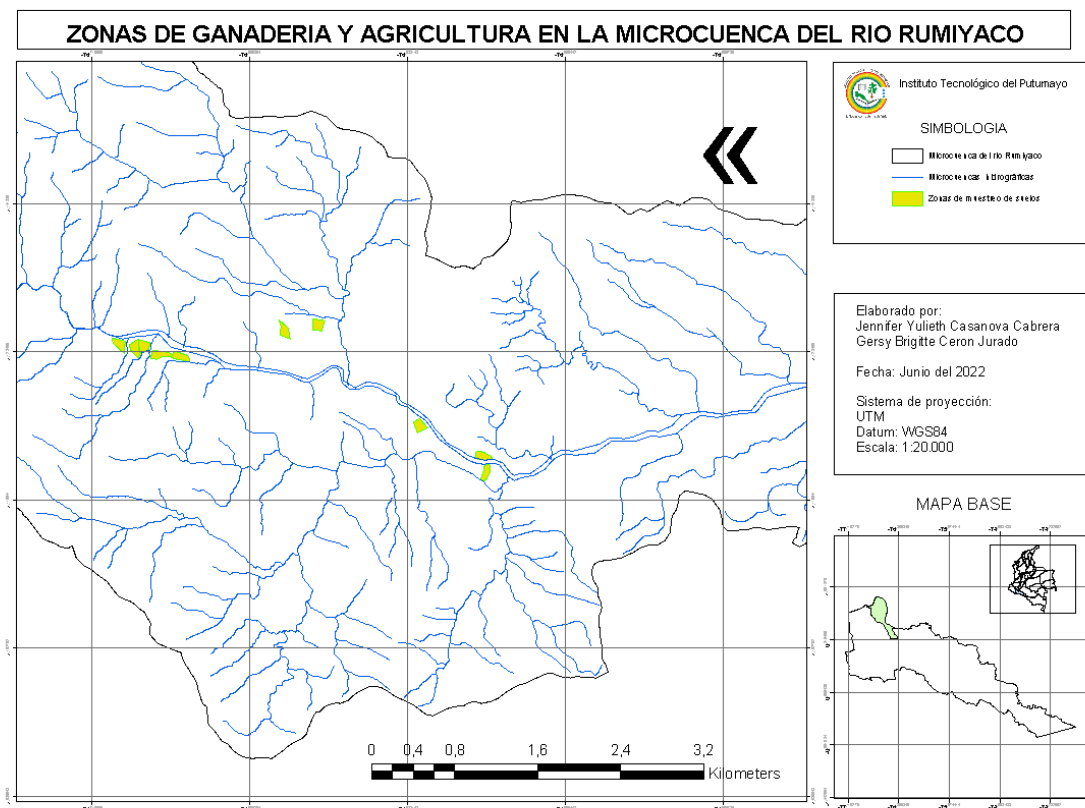


Fig. 14: Zonas de ganadería y agricultura en la microcuenca del río Rumiayaco

Tabla 6: *Parámetros físicos de suelo de la microcuenca del río Rumiayaco*

CUENCA MEDIA DEL RÍO RUMIAYACO		
PARÁMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	RESULTADO DE MUESTRA
pH, POTENCIÓMETRO RELACIÓN SUELO: AGUA	PH	5
MATERIA ORGÁNICA	%	8,01
FÓSFORO DISPONIBLE	mg/Kg	13,1
CAPACIDAD INTERCAMBIO CATIONICO (CIC)	cmol+ /Kg	17,2
CALCIO DE CAMBIO	cmol+ /Kg	0,79
MAGNESIO DE CAMBIO	cmol+ /Kg	0,26
POTASIO DE CAMBIO	cmol+ /Kg	0,41
ALUMINIO DE CAMBIO	cmol+ /Kg	0,91
HIERRO DISPONIBLE	mg/Kg	161
MANGANESO DISPONIBLE	mg/Kg	6,03
COBRE DISPONIBLE	mg/Kg	1,31
ZINC DISPONIBLE	mg/Kg	1,06
BORO DISPONIBLE	mg/Kg	0,06
NITRÓGENO TOTAL	%	0,31
CARBONO ORGÁNICO OXIDABLE	%	4,65
AL TACTO: F=FRANCO - AR=ARCILLOSO A=ARENOSO - L=LIMOSO	Grado Textural	Ar
DENSIDAD APARENTE	g/cc	0,96
CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA	g/cc	5,52

Según el análisis obtenido en el laboratorio de la universidad de Nariño UNDENAR podemos observar que el suelo en la zona a riberas del Río Rumiayaco está catalogado en un grado de textura arcilloso, la arcilla son partículas muy finas y forman barro cuando están saturadas de agua.

Los suelos arcillosos son pesados, no drenan ni se desecan fácilmente y contienen buenas reservas de nutrientes. Son fértiles, pero difíciles de trabajar cuando están muy secos, (UNLP, 2020).

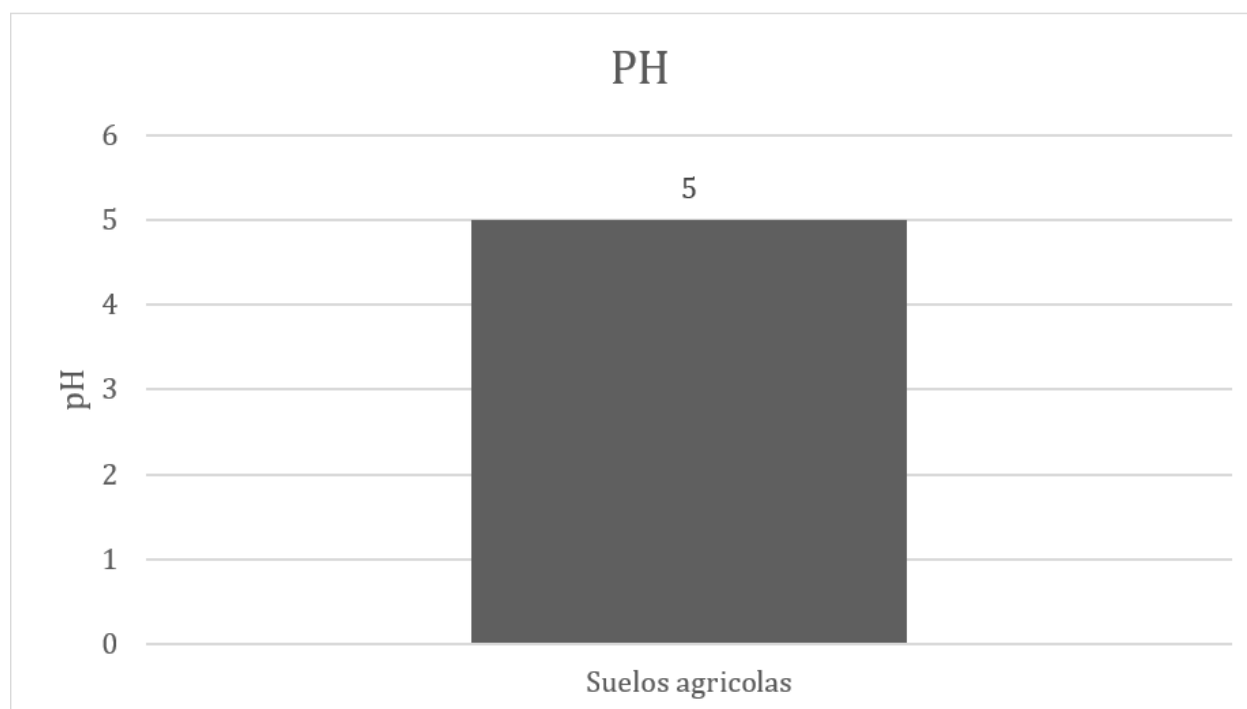


Fig. 15: pH

El PH del suelo según el reporte del laboratorio se encuentra en 5 según la tabla de la categoría es un suelo extremadamente ácido.

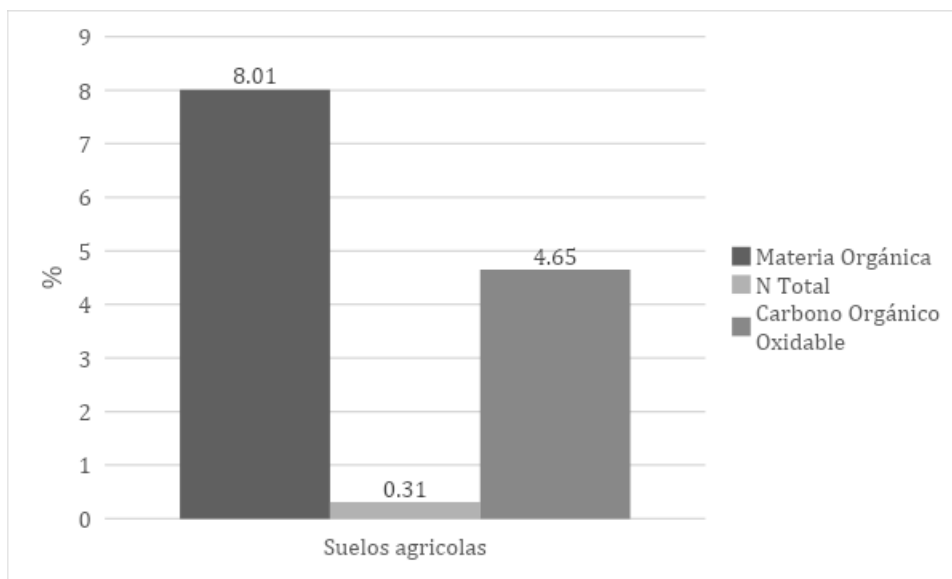


Fig. 16: Materia orgánica, Nitrógeno total y Carbono orgánico oxidable

Según los análisis de laboratorio la materia orgánica se clasifica según el clima entre frío, medio o cálido, nuestro municipio está categorizado en clima medio ya que es cálido y húmedo a su vez, por lo tanto, el porcentaje de la materia orgánica se encuentra en 8,01 es alta.

Tabla 7: Materia Orgánica

INTERPRETACIÓN DE % LA MATERIA ORGÁNICA (8,01%)			
CLIMA	% DE MATERIA ORGÁNICA		
	BAJO	MEDIO	ALTO
FRÍO	< 5	5 - 10	> 10
MEDIO	< 3	3 - 5	> 5
BAJO	< 2	2 - 3	> 3

El nitrógeno total se encuentra en un porcentaje de 0,31 lo que nos refiere que su clima es frío en un porcentaje medio.

Tabla 8: Nitrógeno total

INTERPRETACIÓN % N TOTAL (0,31%)			
CLIMA	% DE NITRÓGENO TOTAL		
	BAJO	MEDIO	ALTO
FRÍO	< 0,25	0,25 - 0,50	> 0,50
MEDIO	< 0,15	0,15 - 0,25	> 0,25
BAJO	< 0,10	0,10 - 0,20	> 0,20

INTERPRETACIÓN DEL % DE CARBONO ORGÁNICO OXIDABLE (4,65%)				
CLIMA	% DE CARBONO ORGÁNICO OXIDABLE			
	BAJO	MEDIO	IDEAL	ALTO
FRÍO	< 2,9	3,0 - 5,7	5,8 - 7	> 7
MEDIO	< 1,7	1,8 - 2,9	3-4	> 4
BAJO	< 1,1	1,2 - 2,3	2,4 - 2,5	> 2,5

Tabla 9: carbono orgánico oxidable

El carbono orgánico oxidable se encuentra en un porcentaje de 4,65 es de clima frío y su porcentaje es medio.

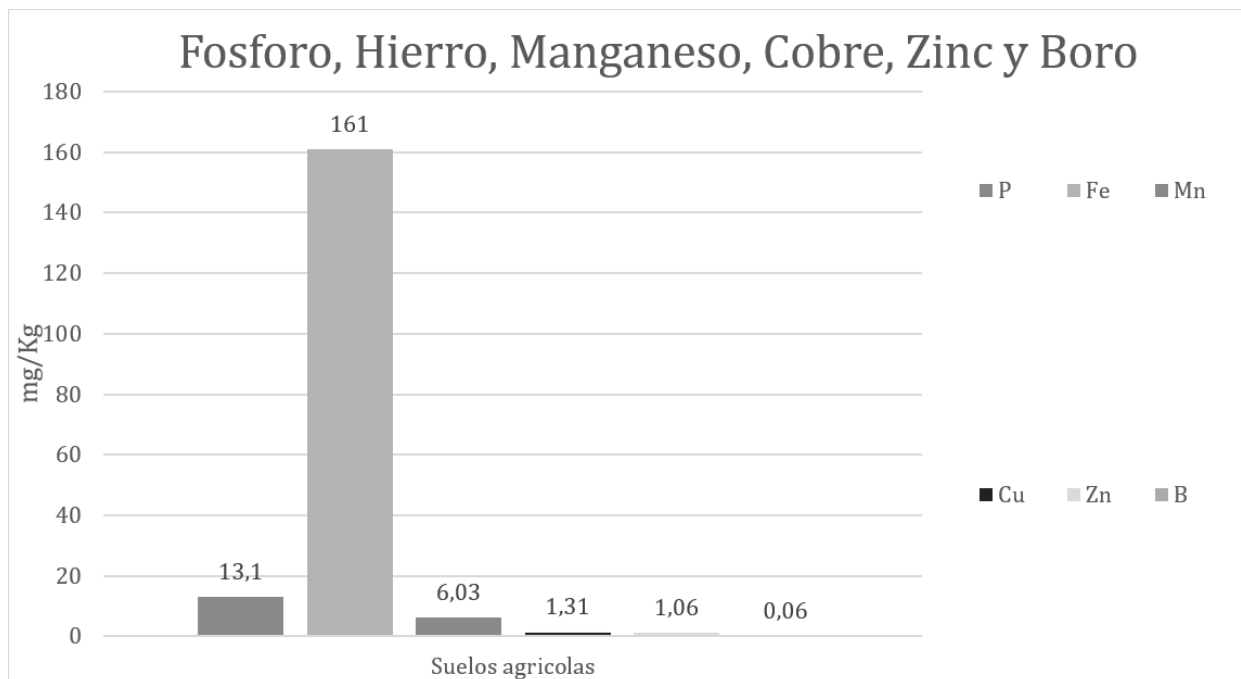


Fig. 17: Fósforo, Hierro Manganeso, Cobre, Zinc y Boro

TABLA DE PARÁMETROS QUÍMICOS EN EL SUELO DE FÓSFORO, HIERRO, MANGANESO, COBRE, ZINC Y BORO			
ELEMENTO	NIVEL		
	BAJO	MEDIO	ALTO
FÓSFORO	< 15	15 - 30	> 30
HIERRO	< 25	25 - 50	> 50
MANGANESO	< 5,0	5,0 - 10	> 10
COBRE	< 1,0	1,0 - 3,0	> 3,0
ZINC	< 1,5	1,5 - 3,0	> 3,0
BORO	< 0,2	0,2 - 0,4	> 0,4

Tabla 10. Elementos del suelo

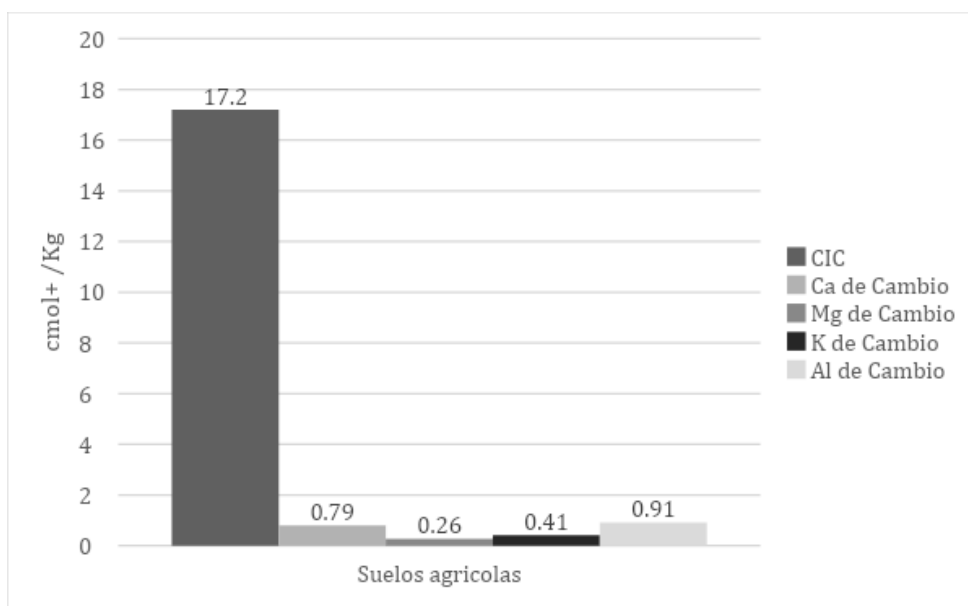


Fig. 18: Capacidad de intercambio Catiónico, Calcio de cambio, Magnesio de Cambio, Potasio de cambio y Aluminio de Cambio

Según los análisis de laboratorio los porcentajes en mg/kg encontramos que el Fósforo (P) tiene 13,1 es bajo, el Hierro 161 supremamente alto, el Manganeseo (Mn) 6,03 es medio, el Cobre (Cu) 1,31 es medio, el Zinc (Zn) 1,06 es medio y el Boro (B) 0,06 es alto.

Según los análisis de laboratorio los porcentajes en cmol+/kg encontramos que capacidad intercambio catiónico (CIC) está en 17,2 es medio, el Calcio (Ca) 0,79 es bajo, el Manganeseo (Mn) 0,26 es bajo, el Potasio (K) 0,41 es alto y el Aluminio (Al) 0,91 supremamente alto.

Tabla 11: Elementos base del suelo

BASES DEL SUELO CMOL (+)/ KG			
ELEMENTO	NIVEL		
	BAJO	MEDIO	ALTO
CALCIO	< 3	3 - 6	> 6
MANGANESO	< 1,5	1,5 - 2,5	> 2,5
POTASIO	< 0,20	0,20 - 0,40	> 0,40
ALUMINIO	< 1,0	1,0 - 3,0	> 3,0
CAPACIDAD INTERCAMBIO CATIÓNICO	< 10	10 - 20	> 20

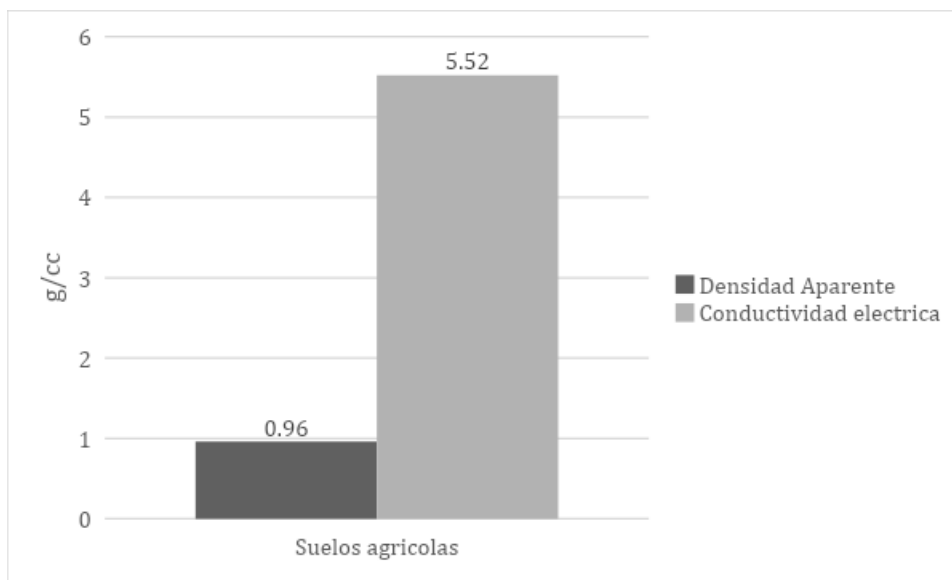


Fig. 19: Densidad aparente y Conductividad eléctrica

DENSIDAD APARENTE

TIPO DE HORIZONTE	DENSIDAD APARENTE (Mg m ⁻³)
HORIZONTES ARENOSOS	1,45 - 1,60
HORIZONTES ARCILLOSOS CON ESTRUCTURA	1,05 - 1,10
HORIZONTES COMPACTOS	1,90 - 1,95
HORIZONTES DE SUELOS VOLCÁNICOS	0,85
HORIZONTES TURBOSOS	0,25
VALOR MEDIO	1,35

CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA	
VALOR	NIVEL
0 - 2	NO SALINO
2 - 4	MUY LIGERAMENTE SALINO
4 - 8	MODERADAMENTE SALINO
8 - 16	FUERTEMENTE SALINO
> 16	MUY FUERTEMENTE SALINO

Tabla 12: Densidad aparente y Conductividad eléctrica

Según los análisis de laboratorio los porcentajes de densidad aparente están en 0,96 según su tipo de horizonte sería suelos volcánicos y su conductividad eléctrica está en 5,52 que refiere que es moderadamente salino.

Identificación de los puntos de vertimiento

Para determinar variaciones en las propiedades biológicas y fisicoquímicas del agua como parámetro de calidad en los sitios impactados de la microcuenca del río Rumiayaco, se realizaron salidas de campo en las que se identificaron los puntos de vertimiento de aguas residuales asimismo se tomaron las muestras de estos puntos 6 horas antes del envío a los laboratorios de la universidad de Nariño (UNDENAR), en la que se llevarían a cabo los parámetros fisicoquímicos.

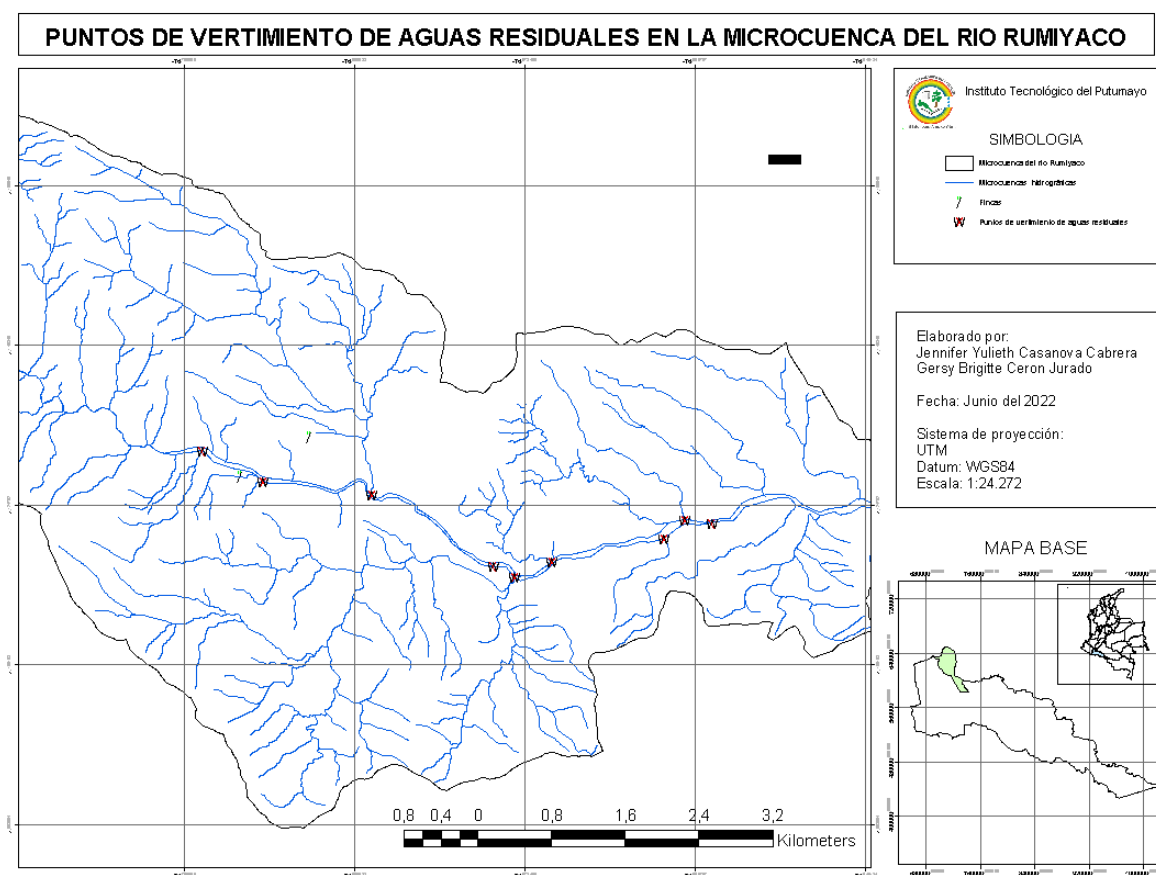


Fig. 20: Puntos de vertimiento de aguas residuales en la microcuenca del río Rumiayaco

Parámetros fisicoquímicos

Las variables fisicoquímicas que se han considerado evaluar en este estudio fueron el pH, color aparente, fósforo total, nitrógeno total, sólidos suspendidos totales, sólidos sedimentables, grasas y aceites, demanda bioquímica de oxígeno, demanda química de oxígeno.

Tabla 13: Parámetros fisicoquímicos de agua cuenca media del río Rumiyaco

CUENCA MEDIA DEL RÍO RUMIYACO					
PARÁMETRO	FECHA DE ANÁLISIS	HORA DE ANÁLISIS	UNIDAD DE MEDIDA	RESULTADO DE MUESTRA	RESOLUCIÓN 631 DE 2015
PH (MEDICIÓN EN LABORATORIO)	16/06/2022	1:00:00 a.m.	PH	7,07	6,00-9,00
COLOR APARENTE	17/06/2022	1:20:00 a.m.	UPC	8,6	90
SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	18/06/2022	2:00:00 a.m.	mg/L	10	5
SÓLIDOS SEDIMENTABLES	19/06/2022	12:30:00 p.m.	mg/L	0,1	Análisis y reporte
FÓSFORO TOTAL	28/06/2022	4:40:00 a.m.	mg P-PO4/ L	0,05	Análisis y reporte
NITRÓGENO NTK	23/06/2022	9:00:00 a.m.	mg N / L	0,84	Análisis y reporte
DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO	16/06/2022	10:00:00 a.m.	mg O2/ L	2	90
DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO	17/06/2022	7:00:00 a.m.	mg O2/ L	20	180
GRASAS Y ACEITES	23/06/2022	9:00:00 a.m.	mg/L	10	20

Tabla 14: *Parámetros fisicoquímicos de agua cuenca baja del río Rumiyaco*

CUENCA BAJA DEL RÍO RUMIYACO					
PARÁMETRO	FECHA DE ANÁLISIS	HORA DE ANÁLISIS	UNIDAD DE MEDIDA	RESULTADO DE MUESTRA	RESOLUCIÓN 631 DE 2015
PH (MEDICIÓN EN LABORATORIO)	16/06/2022	1:00:00 a.m.	PH	7,39	6,00-9,00
COLOR APARENTE	17/06/2022	1:20:00 a.m.	UPC	8,9	90
SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	18/06/2022	2:00:00 a.m.	mg/L	10	5
SÓLIDOS SEDIMENTABLES	19/06/2022	12:30:00 p.m.	mg/L	0,1	Análisis y reporte
FÓSFORO TOTAL	28/06/2022	4:40:00 a.m.	mg P-PO4/ L	0,05	Análisis y reporte
NITRÓGENO NTK	23/06/2022	9:00:00 a.m.	mg N / L	2,23	Análisis y reporte
DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO	16/06/2022	10:00:00 a.m.	mg O2/ L	2	90
DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO	17/06/2022	7:00:00 a.m.	mg O2/ L	20	180
GRASAS Y ACEITES	23/06/2022	9:00:00 a.m.	mg/L	10	20

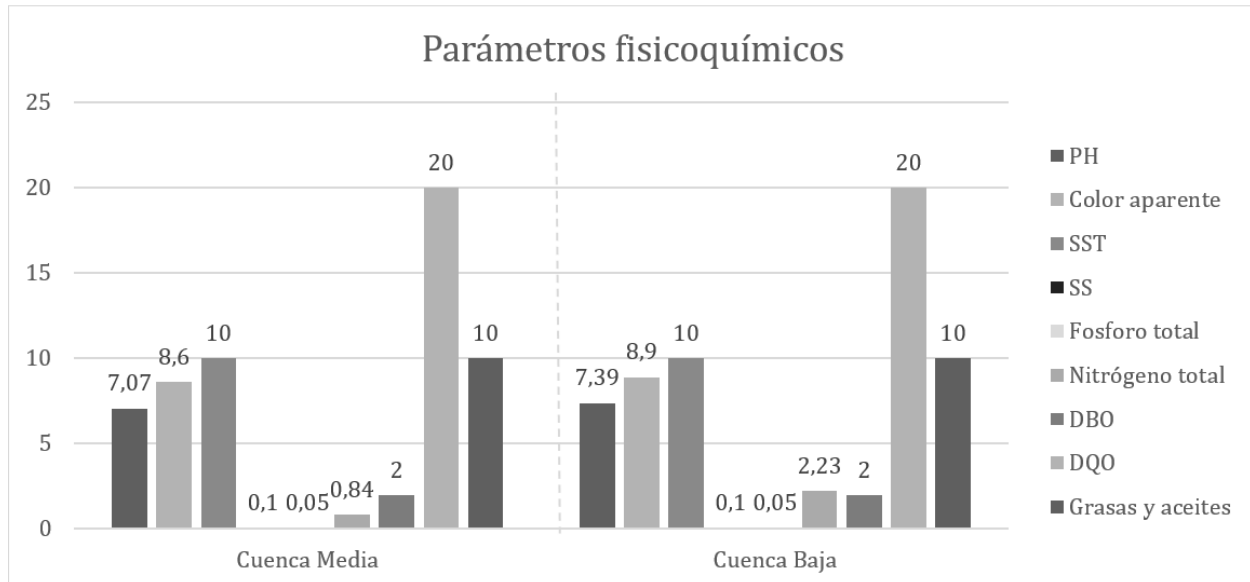


Fig. 21: Parámetros fisicoquímicos

Se tomaron 9 muestras de los puntos de vertimiento que a continuación serían divididas en cuenca media y baja de la microcuenca del río Rumiayaco, siguiente a esto se enviaron las muestras de agua a los laboratorios de la Universidad de Nariño UNDENAR.

En los que se encontró que, el PH en la microcuenca varía en la parte media es de 7.07 y en la baja es de 7,39, mientras tanto el color aparente se observa que la variación es muy poca en la parte media es de 8,6 en la parte baja es 8,9, el Nitrógeno total para ambas partes tiene un cambio más notorio en la parte media es de 0,84 y en la baja es de 2,23; mientras tanto los Sólidos suspendidos totales (SST), los sólidos sedimentarios (SS), el fósforo total, la demanda bioquímica de oxígeno (DBO), demanda química de oxígeno (DQO) y las grasas y aceites en ambas partes se mantienen, según la resolución 631 de 2015 de los límites permisibles de aguas residuales domésticas (ard) de las soluciones individuales de saneamiento de viviendas unifamiliares o bifamiliares, las muestras tomadas se encuentran dentro de los límites permisibles.

Diversidad de macroinvertebrados acuáticos en la Microcuenca del río Rumiayaco

Para cumplir con este objetivo se tuvo en cuenta la revisión bibliográfica mencionada en la metodología, realizando un muestreo de macroinvertebrados acuáticos relacionados a los sitios de impacto de la microcuenca del río Rumiayaco, teniendo en cuenta las salidas de campo que se realizó en la parte alta, media y baja de la microcuenca estas recolectas se realizaron cada 100 metros paralelos al flujo de la corriente, en este transecto se seleccionó cinco puntos de muestreo cada 10 metros, para llevar a cabo la colecta de macroinvertebrados utilizamos una red Surber, red de arrastre en las orillas de la microcuenca.

Para la colecta manual de individuos se realizó mediante el levantamiento de rocas, ramas sumergidas y troncos para así poder observar a simple vista en donde se encuentran adheridos los organismos, este proceso lo realizamos utilizando pinzas de aluminio y con la ayuda de pinceles con el fin de no dañar las estructuras externas de los organismos.

Las muestras realizadas se fijaron en alcohol al 70%, que se recolectaron fueron debidamente rotuladas, conservadas a temperatura máxima de 4°C y transportadas en neveras de poliestireno expandido (icopor), siguiendo los lineamientos de la norma técnica colombiana NTC-ISO 5667-3 (ICONTEC, 2004).

Riqueza y abundancia de macroinvertebrados acuáticos de la microcuenca del Río

Rumiayaco

Se colectó 453 individuos en el cual se los caracterizó en el laboratorio del Instituto Tecnológico del Putumayo.

Tabla 15: Taxonomía

TABLA TAXONÓMICA
DATOS DE INSECTOS RECOLECTADOS

No	Clase	Orden	Familia	Género	Especie	Cantidad
1	INSECTA	TRICHOPTERA	LEPTOCERIDAE	<i>Nectopsyche</i>	SP1	4
2	INSECTA	TRICHOPTERA	HELICOPSYCHIDAE	<i>Atanatica</i>	SP1	32
3	INSECTA	TRICHOPTERA	HYDROPTILIDAE	<i>Hydroptyla</i>	SP1	25
4					SP2	10
5					SP3	50
6	INSECTA	TRICHOPTERA	HYDROBIOSIDAE	<i>Altopsyche</i>	SP1	23
7	INSECTA	TRICHOPTERA	HYDROPSYCHIDAE	<i>Leptonema</i>	SP1	7
8	INSECTA	TRICHOPTERA	HYDROPSYCHIDAE	<i>Smicridae</i>	SP1	19
9	INSECTA	TRICHOPTERA	LEPTOCERIDAE	<i>Atanatica</i>	SP1	24
10	INSECTA	EPHEMEROPTERA	EPHEMERIDAE	<i>Ephemera</i>	SP1	14
11	INSECTA	EPHEMEROPTERA	LEPTOPPHLEBIIDAE	<i>Thraulodes</i>	SP1	48
12	INSECTA	EPHEMEROPTERA	BAETIDAE	<i>Baetis</i>	SP1	25
13	INSECTA	EPHEMEROPTERA	BAETIDAE	<i>Baetodes</i>	SP1	20
14	INSECTA	PLECOPTERA	PERLIDAE	<i>Anacroneuria</i>	SP1	22
15	INSECTA	COLEOPTERA	ELMIDAE	<i>Macrelmis</i>	SP1	1
16	INSECTA	COLEOPTERA	ELMIDAE	<i>Cylloepas</i>	SP1	36
17					SP2	8
18	INSECTA	COLEOPTERA	ELMIDAE	<i>Heterelmis</i>	SP1	1
19	INSECTA	COLEOPTERA	PTILODACTYLIDAE	<i>Promeresia</i>	SP1	1
20	INSECTA	ODONATA	COENAGRICOLGE	<i>Ischura</i>	SP1	2
21	INSECTA	ODONATA	POLYHORIDAE	<i>Polythore</i>	SP1	15
22	INSECTA	ODONATA	LIBELLULIDAE	<i>Larvae</i>	SP1	1
23	INSECTA	HEMIPTERA			SP1	2

24	INSECTA	HEMIPTERA	OCHTERIDAE		SP1	1
25	INSECTA	DIPTERAS	HELICOPSYCHIDEA	<i>Maruina</i>	SP1	13
26	INSECTA	DIPTERA	STRATIOMYIDAE	Orthorrhapha	SP1	8
27	INSECTA	DIPTERA	TIPULIDAE	Nematocera	SP1	6
28	INSECTA	DIPTERA	CHIRONOMIDAE	Culicomorpha	SP1	4
29	INSECTA	HEMIPTERA	SALDIDAE	Saldula	SP1	5
30	INSECTA	HEMIPTERA	CORIXIDAE	Nepomorpha	SP1	15
31	INSECTA	PLECOPTERA	PERLIDAE	Anacroneuri	SP1	8
32	PLATELMITA	TRICLADIDA	PLANARIDAE	Dugesia	SP1	3

La clasificación taxonómica de acuerdo a los resultados obtenidos del total de macroinvertebrados acuáticos de 24 familias, 27 géneros, 32 especies, asociados a la microcuenca del Río Rumiayaco. El género *Hydroptyla* representa la mayor riqueza con 85 individuos.

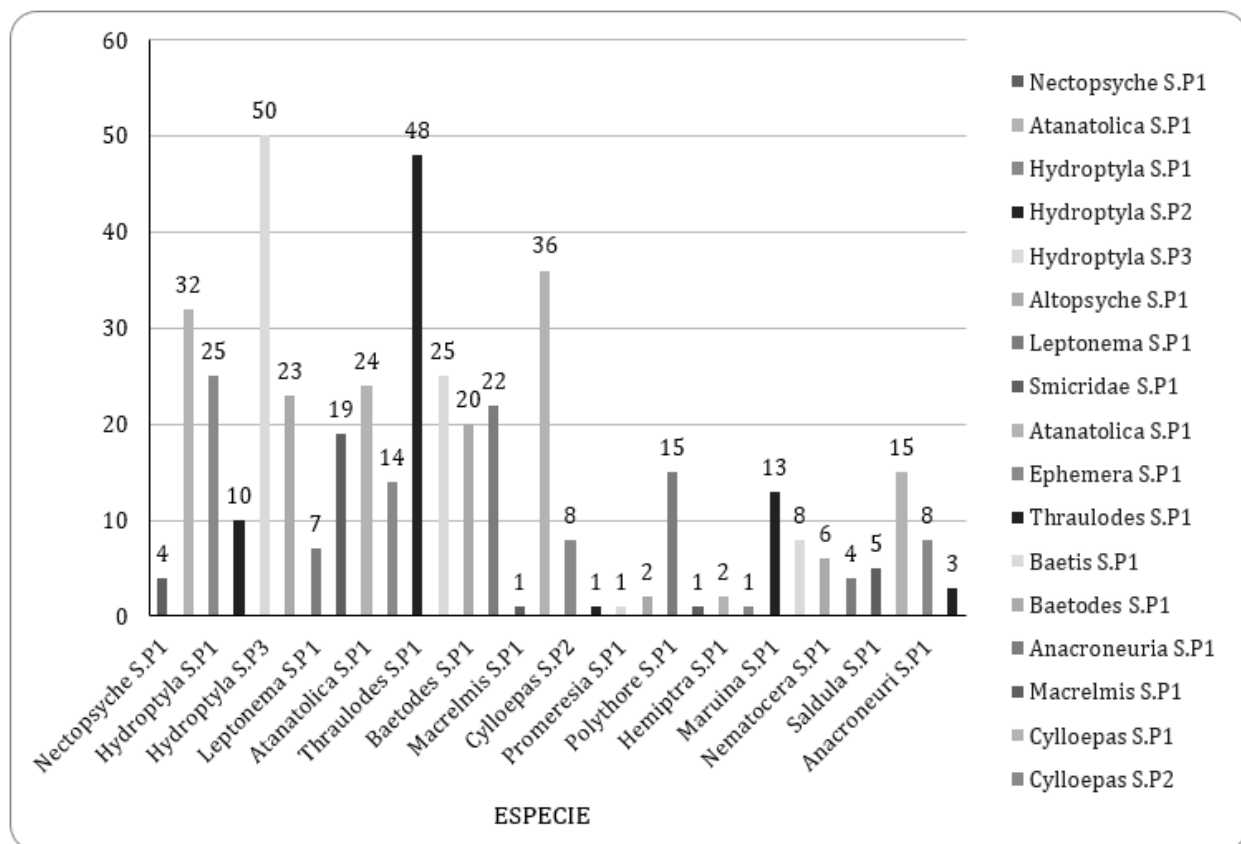


Fig. 22: Riqueza de especies de macroinvertebrados acuáticos en la Microcuenca del río Rumiyaco

ÍNDICE DE MARGALEF

ESPECIE	ni	pi
Nectopsyche S.P1	4	0,0088
Atanatica S.P1	32	0,0706
Hydroptyla S.P1	25	0,0552
Hydroptyla S.P2	10	0,0221
Hydroptyla S.P3	50	0,1104
Altopsyche S.P1	23	0,0508

Leptonema S.P1	7	0,0155
Smicridae S.P1	19	0,0419
Atanatolica S.P1	24	0,6316
Ephemera S.P1	14	0,0309
Thraulodes S.P1	48	0,1060
Baetis S.P1	25	0,0552
Baetodes S.P1	20	0,0442
Anacroneuria S.P1	22	0,0486
Macrelmis S.P1	1	0,0022
Cylloepas S.P1	36	0,0795
Cylloepas S.P2	8	0,0177
Heterelmis S.P1	1	0,0022
Promeresia S.P1	1	0,0022
Ischura S.P1	2	0,0044
Polythore S.P1	15	0,0331
Larvae S.P1	1	0,0022
Hemiptera S.P1	2	0,0044
Ochteridae S.P1	1	0,0022
Maruina S.P1	13	0,0287
Orthorrhapha S.P1	8	0,0177
Nematocera S.P1	6	0,0132
Culicomorpha S.P1	4	0,0088
Saldula S.P1	5	0,0110
Nepomorpha S.P1	15	0,0331

Anacroneuri S.P1	8	0,0177
Dugesia S.P1	3	0,0066
Número total de individuos (N)	453	2
Número total de individuos (S)	38	
Riqueza de Margalef	6,0	

Tabla 16: Índice de Margalef

Para determinar la riqueza de especie se utilizó el índice de Margalef el cual el resultado que se obtuvo 6.02 bits al realizar la interpretación la riqueza que existe en la microcuenca del río Rumiayaco es alta ya que en la revisión bibliográfica valores por debajo de 2 suele hacer referencia a ecosistemas con poca biodiversidad y superiores a 5 corresponde a niveles altos de diversidad.

ÍNDICE DE SIMPSON

Especie	Número de individuos	Abundancia relativa (Pi)	Pi ²
Nectopsyche S.P1	4	0,005405405	2,922E-05
Atanotolica S.P1	32	0,043243243	0,00187
Hydroptyla S.P1	25	0,033783784	0,0011413
Hydroptyla S.P2	10	0,013513514	0,0001826
Hydroptyla S.P3	50	0,067567568	0,0045654
Altopsyche S.P1	23	0,031081081	0,000966
Leptonema S.P1	7	0,009459459	8,948E-05
Smicridae S.P1	19	0,025675676	0,0006592

Atanatolica S.P1	24	0,032432432	0,0010519
Ephemera S.P1	14	0,018918919	0,0003579
Thraulodes S.P1	48	0,064864865	0,0042075
Baetis S.P1	25	0,033783784	0,0011413
Baetodes S.P1	20	0,027027027	0,0007305
Anacroneuria S.P1	22	0,02972973	0,0008839
Macrelmis S.P1	1	0,001351351	1,826E-06
Cylloepas S.P1	36	0,048648649	0,0023667
Cylloepas S.P2	8	0,010810811	0,0001169
Heterelmis S.P1	1	0,001351351	1,826E-06
Promeresia S.P1	1	0,001351351	1,826E-06
Ischura S.P1	2	0,002702703	7,305E-06
Polythore S.P1	15	0,02027027	0,0004109
Larvae S.P1	1	0,001351351	1,826E-06
Hemiptera S.P1	2	0,002702703	7,305E-06
Ochteridae S.P1	1	0,001351351	1,826E-06
Maruina S.P1	13	0,017567568	0,0003086
Orthorrhapha S.P1	8	0,010810811	0,0001169
Nematocera S.P1	6	0,008108108	6,574E-05
Culicomorpha S.P1	4	0,005405405	2,922E-05
Saldula S.P1	5	0,006756757	4,565E-05
Nepomorpha S.P1	15	0,02027027	0,0004109
Anacroneuri S.P1	8	0,010810811	0,0001169
Dugesia S.P1	3	0,004054054	1,644E-05

Número total de individuos	453	D	0,02
Número total de individuos	38	1-D	0,98

Tabla 17: Índice de Simpson

Para determinar la dominancia de especies se utilizó el índice de Simpson el cual el resultado que se obtuvo 0,98 bits al realizar la interpretación la dominancia que existe en la microcuenca del río Rumiyaco es alta ya que en la revisión bibliográfica valores por debajo de 0,35 suele hacer referencia a ecosistemas con poca biodiversidad y superiores está entre 0,76 - 1,00 corresponde a niveles altos de diversidad.

ÍNDICE DE SHANNON WEINER

Especie	Número de individuos	Pi	Pi*LnPi
Nectopsyche S.P1	4	0,005405405	-0,02821814
Atanotolica S.P1	32	0,043243243	-0,13582332
Hydroptyla S.P1	25	0,033783784	-0,114451837
Hydroptyla S.P2	10	0,013513514	-0,058163042
Hydroptyla S.P3	50	0,067567568	-0,182069404
Altopsyche S.P1	23	0,031081081	-0,10788728
Leptonema S.P1	7	0,009459459	-0,044088081
Smicridae S.P1	19	0,025675676	-0,094029747
Atanotolica S.P1	24	0,032432432	-0,11119772
Ephemera S.P1	14	0,018918919	-0,075062568
Thraulodes S.P1	48	0,064864865	-0,177434541
Baetis S.P1	25	0,033783784	-0,114451837
Baetodes S.P1	20	0,027027027	-0,097592376

Anacroneuria S.P1	22	0,02972973	-0,104518068
Macrelmis S.P1	1	0,001351351	-0,008927906
Cylloepas S.P1	36	0,048648649	-0,14707125
Cylloepas S.P2	8	0,010810811	-0,048942796
Heterelmis S.P1	1	0,001351351	-0,008927906
Promeresia S.P1	1	0,001351351	-0,008927906
Ischura S.P1	2	0,002702703	-0,015982441
Polythore S.P1	15	0,02027027	-0,079025675
Larvae S.P1	1	0,001351351	-0,008927906
Hemiptera S.P1	2	0,002702703	-0,015982441
Ochteridae S.P!	1	0,001351351	-0,008927906
Maruina S.P1	13	0,017567568	-0,071002852
Orthorrhapha S.P1	8	0,010810811	-0,048942796
Nematocera S.P1	6	0,008108108	-0,039039654
Culicomorpha S.P1	4	0,005405405	-0,02821814
Saldula S.P1	5	0,006756757	-0,033764948
Nepomorpha S.P1	15	0,02027027	-0,079025675
Anacroneuri S.P1	8	0,010810811	-0,048942796
Dugesia S.P1	3	0,004054054	-0,022329883
Total, de individuos	453	1	-2,167898836
			-1
		H (SHANNON WEINER)	2,17

Tabla 18: Índice Shanon Weiner

Para determinar la riqueza y abundancia de especies se utilizó el índice de equidad Shannon Wiener el cual el resultado que se obtuvo 2,017 bits al realizar la interpretación la riqueza que existe en la microcuenca del río Rumiayaco es media ya que en la revisión bibliográfica valores por debajo de 2 suele hacer referencia a ecosistemas con poca biodiversidad, valores de diversidad media es de 2 - 3,5 y superiores a 3,5 corresponde a niveles altos de diversidad.





Fig. 23: Macroinvertebrados

6. Discusión

El método Arboleda lo desarrolló la Unidad de Planeación de Recursos Naturales de las Empresas Públicas de Medellín para el año 1986, cuya finalidad inicial fue evaluar los efectos ambientales de proyectos hidráulicos de la misma empresa, pero luego de ver su aplicabilidad

fue adaptado a todo tipo de proyectos de la empresa, como también por parte de otras entidades y evaluadores que han visto los aportes de esta metodología. Por su trayectoria y rigor técnico diferentes entidades ambientales de Colombia lo han aprobado, como es la Alcaldía de Medellín (2014) para hacer el análisis socio-ambiental en obras de infraestructura pública, como también por otras organizaciones internacionales que evalúan proyectos de alta envergadura, como es el Banco Mundial y el BID (Arboleda, 2015).

Se pudo evidenciar que el método de la matriz EPM de arboleda tiene ventajas a la hora de utilizarlo en cualquier proyecto que se requiera de una identificación y a la vez una evaluación de los impactos que de un proyecto o actividades a realizar.

En las muestras de suelo se evidencio que estos son extremadamente ácidos con un valor de 5 de pH, sin embargo el aluminio es bajo en este caso y beneficioso en este suelo ácido ya que el Al genera toxicidad a las plantas que en estos suelos se están cultivando.

Aunque el suelo es de grado textural arcilloso su densidad aparente mostró un valor bajo con 0,96 g/cc ya que para este tipo de suelo lo ideal es que esté entre 1, 25 a 3 g/cc sin embargo su conductividad eléctrica es moderada así que las sales solubles en estos suelos nos hace pensar que se encuentra de manera mesurada.

En cuanto a elementos como el Hierro, Manganeso, Cobre, Zinc, Boro y Nitrógeno son altos o en término medio lo que nos hace entender que los suelos son nutritivos y fértiles aún a pesar de la agricultura y ganadería existente en la microcuenca, no obstante el magnesio del suelo es bajo y esto puede afectar a los cultivos presentes en el suelo.

En este mismo contexto para los parámetros fisicoquímicos del agua encontramos que el PH para ambas muestras es neutro y el color aparente es bajo por lo que refiere que se encuentra

bien, mientras tanto para los sólidos suspendidos totales (SST) y sólidos sedimentables (SS) se encuentra dentro de los límites permisibles según la norma 631 del 2015.

Asimismo el nitrógeno y el fósforo son tóxicos para los sistemas acuáticos ya que ellos reducen el oxígeno disuelto ya que en muchos casos producen eutrofización; en este caso en la microcuenca el fósforo y el nitrógeno son de concentraciones débiles en ambas muestras de la cuenca media y baja, sin embargo el fósforo obtuvo un cambio notorio en la cuenca baja ya que tuvo un aumento a pesar de todo no sobrepasa los límites permisibles de la resolución 631 de 2015.

En cuanto la demanda bioquímica de oxígeno podemos decir que es un cuerpo de agua con una buena calidad teniendo en cuenta que no se pasa de los límites permisibles y según su estado trófico es ultra oligotrófico (son pobres en nutrientes vegetales, sin embargo son aguas claras que suelen estar poco oxigenadas).

Por otro lado, la zona alta de la microcuenca presenta mayor concentración de macroinvertebrados acuáticos y como ya se sabe estos son bioindicadores de calidad de agua al contrario a la zona media y baja, que presentan biodiversidad de macroinvertebrados más baja además de que en los parámetros fisicoquímicos que se le realizaron a las aguas de la zona baja y media del río Rumiyaco se pudo evidenciar que aunque algunos parámetros no pasan de los límites permisibles según la resolución 631 de 2015 se evidencio que el color aparente y las grasas y aceites están en niveles altos como también los sólidos suspendidos totales. Además de esto se pudo evidenciar que la zona baja está en constante contaminación por puntos de vertimiento de aguas residuales provenientes de actividades agrícolas tanto como de aguas domésticas.

También se vio que los macroinvertebrados de los órdenes como *Trichoptera* y *Ephemeroptera* reinaron en la cuenca alta y parte de la cuenca media, en cuanto a *Coleoptera Elmidae* se pudo evidenciar en aumento en la cuenca media y parte baja de la microcuenca del río Rumiyaco.

Rivera (2011), expresa que la abundancia de fósforo en el agua es un claro indicador de eventos de contaminación provocado principalmente por la influencia antrópica, esto podría explicar por qué la zona media y baja puede presentar disminución de macroinvertebrados pues se ven afectados por actividades antrópicas como la agricultura y ganadería, además de las aguas residuales que son vertidas por los habitantes cercanos a esta microcuenca.

Por su parte, el oxígeno disuelto mostró un valor mayor en la zona media, misma que se muestra estadísticamente diferente a la zona baja. A razón de esto, Machado y Roldán (1981) mencionan que las mayores concentraciones de oxígeno disuelto influyen positivamente en el desarrollo de los macroinvertebrados.

Roldan y Ramírez (2008), mencionan también que las concentraciones de conductividad aumentan a medida que se desciende en una cuenca hídrica, pues se presenta mayor efecto de erosión, arrastre de sedimentos y escorrentías, además del aumento drástico por las actividades agrícolas y la contaminación de origen doméstico e industrial. Dadas estas razones, no es de extrañar que la conductividad determine la zona baja, pues esta es la zona con mayor influencia antrópica.

En cuanto a los suelos de la microcuenca del río Rumiyaco, se evidencio gran impacto por ganadería y agricultura más que todo en la zona media de la microcuenca a comparación de la zona baja que en esta se pudo observar más contaminación por los vertimientos de aguas residuales domésticas de los hogares o establecimientos de los habitantes de las veredas San

Luis de Chontayaco, Villanueva y Rumiayaco. Los análisis de laboratorio evidenciaron que el suelo es extremadamente ácido, además de contener un grado de textura arcilloso que en gran mayoría de la extensión de nuestro municipio se encuentra en esta clase de suelo.

Se evidenció una alta cantidad de materia orgánica como también lo es el hierro, potasio, aluminio y el boro en estos suelos a diferencia del fósforo, Calcio y Manganeso que según los análisis fue bajo. En cuanto a los demás elementos del suelo se mantuvieron categorizados en medio, según la densidad aparente y la conductividad eléctrica se concluyó que el suelo además era moderadamente salino.

Así pues, aunque nuestra investigación tiene varios objetivos en realizar se trató de dar a cumplimiento a cada uno de las metas propuestas para que este proyecto sea de gran ayuda en la realización de futuras investigaciones y se dé más conocimiento e información acerca de la importancia de los macroinvertebrados acuáticos como bioindicadores de calidad de agua o ecosistemas acuáticos.

7. Conclusiones

- Los resultados del inventario biológico realizado para el caso de la microcuenca del Río Rumiayaco del municipio de Mocoa Putumayo, permiten dar a conocer la clase de macroinvertebrados acuáticos presentes en el dicha microcuenca aportando información científica para la comunidad académica y al público en general, por otra parte, esta investigación permite conocer algunos individuos y sus funciones dentro del ecosistema de la misma manera permite entender que no todos los individuos están a simple que hay muchos por conocer y estudiar.

- La realización del inventario de diversidad de macroinvertebrados acuáticos permite el registro de 24 familias, 27 géneros y 32 especies para un total de 453 individuos colectados, donde el género con mayor riqueza es Hydroptyla en la microcuenca del Río Rumiyaco para la zona del Piedemonte Amazónico, de la misma manera permite entender que la presencia de agricultura, ganadería y vertimiento de aguas residuales en esta zona afecta la diversidad de macroinvertebrados acuáticos aportándole a la disminución de especies.
- Finalmente, en la caracterización de macroinvertebrados acuáticos se identificaron 453 individuos en el cual sobresale los individuos con nombre científicos Hydroptyla seguido del Thraulodes de los cuales se presenta mayor diversidad de los macroinvertebrados acuáticos, y ver que la microcuenca del Río Rumiyaco se encuentra dentro de los límites permisibles según la resolución 631 de 2015 de los límites permisibles de aguas residuales domésticas (ard) de las soluciones individuales de saneamiento de viviendas unifamiliares o bifamiliares.
- El método de la matriz EPM de arboleda tiene ventajas a la hora de utilizarlo en cualquier proyecto que se requiera de una identificación y a la vez una evaluación de los impactos que, de un proyecto o actividades a realizar, pues es un sistema que es de gran facilidad de realizar siguiendo los pasos para una mejor identificación y evaluación del proyecto que se desee calificar con este.
- Se evidenció en la microcuenca del río Rumiyaco impactos en el suelo por ganadería y agricultura en gran mayoría por ser una zona veredal, en la que los

habitantes aledaños a esta sobreviven o viven de actividades como el cultivo de caña, plátano y yuca que son los cultivos con grandes extensiones de suelo. Ya en la zona baja de la microcuenca se ve contaminación por vertimiento de aguas domésticas, aunque en la gran mayoría de los habitantes cuentan con pozos sépticos tal vez por esto es que los análisis de agua de estas zonas aun no pasan los límites permisibles de la norma (resolución 631 de 2015).

- En cuanto a elementos como el Hierro, Manganeso, Cobre, Zinc, Boro y Nitrógeno son altos o en término medio lo que nos hace entender que los suelos son nutritivos y fértiles aún a pesar de la agricultura y ganadería existente en la microcuenca, no obstante el magnesio del suelo es bajo y esto puede afectar a los cultivos presentes en el suelo.

8. Bibliografía

- Alba Tercedor, J., & Sánchez Ortega, A. (2008). UN MÉTODO RÁPIDO Y SIMPLE PARA EVALUAR LA CALIDAD BIOLÓGICA DE LAS AGUAS CORRIENTES BASADO EN EL DE HELLAWELL (1978). *El Profesional de La Informacion*, 17(2), 242–246.
<https://doi.org/10.3145/epi.2008.mar.18>
- Álvarez Arango, L. F. (2005). Metodología para la utilización de los macroinvertebrados acuático como indicadores de la calidad del agua. *Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt*, 05, 263.
<http://repository.humboldt.org.co/handle/20.500.11761/31357>
- Arboleda, J. (2015). Curso de evaluación de impacto ambiental: Identificación y evaluación de impactos ambientales. Medellín: El autor.
- Arboleda, V. J., Rendon, S. A., & Asociación colombiana de Ingeniería Sanitaria y Ambiental "ACODAL". (2000). Teoría y practica de la purificación del agua. Santa Fe de Bogotá: McGraw Hill.
- Barbour, M. T., & Stribiling, J. B. (1993). *Los ecosistemas ribereños en los EE.UU. humedos*. (p. 25). National Association of Conservation Districts.
- Calle Díaz, Z., & Piedrahita López, L. (2018). *Conservación de flora amenazada en fincas ganaderas de la cuenca media del rio la vieja(Colombia)*. (p. 22).
- Carrion, S., & Pérez, L. (2007). Evaluación de la calidad de agua mediante la utilización de macroinvertebrados acuáticos en la subcuenca del Yeguaré, Honduras. *Tesis Profesional ZAMORANO Carrera Desarrollo Socioeconómico y Ambiente Evaluación*, 69.
<https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/524/1/IAD-2007-T001.pdf>
- Chará Orozco, J. D., Pedraza Ordoñez, G. X., & Giraldo Sánchez, L. P. (2008). *Corredores ribereños como herramienta de protección de ambientes acuáticos en zonas ganaderas*. (p. 18).

- Domínguez, E., & Fernández, H. R. (2009). *Macroinvertebrados bentónicos sudamericanos-Sistemática y biología* (G. S. Eduardo Domínguez, Hugo R. Fernández (ed.); Fundación. Fundación Miguel Lillo. Domínguez, E. & H. R. Fernández (Eds.). 2009. Macroinvertebrados bentónicos sudamericanos. Sistemática y biología. Fundación Miguel Lillo, Tucumán, Argentina. 656 pp.
- Espinosa Pujo, T. H. (2019). Manejo del agua en la minería artesanal y de pequeña escala de oro en el municipio de Segovia Antioquia. *Alliance for Responsible Mining (Arm)*, 57(4), 1–8.
<https://www.responsiblemines.org/2019/03/manejo-del-agua-en-la-mineria-artesanal-y-de-pequena-escala-de-aluvion/>
- Gabriel Alfonso Roldán Perez. (1996). *Guía para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos del departamento de Antioquia* (U. de Antioquia (ed.); Impreades).
- Giraldo, L. P., Chará, J., Del Carmen Zúñiga, M., Chará-Serna, A. M., & Pedraza, G. (2014). Impacto del uso del suelo agropecuario sobre macroinvertebrados acuáticos en pequeñas quebradas de la cuenca del río La Vieja (Valle del Cauca, Colombia). *Revista de Biología Tropical*, 62(April), 203–219. <https://doi.org/10.15517/rbt.v62i0.15788>
- ICONTEC. (1996). *NORMA TÉCNICA NTC-ISO COLOMBIANA 5667-6*.
- ICONTEC. (2004). Norma Técnica Colombiana NTC-ISO-5667-3: Calidad del agua. Muestreo. Parte 3: Directrices para la preservación y manejo de las muestras. *Norma Técnica Colombiana*, 57.
- IDEAM. (2007). Instructivo Para La Toma De Muestras De Aguas Residuales. *Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial – República de Colombia*, 3, 17.

http://www.ideam.gov.co/documents/14691/38158/Toma_Muestras_AguasResiduales.pdf/f5baddf0-7d86-4598-bebd-0e123479d428

INVEVAR. (2003). MANUAL DE TÉCNICAS ANALÍTICAS PARA LA DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS Y CONTAMINANTES MARINOS (AGUAS, SEDIMENTOS Y ORGANISMOS). *INSTITUTO DE INVESTIGACIONES MARINAS Y COSTERAS José Benito Vives De Andrés –INVEVAR Vinculado Al Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial Programa CALIDAD AMBIENTAL MARINA – CAM MANUAL.*

Inclan, L. A. B. (2003). *Efecto de aguas contaminadas en ecosistemas continentales y manejo de cuencas.*

Ingrid Alexandra Rivera Díaz, Jannis Johana Medina Ramos, Lizeth Espinosa Ramirez, I. N. L. M. (2014). Estrategias ambientales de uso y manejo de suelos en la cuenca media del río El Palmar en el municipio de Ubaque, Cundinamarca. In *Universidad Libre, Bogotá* (Vol. 53, Issue 9).

Ladrera, R., Rieradevall, M., & Prat, N. (2013). Macroinvertebrados Acuáticos Como Indicadores Biológicos: Una Herramienta Didáctica. *Revista de Didáctica* 11, 2013, 19. http://www.ehu.eus/ikastorratza/11_alea/macro.pdf

López, A. G. (2016). *Variación espacial y temporal de las comunidades de parásitos metazoarios DE Carangoides caballus (günther, 1868) en el norte del pacífico colombiano.* 1–143.

Marcelo Alejandro Sanhueza Ulloa. (2010). *Comparación de dos comunidades de macroinvertebrados acuáticos bajo un bosque Siempreverde y una plantación de Pinus radiata D. Don en la provincia de Valdivia.* Universidad Austral de Chile .

-
- Menchaca Dávila, M., & Alvarado Michi, E. (2011). Efectos antropogénicos provocados por los usuarios del agua en la microcuenca del Río Pixquiac. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 2(1), 85–96. <http://www.scielo.org.mx/pdf/remexca/v2nspe1/v2spe1a7.pdf>
- Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo. (2014). *Guía Técnica para la formulación de los POMCAS*. 104.
- Passuni, E. O. (2017). *Variación espacial del ensamblaje de macroinvertebrados bentónicos en la cuenca del río Ponasa (distritos de Shaboyacu, Tingo de Ponasa y Pucacaca, provincia de Picota, departamento de San Martín) y su utilidad como indicadores de la calidad del agua*. I(November 2005), 1–37. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.19993.21606>
- Paul Hanson, Monika Springer, & A. R. (2017). Introducción a los grupos de macroinvertebrados acuáticos. In Universidad de Costa Rica (Ed.), *Introducción a los grupos de macroinvertebrados acuáticos* (Vol. 91, pp. 399–404).
- Perez, A. L., & Torres, F. A. (2019). *Propuesta de uso de bioindicadores acuáticos para determinar la calidad hídrica de la microcuenca La Tablona municipio de Yopal, departamento de Casanare y su incorporación en el ordenamiento hidrográfico*. 4(3), 57–71. <http://marefateadyan.nashriyat.ir/node/150>
- Ramírez, Y. P., Giraldo, L. P., Zúñiga, C., Ramos, B. C., & Chará, J. (2018). *Influencia de la ganadería en los macroinvertebrados acuáticos en microcuencas de los Andes centrales de Colombia*. 66(September), 1244–1257.
- Reece, P. F., & Richardson, J. S. (1999). Biomonitoring con la condición de referencia Enfoque para la detección de ecosistemas acuáticos en riesgo. *Proceedings of a Conference on the Biology Management of Species and Habitats at Risk, Schindler 1987*, 549–552.

-
- Roldán-Pérez, G. (2016). Los macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad del agua: cuatro décadas de desarrollo en Colombia y Latinoamérica. *Revista de La Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 40(155), 254. <https://doi.org/10.18257/raccefyn.335>
- Roldán Pérez Gabriel. (1999). *Los Macroinvertebrados y su valor como indicadores de la calidad del agua*. (p. 13). Universidad de Antioquia- Colombia.
- Rosenberg, D. M., & Harper Resh, V. H. (2013). Vigilancia biológica de aguas dulces y macroinvertebrados bentónicos. *Journal of Applied Probability*, 32(1), 10–12.
- Sánchez Martínez, D. V. (2017). Calidad del agua. Boletín Científico De La Escuela Superior Atotonilco De Tula, 4(7).
- Severiche, C., Castillo, M., & Acevedo, R. (2013). *Manual de Métodos Analíticos para la Determinación de Parámetros Fisicoquímicos Básicos en Aguas*. 69–72. <https://doi.org/Biblioteca Virtual EUMED.NET>
- Silva, E., & González, M. (2017). *Impactos del nitrógeno agrícola en los ecosistemas acuáticos*.
- Silva, L. C. ., Vieira, L. C. ., Costa, D. ., Lima, F., Vital, M. V. ., Carvalho, R. ., Silviera, A. V. ., & Oliveira, L. . (2005). Muestreadores cualitativos y cuantitativos de macroinvertebrados bentónicos en arroyos de la sabana: un enfoque comparativo. *October*, 17(2), 123–128.
- Spangler, P. J., & Fragoso, S. S. (1992). La subfamilia de escarabajos acuáticos Larainae (Coleoptera: Elmidae) en México, América Central y las Indias Occidentales. *Smithsonian Contributions to Zoology*, 528, 1–74. <https://doi.org/10.5479/si.00810282.528>
- Toapanta, M. I. (2009). Calidad del agua: Grasas y Aceites. *Grasas y Aceites*.

<https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/6161/8/GRASASYACEITES.pdf>

Torres, B. M. C. (2015). Variaciones Espaciales En Las Comunidades De Macroinvertebrados Acuaticos De Las Quebradas Helechuzal Y Banderas En Dos Epocas Con Diferente Regimen Climatico En El Municipio De Isnos Departamento Del Huila [Universidad de Manizales]. In *Journal of Chemical Information and Modeling* (Vol. 53, Issue 9). <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>

Vásquez, G. S., Castro, G. M., Gonzáles, I. M., Pérez, R. R., & Castro, T. B. (2006). Bioindicadores como herramientas para determinar la calidad del agua. *ContactoS*, 60, 41–48. <http://www.izt.uam.mx/contactos/n60ne/Bio-agua.pdf>

Anexo A. Encuestas

			INSTITUTO TECNOLÓGICO DEL PUTUMAYO FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS BÁSICAS PROGRAMA: INGENIERÍA AMBIENTAL		
A. DATOS DE CONTROL					
FECHA DE APLICACIÓN			NÚMERO DE LA ENCUESTA		
DI A 12	MES 04	AÑO 2022	ENCUESTADOR	Jennifer Yulieth Casanova	
			ENCUESTADO	Wilmar Gómez	
OBSERVACIONES					
B. GENERALIDADES					
Nombre de la unidad productiva: San Isidro					
Trabaja en la unidad productiva a. <input checked="" type="radio"/> SI b. NO					
Área de la unidad productiva: Cuenta con 50 hectáreas las cuales están divididas de la siguiente manera: 2 hrs cultivo de café, 25 hrs de potrero y el resto en montaña.					
¿En qué condiciones ambientales considera usted que se encuentra la unidad productiva? (Donde 1 es pésima y 5 es excelente)					

1 2 3 4 5

Existe una vivienda en el terreno

a. SI

b. NO

6. No. de años de residencia en la unidad productiva

a. Menos de dos años 15 años

b. 2-4 años

c. 5-9 años

d. 10 y más años

C. IDENTIFICACIÓN DE LA ACTIVIDAD ECONÓMICA

8. Actividades económicas que se desarrollan en la unidad productiva:

a. Cultivos agrícolas transitorios

b. Explotación mixta (agrícola y pecuaria)

c. Cultivos agrícolas permanentes

d. Ganadería 15 cabezas de ganado

e. Propagación de plantas (vivero)

f. De apoyo a la ganadería y agricultura

g. Otros


Hace cuanto desarrolla estas actividades


Hace 10 años

Finalidad económica de estas actividades

Sustento

D. DESARROLLO DE LA ACTIVIDAD ECONÓMICA

Identifique las etapas de la actividad	
Medios productores en el predio (Maquinaria) Guadaña, pica, pala, machete.	
Identifique los problemas más recurrentes que afronta en el desarrollo de esas actividades	
Áreas del lugar donde se realizan las actividades económicas en hectáreas 9*6 área 6*12 área	
Señale los insumos o materias primas que utiliza en las actividades económicas señaladas Abono orgánico, cal	
Detalle la concentración y frecuencia de uso de fertilizantes, agroquímicos, herbicidas, pesticidas o insecticidas utilizados en la unidad productiva.	
 <p>El Saber como Arma de Vida</p>	<p>INSTITUTO TECNOLÓGICO DEL PUTUMAYO FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS BÁSICAS PROGRAMA: INGENIERÍA AMBIENTAL</p>
A. DATOS DE CONTROL	


FECHA DE APLICACIÓN			NÚMERO DE LA ENCUESTA	
DIA 17	MES 04	AÑO 2022	ENCUESTADOR	Jennifer Yulieth Casanova
			ENCUESTADO	Edilma Pérez
OBSERVACIONES				
B. GENERALIDADES				
¿Cuenta con un sistema de tanques sépticos? No cuenta con pozo séptico				
¿Cuántas personas habitan en su casa? 6 personas				
Ubicación del punto de vertimiento (Coordenada):				
¿En su proceso productivo utiliza agua? Si				
¿Cuál es su consumo mensual de agua en metros cúbicos? a. Menos de 50 m3 b. Entre 50 y 80 m3 <input checked="" type="radio"/> c. Entre 81 y 110 m3 d. Más de 110 m3				
¿Conoce usted la normatividad sobre el vertimiento de aguas residuales domésticas? Si conozco algunas cosas relativas al tema				
Describa los residuos sólidos y/o líquidos que vierte en la fuente hídrica. Aguas residuales como de la cocina y el baño				
			INSTITUTO TECNOLÓGICO DEL PUTUMAYO	


			FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS BÁSICAS	
			PROGRAMA: INGENIERÍA AMBIENTAL	
A. DATOS DE CONTROL				
FECHA DE APLICACIÓN			NÚMERO DE LA ENCUESTA	
DÍA	MES	AÑO	ENCUESTADOR	Jennifer Yulieth Casanova
17	04	2022		
			ENCUESTADO	Omaira Bastidas
OBSERVACIONES				
B. GENERALIDADES				
¿Cuenta con un sistema de tanques sépticos? Si cuenta con pozo séptico				
¿Cuántas personas habitan en su casa? 3 personas				
Ubicación del punto de vertimiento (Coordenada):				
¿En su proceso productivo utiliza agua?				
Si				
¿Cuál es su consumo mensual de agua en metros cúbicos?				
a. Menos de 50 m ³				
b. Entre 50 y 80 m ³				
c. Entre 81 y 110 m ³				
d. Más de 110 m ³				
¿Conoce usted la normatividad sobre el vertimiento de aguas residuales domésticas?				
Si conozco algunas cosas relativas al tema				


<p>Describe los residuos sólidos y/o líquidos que vierte en la fuente hídrica.</p> <p>No</p>				
 <p>INSTITUTO TECNOLÓGICO DEL PUTUMAYO El Saber como Arma de Vida</p>			<p>INSTITUTO TECNOLÓGICO DEL PUTUMAYO FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS BÁSICAS PROGRAMA: INGENIERÍA AMBIENTAL</p>	
A. DATOS DE CONTROL				
FECHA DE APLICACIÓN			NÚMERO DE LA ENCUESTA	
DIA	MES	AÑO	ENCUESTADOR	Jennifer Yulieth Casanova
17	04	2022		
			ENCUESTADO	José Luis Quiroz
OBSERVACIONES				
B. GENERALIDADES				
¿Cuenta con un sistema de tanques sépticos? Si cuenta con pozo séptico				
¿Cuántas personas habitan en su casa? 3 personas				
Ubicación del punto de vertimiento (Coordenada):				
¿En su proceso productivo utiliza agua?				
Si				
¿Cuál es su consumo mensual de agua en metros cúbicos?				
a. Menos de 50 m ³				
b. Entre 50 y 80 m ³				

10

0

<p>c. Entre 81 y 110 m³</p> <p>d. Más de 110 m³</p>				
<p>¿Conoce usted la normatividad sobre el vertimiento de aguas residuales domésticas?</p> <p>No conozco muy bien el tema</p>				
<p>Describa los residuos sólidos y/o líquidos que vierte en la fuente hídrica.</p> <p>No</p>				
 <p>El Saber como Arma de Vida</p>			<p>INSTITUTO TECNOLÓGICO DEL PUTUMAYO</p> <p>FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS BÁSICAS</p> <p>PROGRAMA: INGENIERÍA AMBIENTAL</p>	
A. DATOS DE CONTROL				
FECHA DE APLICACIÓN			NÚMERO DE LA ENCUESTA	
DÍA	MES	AÑO	ENCUESTADOR	Jennifer Yulieth Casanova
17	04	2022	ENCUESTADO	Estela Alegría
OBSERVACIONES				
B. GENERALIDADES				
¿Cuenta con un sistema de tanques sépticos? Si cuenta con pozo séptico				
¿Cuántas personas habitan en su casa? 8 personas				

Ubicación del punto de vertimiento (Coordenada):				
¿En su proceso productivo utiliza agua?				
Si				
¿Cuál es su consumo mensual de agua en metros cúbicos?				
a. Menos de 50 m ³				
b. Entre 50 y 80 m ³				
c. Entre 81 y 110 m ³				
d. Más de 110 m ³				
¿Conoce usted la normatividad sobre el vertimiento de aguas residuales domésticas?				
Si conozco algunas cosas relacionadas con el tema				
Describa los residuos sólidos y/o líquidos que vierte en la fuente hídrica.				
No				
 <p>INSTITUTO TECNOLÓGICO DEL PUTUMAYO El Saber como Arma de Vida</p>		<p>INSTITUTO TECNOLÓGICO DEL PUTUMAYO FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS BÁSICAS PROGRAMA: INGENIERÍA AMBIENTAL</p>		
A. DATOS DE CONTROL				
FECHA DE APLICACIÓN			NÚMERO DE LA ENCUESTA	
DÍA	MES	AÑO	ENCUESTADOR	Jennifer Yulieth Casanova
17	04	2022		
			ENCUESTADO	Pablo Guerrón

OBSERVACIONES	
B. GENERALIDADES	
¿Cuenta con un sistema de tanques sépticos? Si cuenta con poso séptico	
¿Cuántas personas habitan en su casa? 3 personas	
Ubicación del punto de vertimiento (Coordenada):	
¿En su proceso productivo utiliza agua? Si	
¿Cuál es su consumo mensual de agua en metros cúbicos? a. Menos de 50 m ³ b. Entre 50 y 80 m ³ <input checked="" type="radio"/> c. Entre 81 y 110 m ³ d. Más de 110 m ³	
¿Conoce usted la normatividad sobre el vertimiento de aguas residuales domésticas? No conozco muy bien el tema	
Describa los residuos sólidos y/o líquidos que vierte en la fuente hídrica. No	
 <p>El Saber como Arma de Vida</p>	INSTITUTO TECNOLÓGICO DEL PUTUMAYO FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS BÁSICAS PROGRAMA: INGENIERÍA AMBIENTAL
A. DATOS DE CONTROL	

FECHA DE APLICACIÓN			NÚMERO DE LA ENCUESTA	
DIA 17	MES 04	AÑO 2022	ENCUESTADOR	Jennifer Yulieth Casanova Jennifer Yulieth Casanova
			ENCUESTADO	Kelly Portilla
OBSERVACIONES				
B. GENERALIDADES				
¿Cuenta con un sistema de tanques sépticos? Si cuenta con poso séptico				
¿Cuántas personas habitan en su casa? 7 personas				
Ubicación del punto de vertimiento (Coordenada):				
¿En su proceso productivo utiliza agua? Si				
¿Cuál es su consumo mensual de agua en metros cúbicos? a. Menos de 50 m3 b. Entre 50 y 80 m3 <input checked="" type="radio"/> c. Entre 81 y 110 m3 d. Más de 110 m3				
¿Conoce usted la normatividad sobre el vertimiento de aguas residuales domésticas? No conozco muy bien el tema				
Describa los residuos sólidos y/o líquidos que vierte en la fuente hídrica. No				

			INSTITUTO TECNOLÓGICO DEL PUTUMAYO FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS BÁSICAS PROGRAMA: INGENIERÍA AMBIENTAL		
A. DATOS DE CONTROL					
FECHA DE APLICACIÓN			NÚMERO DE LA ENCUESTA		
DIA	MES	AÑO	ENCUESTADOR	Karold Rodríguez	
17	04	2022			
			ENCUESTADO	Claudia Gelpud	
OBSERVACIONES					
B. GENERALIDADES					
¿Cuenta con un sistema de tanques sépticos? No cuenta con poso séptico					
¿Cuántas personas habitan en su casa? 6 personas					
Ubicación del punto de vertimiento (Coordenada):					
¿En su proceso productivo utiliza agua? Si					
¿Cuál es su consumo mensual de agua en metros cúbicos? a. Menos de 50 m3 b. Entre 50 y 80 m3 <input checked="" type="radio"/> c. Entre 81 y 110 m3 d. Más de 110 m3					

<p>¿Conoce usted la normatividad sobre el vertimiento de aguas residuales domésticas?</p> <p>No conozco muy bien el tema</p>				
<p>Describa los residuos sólidos y/o líquidos que vierte en la fuente hídrica.</p> <p>Aguas residuales como la de la cocina, baño y ducha</p>				
 <p>El Saber como Arma de Vida</p>		<p>INSTITUTO TECNOLÓGICO DEL PUTUMAYO FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS BÁSICAS PROGRAMA: INGENIERÍA AMBIENTAL</p>		
A. DATOS DE CONTROL				
FECHA DE APLICACIÓN			NÚMERO DE LA ENCUESTA	
DÍA	MES	AÑO	ENCUESTADOR	Karold Rodríguez
17	04	2022		
			ENCUESTADO	Jonny Piamba
OBSERVACIONES				
B. GENERALIDADES				
¿Cuenta con un sistema de tanques sépticos? No cuenta con pozo séptico				
¿Cuántas personas habitan en su casa? 4 personas				
Ubicación del punto de vertimiento (Coordenada):				
¿En su proceso productivo utiliza agua?				
Si				

10

6

¿Cuál es su consumo mensual de agua en metros cúbicos?

- a. Menos de 50 m³
- b. Entre 50 y 80 m³
- c. Entre 81 y 110 m³
- d. Más de 110 m³

¿Conoce usted la normatividad sobre el vertimiento de aguas residuales domésticas?

Sí conozco algunas cosas sobre el tema

Describa los residuos sólidos y/o líquidos que vierte en la fuente hídrica.

Aguas residuales como la de los baños y cocina




INSTITUTO TECNOLÓGICO DEL PUTUMAYO
FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS BÁSICAS
PROGRAMA: INGENIERÍA AMBIENTAL


A. DATOS DE CONTROL

FECHA DE APLICACIÓN			NÚMERO DE LA ENCUESTA	
DÍA	MES	AÑO	ENCUESTADOR	Karold Rodríguez
17	04	2022		
			ENCUESTADO	Angie Garces
OBSERVACIONES				

B. GENERALIDADES


¿Cuenta con un sistema de tanques sépticos? No cuenta con pozo séptico

¿Cuántas personas habitan en su casa? 5 personas				
Ubicación del punto de vertimiento (Coordenada):				
¿En su proceso productivo utiliza agua? Si				
¿Cuál es su consumo mensual de agua en metros cúbicos? a. Menos de 50 m3 b. Entre 50 y 80 m3 <input checked="" type="radio"/> c. Entre 81 y 110 m3 d. Más de 110 m3				
¿Conoce usted la normatividad sobre el vertimiento de aguas residuales domésticas? No conozco muy bien el tema				
Describa los residuos sólidos y/o líquidos que vierte en la fuente hídrica. Aguas residuales como la de los baños y cocina				
 <p>INSTITUTO TECNOLÓGICO DEL PUTUMAYO El Saber como Arma de Vida</p>		<p>INSTITUTO TECNOLÓGICO DEL PUTUMAYO FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS BÁSICAS PROGRAMA: INGENIERÍA AMBIENTAL</p>		
A. DATOS DE CONTROL				
FECHA DE APLICACIÓN			NÚMERO DE LA ENCUESTA	
DÍA	MES	AÑO	ENCUESTADOR	Karold Rodríguez
17	04	2022		

	ENCUESTADO	Angela Castillo
OBSERVACIONES		
B. GENERALIDADES		
¿Cuenta con un sistema de tanques sépticos? Si cuenta con pozo séptico		
¿Cuántas personas habitan en su casa? 2 personas		
Ubicación del punto de vertimiento (Coordenada):		
¿En su proceso productivo utiliza agua? Si		
¿Cuál es su consumo mensual de agua en metros cúbicos? a. Menos de 50 m3 <input checked="" type="radio"/> b. Entre 50 y 80 m3 c. Entre 81 y 110 m3 d. Más de 110 m3		
¿Conoce usted la normatividad sobre el vertimiento de aguas residuales domésticas? No conozco muy bien el tema		
Describa los residuos sólidos y/o líquidos que vierte en la fuente hídrica. No		
 <p>El Saber como Arma de Vida</p>		INSTITUTO TECNOLÓGICO DEL PUTUMAYO FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS BÁSICAS PROGRAMA: INGENIERÍA AMBIENTAL


A. DATOS DE CONTROL				
FECHA DE APLICACIÓN			NÚMERO DE LA ENCUESTA	
DIA	MES	AÑO	ENCUESTADOR	Karold Rodríguez
17	04	2022		
			ENCUESTADO	Edgar Rodríguez
OBSERVACIONES				
B. GENERALIDADES				
¿Cuenta con un sistema de tanques sépticos? No cuenta con pozo séptico				
¿Cuántas personas habitan en su casa? 4 personas				
Ubicación del punto de vertimiento (Coordenada):				
¿En su proceso productivo utiliza agua? Si				
¿Cuál es su consumo mensual de agua en metros cúbicos? a. Menos de 50 m3 b. Entre 50 y 80 m3 <input checked="" type="radio"/> c. Entre 81 y 110 m3 d. Más de 110 m3				
¿Conoce usted la normatividad sobre el vertimiento de aguas residuales domésticas? No conozco muy bien el tema				
Describa los residuos sólidos y/o líquidos que vierte en la fuente hídrica. Aguas residuales como la de los baños y cocina				


			INSTITUTO TECNOLÓGICO DEL PUTUMAYO FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS BÁSICAS PROGRAMA: INGENIERÍA AMBIENTAL	
A. DATOS DE CONTROL				
FECHA DE APLICACIÓN			NÚMERO DE LA ENCUESTA	
DIA	MES	AÑO	ENCUESTADOR	Karold Rodríguez
17	04	2022		
			ENCUESTADO	Rubí Cerón
OBSERVACIONES				
B. GENERALIDADES				
¿Cuenta con un sistema de tanques sépticos? No cuenta con pozo séptico				
¿Cuántas personas habitan en su casa? 5 personas				
Ubicación del punto de vertimiento (Coordenada):				
¿En su proceso productivo utiliza agua? Si				
¿Cuál es su consumo mensual de agua en metros cúbicos? a. Menos de 50 m3 b. Entre 50 y 80 m3 c. Entre 81 y 110 m3				


d. Más de 110 m3				
¿Conoce usted la normatividad sobre el vertimiento de aguas residuales domésticas?				
No conozco muy bien el tema				
Describa los residuos sólidos y/o líquidos que vierte en la fuente hídrica.				
Aguas residuales como la de los baños y cocina				
 <p>INSTITUTO TECNOLÓGICO DEL PUTUMAYO El Saber como Arma de Vida</p>			<p>INSTITUTO TECNOLÓGICO DEL PUTUMAYO FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS BÁSICAS PROGRAMA: INGENIERÍA AMBIENTAL</p>	
A. DATOS DE CONTROL				
FECHA DE APLICACIÓN			NÚMERO DE LA ENCUESTA	
DÍA	MES	AÑO	ENCUESTADOR	Karold Rodríguez
17	04	2022		
			ENCUESTADO	Hermes Chicunque
OBSERVACIONES				
B. GENERALIDADES				
¿Cuenta con un sistema de tanques sépticos? Si cuenta con pozo séptico				
¿Cuántas personas habitan en su casa? 4 personas				
Ubicación del punto de vertimiento (Coordenada):				

11


2

¿En su proceso productivo utiliza agua?				
Si				
¿Cuál es su consumo mensual de agua en metros cúbicos?				
a. Menos de 50 m3				
b. Entre 50 y 80 m3				
c. Entre 81 y 110 m3				
d. Más de 110 m3				
¿Conoce usted la normatividad sobre el vertimiento de aguas residuales domésticas?				
Si conozco algunas cosas relacionadas con el tema				
Describa los residuos sólidos y/o líquidos que vierte en la fuente hídrica.				
No				
 <p>INSTITUTO TECNOLÓGICO DEL PUTUMAYO El Saber como Arma de Vida</p>		<p>INSTITUTO TECNOLÓGICO DEL PUTUMAYO FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS BÁSICAS PROGRAMA: INGENIERÍA AMBIENTAL</p>		
A. DATOS DE CONTROL				
FECHA DE APLICACIÓN			NÚMERO DE LA ENCUESTA	
DÍA	MES	AÑO	ENCUESTADOR	Karold Rodríguez
17	04	2022		
			ENCUESTADO	Blanca Narváez
OBSERVACIONES				

B. GENERALIDADES		
¿Cuenta con un sistema de tanques sépticos? Si cuenta con pozo séptico		
¿Cuántas personas habitan en su casa? 2 personas		
Ubicación del punto de vertimiento (Coordenada):		
¿En su proceso productivo utiliza agua? Si		
¿Cuál es su consumo mensual de agua en metros cúbicos? <input checked="" type="radio"/> a. Menos de 50 m ³ <input type="radio"/> b. Entre 50 y 80 m ³ <input type="radio"/> c. Entre 81 y 110 m ³ <input type="radio"/> d. Más de 110 m ³		
¿Conoce usted la normatividad sobre el vertimiento de aguas residuales domésticas? No conozco muy bien el tema		
Describa los residuos sólidos y/o líquidos que vierte en la fuente hídrica. No		
 <p>INSTITUTO TECNOLÓGICO DEL PUTUMAYO El Saber como Arma de Vida</p>	<p>INSTITUTO TECNOLÓGICO DEL PUTUMAYO FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS BÁSICAS PROGRAMA: INGENIERÍA AMBIENTAL</p>	
A. DATOS DE CONTROL		
FECHA DE APLICACIÓN	NÚMERO DE LA ENCUESTA	

DIA 17	MES 04	AÑO 2022	ENCUESTADOR	Gersy Brigitte Cerón
			ENCUESTADO	Sandra Méndez
OBSERVACIONES				
B. GENERALIDADES				
¿Cuenta con un sistema de tanques sépticos? Si cuenta con pozo séptico				
¿Cuántas personas habitan en su casa? 4 personas				
Ubicación del punto de vertimiento (Coordenada):				
¿En su proceso productivo utiliza agua? Si				
¿Cuál es su consumo mensual de agua en metros cúbicos? a. Menos de 50 m ³ b. Entre 50 y 80 m ³ c. Entre 81 y 110 m ³ d. Más de 110 m ³				
¿Conoce usted la normatividad sobre el vertimiento de aguas residuales domésticas? No conozco muy bien el tema				
Describa los residuos sólidos y/o líquidos que vierte en la fuente hídrica. Aguas residuales como la de los baños y cocina				
			INSTITUTO TECNOLÓGICO DEL PUTUMAYO FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS BÁSICAS	

			PROGRAMA: INGENIERÍA AMBIENTAL	
A. DATOS DE CONTROL				
FECHA DE APLICACIÓN			NÚMERO DE LA ENCUESTA	
DIA	MES	AÑO	ENCUESTADOR	Gersy Brigitte Cerón
17	04	2022		
			ENCUESTADO	Segundo Tapia
OBSERVACIONES				
B. GENERALIDADES				
¿Cuenta con un sistema de tanques sépticos? No cuenta con pozo séptico				
¿Cuántas personas habitan en su casa? 5 personas				
Ubicación del punto de vertimiento (Coordenada):				
¿En su proceso productivo utiliza agua? Si				
¿Cuál es su consumo mensual de agua en metros cúbicos? a. Menos de 50 m3 b. Entre 50 y 80 m3 <input checked="" type="radio"/> c. Entre 81 y 110 m3 d. Más de 110 m3				
¿Conoce usted la normatividad sobre el vertimiento de aguas residuales domésticas? No conozco muy bien el tema				
Describa los residuos sólidos y/o líquidos que vierte en la fuente hídrica.				

Aguas residuales como la de los baños y cocina				
 <p>INSTITUTO TECNOLÓGICO DEL PUTUMAYO El Saber como Arma de Vida</p>			<p>INSTITUTO TECNOLÓGICO DEL PUTUMAYO FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS BÁSICAS PROGRAMA: INGENIERÍA AMBIENTAL</p>	
A. DATOS DE CONTROL				
FECHA DE APLICACIÓN			NÚMERO DE LA ENCUESTA	
DIA	MES	AÑO	ENCUESTADOR	Gersy Brigitte Cerón
17	04	2022		
			ENCUESTADO	Emperatriz Ruiz
OBSERVACIONES				
B. GENERALIDADES				
¿Cuenta con un sistema de tanques sépticos? No cuenta con pozo séptico				
¿Cuántas personas habitan en su casa? 5 personas				
Ubicación del punto de vertimiento (Coordenada):				
¿En su proceso productivo utiliza agua? Si				
¿Cuál es su consumo mensual de agua en metros cúbicos? a. Menos de 50 m3				

b. Entre 50 y 80 m³

c. Entre 81 y 110 m³

d. Más de 110 m³

¿Conoce usted la normatividad sobre el vertimiento de aguas residuales domésticas?

No conozco muy bien el tema

Describa los residuos sólidos y/o líquidos que vierte en la fuente hídrica.

Aguas residuales como la de los baños y cocina



INSTITUTO TECNOLÓGICO DEL PUTUMAYO
FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS BÁSICAS
PROGRAMA: INGENIERÍA AMBIENTAL

A. DATOS DE CONTROL

FECHA DE APLICACIÓN			NÚMERO DE LA ENCUESTA	
DÍA	MES	AÑO	ENCUESTADOR	Gersy Brigitte Cerón
17	04	2022	ENCUESTADO	Carmen Sánchez
OBSERVACIONES				

B. GENERALIDADES

¿Cuenta con un sistema de tanques sépticos? No cuenta con pozo séptico

¿Cuántas personas habitan en su casa? 3 personas

Ubicación del punto de vertimiento (Coordenada):

¿En su proceso productivo utiliza agua?

Si

¿Cuál es su consumo mensual de agua en metros cúbicos?

- a. Menos de 50 m³
- b. Entre 50 y 80 m³
- c. Entre 81 y 110 m³
- d. Más de 110 m³

¿Conoce usted la normatividad sobre el vertimiento de aguas residuales domésticas?

No conozco muy bien el tema

Describe los residuos sólidos y/o líquidos que vierte en la fuente hídrica.

Aguas residuales como la de los baños y cocina