

Identificación del impacto ocasionado por la actividad agrícola en las fuentes hídricas. Revisión bibliográfica

Juan David García Yarce
Jenifer Tatiana Cabrera Benavidez
Martín Felipe Morales Erazo
Estudiantes de Ingeniería Ambiental
Universidad de Nariño

Resumen

El presente artículo se deriva de una revisión documental de corte cualitativo, con el cual se quiere describir el impacto ocasionado por la actividad agrícola en las fuentes hídricas en el territorio colombiano. Se realizó la búsqueda de referentes bibliográficos en diversas bases de datos y revistas especializadas, de la cual se encontró 21 publicaciones, entre artículos y tesis de grado de estudios realizados en Colombia. A partir de la revisión se puede concluir que la situación de las fuentes hídricas en Colombia no es alentadora, ya que existen situaciones graves de contaminación en las fuentes hídricas, derivadas de la actividad agrícola, así como también por el manejo de las personas en la recolección y desecho de residuos sólidos de diversas actividades agrícolas, industriales y del hogar. Asimismo, se presenta algunas estrategias encaminadas a mitigar el riesgo de contaminación de las fuentes hídricas.

Palabras clave: fuentes hídricas, contaminación, composición, ambiente.

Introducción

En Colombia se ha generado varias políticas para la conservación del medioambiente, con el fin de garantizar la recuperación, conservación, protección, ordenamiento, manejo, uso y aprovechamiento sostenible de los recursos naturales renovables del país. En este sentido, desde el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, se ha generado políticas públicas ambientales a la par del seguimiento que debe hacerse a su gestión a nivel territorial, en departamentos y sus municipios (Ariza, 2021); entre ellas la Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2010), la cual presenta como objetivo específico: mejorar la calidad y minimizar la contaminación del recurso hídrico, que, para el departamento de Nariño, se debe implementar bajo la dirección de CORPONARIÑO, que asume las metas impartidas desde el orden nacional para la región nariñense.

Teniendo en cuenta esta política, además de otra políticas para el cuidado del medioambiente, radica la importancia de desarrollar investigaciones de impacto social, que, desde la academia, pueden fortalecer o proveer información que sustente no solo las

condiciones de la región, sino también el cumplimiento de las directrices gubernamentales para el cuidado de las fuentes hídricas, partiendo de que el recurso hídrico de una sociedad es uno de los componentes naturales más importantes para el desarrollo económico y social (Lozano y Ramírez, 2017); desafortunadamente, en Colombia, es uno de los recursos que mayor contaminación y mal manejo presenta, debido a la falta de una adecuada implementación de planes de gestión en los municipios.

Uno de los factores conocidos que más genera contaminación a las fuentes hídricas es la actividad agrícola, tal como lo manifiestan varios estudios, como es el caso de Capera y Sánchez (2018), cuya investigación evidenció la contaminación por pulpa y mucílago del café, ya que son depositados en las quebradas, causando malos olores y cambios en los componentes químicos del agua, convirtiéndose en no apta para el consumo humano y para la fauna de los ríos.

Igualmente, se encuentra el estudio de Bello (2020), donde se concluye que los habitantes de la región donde desarrollaron la investigación no son conscientes del daño ambiental que ocasionan las actividades de agricultura realizadas en la región del páramo donde

habitan, debido a que no han tenido acompañamiento o asesoría para la conservación del medioambiente, en especial de las fuentes hídricas.

En el departamento de Nariño también se ha realizado estudios donde se considera que existen graves problemas de contaminación en las fuentes de agua, lo cual afecta el consumo humano, como consecuencia del mal manejo del medioambiente por parte de los habitantes y también por falta o mala gestión de los entes territoriales (Muñoz y Delgado, 2019); otro referente evidencia la problemática de la región por la contaminación de fuentes hídricas superficiales debido al uso de plaguicidas en el cultivo de arveja en Ipiales (Álvarez-Sánchez et al., 2020).

Por lo anterior, es evidente que el manejo inadecuado de los residuos sólidos, resultado del beneficio de los cultivos, así como el uso de químicos como plaguicidas para la actividad de la agricultura son factores que están deteriorando las fuentes hídricas, por lo cual se justifica el presente estudio, teniendo en cuenta la importancia de realizar una revisión bibliográfica sobre otras experiencias investigativas en Colombia, que den cuenta del impacto sobre las fuentes hídricas ocasionado por la actividad agrícola. Por lo anterior, se expone como objetivos específicos: identificar estudios relacionados con la contaminación del recurso hídrico en el territorio colombiano y conocer las estrategias de mitigación del riesgo de contaminación de las fuentes hídricas. Esto se realizará a través de una revisión documental de artículos científicos y tesis de grado de repositorios; se presentará los resultados de manera descriptiva, de tal forma que sirva de línea de base para investigaciones aplicadas en la región.

Materiales y métodos

El presente artículo es resultado de un estudio cualitativo, con el cual se buscó comprender los fenómenos en relación con el impacto de las fuentes hídricas como consecuencia de la actividad agrícola, desarrollando la información en la descripción de ciertas situaciones. Cabe mencionar que este enfoque suele ser utilizado para el descubrimiento de preguntas de investigación. Así mismo, en la metodología cualitativa se incluyen estudios centrados en el lenguaje, como el interaccionismo simbólico; estudios centrados en patrones, como la teoría fundamentada en los significados de textos o acciones basados en la hermenéutica (Hernández-Sampieri y Mendoza, 2018), que permiten formular diferentes conceptos con el análisis de la información obtenida del material textual de estudio. Por lo tanto, se limitó con un enfoque

hermenéutico, porque permite reconocer la diversidad de la realidad para construir un sentido a partir de la lectura de textos (Quintero, 2011).

Técnicas e instrumentos de recolección de información

La técnica es la revisión documental sistémica, permite analizar información de forma cualitativa para estar al día en varios temas de interés tanto para el investigador como para el lector. El instrumento utilizado es la matriz en Excel para el vaciado de información, contiene las categorías y subcategorías derivadas de la información recolectada en el análisis documental, como estudio cualitativo, que se irá desarrollando y estructurando durante el análisis sistemático.

Se encontró artículos en bases de datos y revistas; algunas bases fueron las siguientes: Google académico, Scielo, Repositorios, Redalyc y revistas científicas especializadas. La búsqueda se hizo mediante las siguientes palabras clave: componentes de fuentes hídricas, contaminación de fuentes hídricas, estrategias de prevención de la contaminación de fuentes hídricas. La búsqueda arrojó 40 publicaciones, de las cuales se seleccionó 20 artículos, los cuales cumplieron con los siguientes criterios de inclusión: estudios realizados en Colombia, durante el periodo 2012-2021 y escritos en idioma español.

Discusión

Es una realidad que, a nivel mundial, hay presencia de enfermedades infecciosas y parasitarias debido a la mala calidad del agua. En Colombia, este fenómeno es muy común, a pesar de existir políticas públicas y un sistema de salud que, se supone, realiza programas de prevención y promoción de la salud a su población. Uno de los estudios encontrados fue el realizado en una comunidad indígena en Guambia, departamento del Cauca (Meza et al., 2012); en el que recogieron muestras de agua del río Cacique y de agua tratada del Hospital Mamá Dominga y del Colegio Las Delicias, encontrando una elevada cantidad de aerobios mesófilos en todas las muestras, con una elevada aparición de bacterias coliformes fecales y de la bacteria E-Coli, lo que se evidencia como la causa del alto porcentaje de consultas por problemas gastrointestinales y respiratorios. Este estudio presentó una línea de base para el desarrollo de programas del Plan de Atención Básica en Salud para generar mejores condiciones en la calidad de vida de los habitantes de la región.

Por otra parte, se ubicó un estudio denominado Determinación del caudal ambiental y su relación con



variables indicadoras de calidad del recurso hídrico; en el cual se hizo una correlación de las variables fisicoquímicas e índices de calidad del agua del río Las Piedras, teniendo en cuenta el caudal del río mensual desglosado por condición hidrológica, con la estimación de la correlación existente entre estos, a la vez que se evaluó la integridad biótica, con lo cual los autores pudieron establecer:

La determinación del Índice de Integridad Biótica para la comunidad de macroinvertebrados permitió identificar que la zona de estudio posee una buena o excelente calidad del recurso hídrico, esta justificación es necesaria reforzarla con la identificación del Índice de Integridad Biótica para una gran variedad de comunidades que sean específicas de cada cauce estudiado, con el fin de poder identificar los cambios generados en cada comunidad debidos a la alteración del caudal, de tal forma que se pueda establecer una diferencia más acorde entre el término de caudal ambiental y caudal ecológico al cual se refiere mucha literatura.

Es necesario tener en cuenta para posteriores estudios el término de factor de asimilación de la corriente, ya que, debido a su relación directa con el caudal, es posible que se pueda convertir en una herramienta de gran ayuda para la implantación de estrategias por parte de los entes encargados del manejo y control del recurso hídrico, permitiendo la identificación de los periodos que pueden presentar mayor vulnerabilidad a la contaminación externa en todas las fuentes hídricas. (Casanova y Figueroa, 2015, p. 22)

Dicho resultado justifica la importancia de los estudios en las fuentes hídricas, ya que brindan la información necesaria para sustentar la realización de programas preventivos y de cuidado de las fuentes hídricas, como uno de los recursos más importantes para la conservación de la salud y calidad de vida de las personas y como parte del cuidado del medioambiente.

En otra región del país, Meza et al. (2012) realizaron un estudio que tuvo como objetivo: “evaluar la composición de macroinvertebrados y la calidad del agua en zonas de río provistas de vegetación ribereña nativa y exótica y zonas sin vegetación” (p. 443), ubicadas en la cuenca alta del río Chinchiná, departamento de Caldas. El estudio arrojó como resultado que las zonas de la subcuenca alta del río Chinchiná en áreas protegidas y provistas de vegetación ribereña presentan mejor estado de calidad del agua que las zonas sin vegetación; sin embargo, es necesario avanzar en investigaciones que busquen

analizar la influencia del bosque ribereño como amortiguador de impactos de la ganadería y agricultura en la región (Meza et al., 2012). Dicho estudio es similar a otro realizado en el departamento del Cauca, en el río Ejido, el cual tiene gran importancia ecológica y social en la región, pues cruza la ciudad de Popayán; sin embargo, esta fuente hídrica se ha deteriorado debido a las actividades humanas, lo cual ha afectado gravemente al ecosistema. Este estudio realizó muestreos en 4 puntos de la ciudad, encontrándose una puntuación otorgada por el BMWP en clase V (menor de 15), siendo aguas altamente contaminadas, con una alta incidencia por los vertimientos de la central de sacrificio (matadero) y de la carencia de un sistema de alcantarillado (Velasco et al., 2016, p. 11), además concluye que el uso de bioindicadores es un método económico para evaluar rápidamente la condición del ecosistema (p.22).

Por otra parte, se revisó el estudio Diversidad de macroinvertebrados acuáticos y calidad de agua de quebradas abastecedoras del municipio de Manizales (González et al., 2012), cuyo objetivo fue “comparar la riqueza, composición de dichos organismos y la calidad del agua en dos quebradas abastecedoras” (p. 135); se tomó muestras con la Red Surber, con resultados del índice biótico BMWP, que indicaron que las dos quebradas evaluadas presentan buena calidad del agua. Los autores concluyeron que el agua de las fuentes hídricas que abastecen gran parte de la población de Manizales presenta buena calidad, evidenciada con el uso del índice biótico BMWP y parámetros fisicoquímicos, hecho que para la presente investigación es de gran aporte, por la evidencia que resulta de análisis profundos y especializados.

En otra región de Colombia, en las sabanas de Arauca, Mijares et al. (2019) desarrollaron un estudio que, si bien no tiene una relación directa con las fuentes hídricas, es fundamental para ver la relación con el ecosistema, al desarrollar estudios con métodos de muestreo de diversidad vegetal en sabanas.

Dichos estudios se ejecutaron en el periodo de lluvias o la transición lluvias-sequia. una de las implicaciones de este estudio en métodos de muestreo de diversidad vegetal en sabanas es que los mismos deben ser ejecutados en el periodo de lluvias o la transición lluvias-sequia. Esto es importante en estudios de impacto ambiental, desarrollados como requisito para cambiar o modificar el uso del suelo, debido a que muestreos realizados en la época seca subestimarán la riqueza de especies y podrían propiciar decisiones erradas que acarrearían la pérdida de biodiversidad en ecosistemas de sabana en la Orinoquia. (p. 419)

De igual forma, la importancia de este estudio es porque da cuenta de la situación para poder generar estrategias de uso sustentable y planes de conservación que garanticen la integridad funcional del ecosistema, donde las fuentes hídricas son de gran relevancia.

Otra investigación que interesa se desarrolló en el departamento del Valle del Cauca, denominada Construcción de un índice de sostenibilidad ambiental y su aplicación en parcelas productivas campesinas del municipio de Dagua (Rengifo et al., 2019). Esta investigación demostró:

La estructura del índice de sostenibilidad ambiental construido permite analizar los componentes del recurso hídrico y el suelo en parcelas productivas mediante indicadores orientados a conocer las formas de manejo y el estado de dichos recursos. Las técnicas empleadas en la construcción del índice comprenden: la selección de componentes, indicadores y subindicadores, sus respectivas ponderaciones, la medida de estos y el análisis de robustez del índice final.

Se utilizaron tres métodos para la recolección de datos; instrumento tipo encuesta, observación y diálogo de saberes en 6 parcelas campesinas ubicadas en la microcuenca La Centella en el municipio de Dagua donde se desarrollan principalmente actividades agrícolas, en sistemas diversificados y a pequeña escala. Al aplicar el índice se obtuvo que el 50 % de las parcelas presentaron sostenibilidad alta y el otro 50 % sostenibilidad media. (p. 2)

El 50 % de las parcelas productivas estudiadas presentaron sostenibilidad alta, identificando potencialidades en el estado del suelo, donde se destacan aspectos como el manejo de coberturas, la adecuada capacidad nutritiva, la no presencia de erosión y unas condiciones adecuadas de aireación y movilidad del agua en el interior del suelo para el óptimo desarrollo de las plantas. El otro 50 % de las fincas evaluadas revelan una sostenibilidad media, evidenciando falencias en torno al recurso hídrico y a las prácticas de manejo del suelo; respecto a la primera se puede decir que es el aspecto de mayor impacto al observarse con frecuencia la emisión de agentes contaminantes a las fuentes hídricas, así como una forma de riego inadecuada que a largo plazo constituye un riesgo para el desarrollo de la comunidad; en cuanto a la segunda las afectaciones más marcadas se relacionan con la falta de coberturas en el suelo, problemas de erosión y el mal manejo de los residuos sólidos (pp. 10-11).

En el departamento de Cundinamarca se realizó un estudio cuyo objetivo fue determinar si el río Frío, como fuente de abastecimiento de agua de diversos municipios, satisface la necesidad de agua potable y si las actividades económicas generan un impacto negativo sobre este recurso (Hoyos et al., 2018).

La evaluación se realizó en cuatro etapas: la primera consistió en la definición de la oferta hídrica por medio de la metodología de Caudal Medio Puntual establecida por el IDEAM; la segunda etapa se basó en la determinación de la demanda superficial según el segundo escenario establecido por el IDEAM, teniendo en cuenta la existencia y confiabilidad de la información; la tercera etapa consistió en realizar la relación demanda-oferta; y la cuarta se centró en estimar la calidad del agua mediante la evaluación de los parámetros físicos y químicos y el cálculo del Índice de Calidad del Agua. Como resultado, se obtuvo que (...) la oferta hídrica no es suficiente para satisfacer la demanda de los municipios, la cual es, principalmente, de índole agrario, por lo cual es necesario buscar otras fuentes de suministro de agua, además se comprobó que la calidad del río Frío es baja; particularmente, debido a las descargas de aguas residuales e industriales provenientes de las poblaciones aledañas al río Frío. (pp.127-128)

[Como conclusión, se estableció] la necesidad de implementar prácticas de producción más limpia de los sectores productivos para mitigar la generación de residuos que causan impactos negativos sobre la fuente hídrica. (p. 135)

También se hace referencia a un estudio realizado en la región del Chocó, denominado Evaluación de la calidad del recurso hídrico del río Cabí a través de la formulación de un índice de contaminación asociado a la actividad minera aurífera (Restrepo, 2015).

[Mediante] el análisis de la contaminación realizada por la actividad minera aluvial de oro y platino en el río Cabí, esto se realiza a través de la formulación de un índice de contaminación que permite evidenciar la afectación de esta actividad sobre la calidad del recurso hídrico; para la formulación del índice de contaminación se realizó un diagnóstico de la actividad minera, encontrando 17 unidades mineras (dragas y retroexcavadoras) ubicadas en el tramo principal del río Cabí, aguas arriba de la bocatoma del acueducto de Quibdó, después se evaluó la calidad y contaminación por sólidos suspendidos totales y por materia orgánica que se presenta en el recurso hídrico, a través de la aplicación del



ICOMO e ICOSUS: Se encontró que la contaminación por materia orgánica es “Alta” en el tramo IV, sector cercano al casco urbano de Quibdó y “muy baja” contaminación asociada esta a los sólidos suspendidos totales, lo que evidencia que estas herramientas son insuficientes para determinar una afectación por contaminación minera (p. 5).

Otra investigación relacionada con el uso indiscriminado de plaguicidas en los cultivos que afectan las fuentes hídricas (Alza-Camacho et al, 2016) fue realizado en el departamento de Boyacá. Este estudio demostró:

El impacto negativo ambiental que afecta a los organismos vivos, al suelo y al recurso hídrico (...). [Con dicho estudio se evaluó] la residualidad de este tipo de sustancias en fuentes de agua que sirven como abastecimiento a la comunidad, los animales y en labores agrícolas. [En este estudio] se planteó una metodología para la cuantificación de Mancozeb y Carbofurano en fuentes hídricas, (...) usando como electrolito de soporte solución buffer Britton-Robinson; electrodo de trabajo de carbón vítreo, Ag/AgCl como electrodo de referencia y platino como electrodo auxiliar; también se validó los métodos de voltametría diferencial de pulso (VDP) para ambos compuestos, que presentaron un potencial de -590 y 445mV, respectivamente. La linealidad de los métodos presentó un coeficiente de correlación de 0.9948 y 0.9962, los límites de detección y cuantificación fueron de 0.0003 y 0.5 mg/L para Mancozeb y 0.0002 y 0.4 mg/L para Carbofurano. La recuperación estuvo entre un 85 y 96 % con una desviación estándar relativa por debajo del 10 %. Se evaluaron 25 muestras de agua provenientes de fuentes hídricas ubicadas en la zona norte del municipio de Ventaquemada, Boyacá-Colombia, donde hay una alta producción agrícola, especialmente de los cultivos de papa y zanahoria. De las muestras analizadas, el Mancozeb no se detectó en 16 muestras, pero en el resto de ellas sobrepasó la normatividad vigente. En cuanto al Carbofurano, se descubrió en 22 muestras, lo que indica que estos compuestos están afectando el recurso hídrico y sugiere que se deben tomar medidas correctivas y preventivas para reducir el impacto ambiental de los plaguicidas en esta región. (p. 368)

Por último, se hace referencia a un estudio que enmarca estrategias de prevención y control de la contaminación hídrica (Jaramillo et al., 2020), el cual consistió en lo siguiente:

La implementación del reúso de agua residual municipal en agricultura, como una estrategia de

prevención y control de la contaminación hídrica. (...) se desarrolló como un proceso metodológico de planificación del recurso hídrico superficial en las cuencas de los ríos Bolo y Frayle, principales fuentes hídricas de los municipios de Candelaria, Florida y Pradera ubicados en la cuenca Alta del río Cauca en el suroccidente colombiano. (...) se construyeron escenarios de planificación del recurso hídrico de manera participativa con los actores en las cuencas de estudio, que fueron evaluados con la herramienta de modelación QUAL2K, (...) [con el cual] fue posible observar el mejoramiento de la calidad del agua de los ríos Bolo y Frayle bajo la implementación de escenarios de reutilización de las aguas residuales municipales. Con la estrategia, se observó que el Oxígeno Disuelto (OD) puede incrementarse en 5 mg/l y 2.5 mg/l en los ríos Bolo y Frayle respectivamente. Adicionalmente, con la implementación del reúso agrícola es posible obtener una reducción de la carga contaminante vertida del 94 % y 62 % para los ríos Bolo y Frayle respectivamente. en relación con la carga producida al final del horizonte de planificación (año 2036) (p. 2).

Se concluyó que la implementación del reúso con aguas residuales municipales tratadas, en actividad agrícola, como estrategia en la planificación, se convierte en un aspecto clave para alcanzar la sostenibilidad en la gestión de los recursos hídricos, dado que disminuye la presión sobre los cuerpos de agua receptores de vertimientos y mejoran su calidad de agua.

Conclusiones

La importancia de conocer estudios relacionados con el impacto ocasionado en las fuentes hídricas debido a la actividad agrícola, entre otras, hace parte del perfeccionamiento del conocimiento que se debe tener desde el área disciplinar de la Ingeniería Ambiental, ya que se reconoce los diferentes aspectos y factores detonantes que afectan la calidad de vida y la sostenibilidad medioambiental, que puede perjudicar la calidad de vida de los seres vivos, siendo un insumo importante para generar estrategias o planes para la mitigación del riesgo, en respuesta a las necesidades del contexto y que van a la par del perfil del ingeniero ambiental, además, para identificar, comprender y proponer alternativas de solución científicas y tecnológicas a problemas medioambientales, propiciando el beneficio humano con la optimización de procesos al minimizar costos para el desarrollo sostenible en beneficio del hombre.

Referencias

- Álvarez-Sánchez, D., Chaves-Morillo, D., Gómez-López, E. y Hurtado-Benavides, A. (2020). Estimación del riesgo ambiental causado por plaguicidas en cultivos de arveja de Ipiales, Nariño-Colombia. *Tecnológicas*, 23(47), 76-90. <https://doi.org/10.22430/22565337.1404>
- Alza, W., García, J. y Chaparro, S. (2016). Estimación del riesgo de contaminación de fuentes hídricas de pesticidas (Mancozeb y Carbofuran) en Ventaquemada, Boyacá-Colombia. *Acta Agronómica*, 65(4), 368-374. <http://dx.doi.org/10.15446/acag.v65n4.50325>
- Ariza. (2021) Informe de seguimiento de políticas públicas ambientales corte 2020-2. Contrato 340 de 2021. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2021/10/Informe_Políticas_Ambientales_corte_2020_-_2_VF.pdf
- Bello, N. C. (2020). *Análisis de los impactos ambientales ocasionados por las actividades antrópicas en el páramo de Pisba* [Tesis de especialización, Universidad Militar Nueva Granada]. Repositorio Institucional UMNG. <https://repository.unimilitar.edu.co/handle/10654/36170?show=full>
- Capera, M. y Sánchez, H. (2018). *Diagnóstico del impacto ambiental de los residuos sólidos (pulpa y mucílago), del café generados por unidades productivas no certificadas en BPA en las Veredas Tabacal y Betania del municipio de Pitalito departamento del Huila*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD]. Repositorio Institucional UNAD. <https://repository.unad.edu.co/handle/10596/20923>
- Casanova, J. y Figueroa, A. (2015). Determinación del caudal ambiental y su relación con variables indicadoras de calidad del recurso hídrico. *Luna Azul*, (40), 05-24.
- González, S., Ramírez, Y., Meza, A. y Días, L. (2012). Diversidad de macroinvertebrados acuáticos y calidad de agua de quebradas abastecedoras del municipio de Manizales. *Boletín Científico. Centro de Museos. Museo de Historia Natural*, 16(2), 135-148.
- Hernández-Sampieri, R. y Mendoza, C. (2018). *Metodología de la investigación: las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. McGraw Hill.
- Hoyos, M., Rodríguez, D. y Torres, J. (2018). Evaluación del recurso hídrico superficial en la subcuenca hidrográfica del río Frío en el departamento de Cundinamarca: oferta, demanda y calidad del agua. *RIAA Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, 9(1), 127-136. <https://hemeroteca.unad.edu.co/index.php/riaa/article/view/2075>
- Jaramillo, M. F., Cardona-Zea, D. y Galvis, A. (2020). Reutilización de las aguas residuales municipales como estrategia de prevención y control de la contaminación hídrica. Caso de estudio: Cuencas de los ríos Bolo y Frayle (Colombia). *Ingeniería y competitividad*, 22(2). <http://www.scielo.org.co/pdf/inco/v22n2/2027-8284-inco-22-02-9412.pdf>
- Lozano, S. y Ramírez, J. (2017). Diagnóstico ambiental de las fuentes hídricas superficiales en la vereda Hato viejo municipio de Arbeláez, Cundinamarca. *Ciencias Agropecuarias*, 3(1), 3-7. <https://doi.org/10.36436/24223484.217>
- Meza, A., Rubio, J., Días, L. y Walteros, Y. (2012). Calidad de agua y composición de macroinvertebrados acuáticos en la subcuenca alta del río Chinchiná. *Caldasia*, 34(2), 443-456.
- Meza, M., Ruiz, I. y Velásquez, G. (2012). Composición microbiológica de fuentes de agua natural y tratada de consumo en población Guambiana: un estudio piloto. *Revista de la Facultad de Ciencias de la Salud Universidad del Cauca*, 14(3), 15-18.
- Mijares, F., Pérez-Buitrago, N. y Pérez-Cárdenas, N. (2019). Variación estacional de la composición florística en sabanas inundables en Arauca, Colombia. *Caldasia*, 41(2), 404-421. <https://doi.org/10.15446/caldasia.v41n2.70467>
- Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2010). Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico. Colombia. <https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2021/10/Politica-nacional-Gestion-integral-de-recurso-Hidrico-web.pdf>
- Muñoz, O. y Delgado, A. (2019). *Implementación del proceso de desinfección para el mejoramiento del sistema de tratamiento de agua en la vereda el paraíso del municipio de Colón Nariño* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD]. Repositorio Institucional UNAD. <https://repository.unad.edu.co/handle/10596/25232>



- Quintero, A. (2011). Diseño de proyectos de investigación cualitativa Rosa María Cifuentes Gil. *Revista Tendencias & Retos*, (16), 313-316. <https://ciencia.lasalle.edu.co/te/vol1/iss16/22/>
- Rengifo, D., Baquero, A. y Gaviria, A. (2019). Construcción de un índice de sostenibilidad ambiental y su aplicación en parcelas productivas campesinas del municipio de Dagua. *Ingeniería y competitividad*, 21(2). https://revistaingenieria.univalle.edu.co/index.php/ingenieria_y_competitividad/article/view/7708
- Restrepo, I. (2015). *Evaluación de la calidad del recurso hídrico del río Cabí a través de la formulación de un índice de contaminación asociado a la actividad minera aurífera* [Tesis de maestría, Universidad de Manizales]. RIDUM. <https://ridum.umanizales.edu.co/xmlui/handle/20.500.12746/2438>
- Velasco, S., Salazar, M. y Urrea, J. (2016). Composición y estructura de la comunidad de macroinvertebrados y perifiton del río Ejido, Popayán–Cauca. *Revista de Ciencias*, 20(2), 11-25.

