

El suelo como receptor de vertimientos. Análisis y recomendaciones*

DOI: <https://doi.org/10.21830/9786289544626.04>

Jeimmy Alejandra García Rodríguez

Universidad de La Salle

Miguel Ángel Cárdenas Gaitán

Universidad de La Salle

Diana María Delgado Londoño

Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca

Jair Fernando Forero Leguizamón

Centro de Educación Militar del Ejército

Resumen. El Decreto 50 del 2018 del Ministerio de Ambiente indica la posibilidad de realizar vertimientos al suelo para aguas residuales no domésticas tratadas, para lo que se exige la realización de análisis físicos, químicos y biológicos al recurso para verificarlo, sin embargo, se solicita el mismo tipo de ensayos independientemente del tipo de suelo y agua en donde se realice el vertimiento. Esto puede llegar a ocasionar problemas futuros en el suelo, así como en las aguas subterráneas. Debido a lo anterior, en alianza estratégica, la Corporación Autónoma Regional (CAR), junto con la Universidad de La Salle y el Ejército Nacional analizaron las posibilidades de impacto y las consecuencias de dichas acciones realizando recomendaciones técnicas en este tipo de eventos.

Palabras clave: CAR, contaminación, degradación, Ejército Nacional, suelo, vertimientos.

* Este capítulo hace parte de los resultados colaborativos de los proyectos de investigación “Generación de modelos de seguimiento de erosión, salinidad e impacto por disposición de vertimientos en suelos en la jurisdicción de la CAR” del Grupo de Investigación CLIMA de la Universidad de La Salle y “Enfoques de la gestión ambiental como mecanismo de defensa y protección del medio ambiente” del grupo de investigación CEMIL. Los puntos de vista y los resultados de este artículo pertenecen a los autores y no reflejan necesariamente los de las instituciones participantes.

Jeimmy Alejandra García Rodríguez

Ingeniera Ambiental y Sanitaria Universidad de La Salle. Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-1109-6453> - Contacto: jeimmygarcia91@unisalle.edu.co

Miguel Ángel Cárdenas Gaitán

Ingeniero Ambiental y Sanitario Universidad de La Salle. Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-6869-0691> - Contacto: miguelacardenas19@unisalle.edu.co

Diana María Delgado Londoño

Ph. D. en Ingeniería con Énfasis Ingeniería Sanitaria y Ambiental (Universidad del Valle, Colombia); magíster en Ciencias Agrarias con Énfasis en Suelos (Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira, Colombia); ingeniera agrónoma (Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira, Colombia) <https://orcid.org/0000-0003-2371-376X> Contacto: sueloscia@car.gov.co

Jair Fernando Forero Leguizamón

Ingeniero de sistemas; especialista en Gestión Ambiental y Desarrollo Comunitario. Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-5337-1644>

Citación APA: García Rodríguez, J. A., Cárdenas Gaitán, M. A., Delgado Londoño, D. M. & Forero Leguizamón, J. F. (2022). El suelo como receptor de vertimientos. Análisis y recomendaciones. En A. Castro Carreño, C. A. Leguizamón Zárte & T. L. Fonseca Ortiz (Eds.), *Gestión sostenible del recurso suelo, desde los modelos de seguimiento y recuperación en las Fuerzas Militares* (pp. 63-80). Sello Editorial ESMIC. <https://doi.org/10.21830/9786289544626.04>

**Gestión sostenible del recurso suelo, desde los modelos
de seguimiento y recuperación en las Fuerzas Militares**

ISBN impreso: 978-628-95446-1-9

ISBN digital: 978-628-95446-2-6

DOI: <https://doi.org/10.21830/9786289544626>

Colección Ciencias Militares

Serie Miles Doctus (Investigación formal terminada)

Sello Editorial ESMIC

Escuela Militar de Cadetes “General José María Córdova”

Bogotá, D.C., Colombia

2022



Marco teórico

Al ser soporte de la vida en el planeta, el suelo tiene diferentes formas de uso que dependen de sus características, las cuales indicarán el tipo de actividad en que se pueda utilizar este. Sus usos se relacionan con las dinámicas que presenta y desde un punto de vista normativo en los planes de ordenamiento territorial se clasifica así:

Suelo urbano: según la Ley 388 de 1997, el suelo urbano es el constituido por infraestructura vial, redes primarias de energía, acueducto y alcantarillado, posibilitando su urbanización y edificación, según sea el caso (Cámara de Comercio de Bogotá, 2020).

Uso residencial: es el más común en las zonas urbanas, se busca un terreno, amplio y estable para la construcción de zonas residenciales, donde dependiendo del tipo de proyecto altura, extensión, etc., se podrían construir torres residenciales, casas u oficinas. En el caso de Colombia, para la adquisición de un inmueble es necesario contar con un concepto del uso del suelo, que es el permiso entregado por las autoridades competentes en licencias urbanísticas (Avendaño, 2020).

Uso comercial: es uno de los usos más comunes; este se utiliza para la implementación de negocios, desde oficinas, tiendas, barberías, consultorios médicos, jurídicos, etc. Al igual que el uso residencial es necesario el concepto de uso del suelo e investigar qué otros usos ha tenido el área designada y qué restricciones tiene por parte del municipio o el Estado (CISAC, 2017).

Suelo rural: es el destinado a usos agrícolas, ganaderos, forestales, de explotación de recursos naturales y actividades análogas (Cámara de Comercio de Bogotá, 2020).

Uso agrícola: está destinado a los cultivos de plantas, hortalizas, frutas, flores, etc.; suelen ser terrenos alejados del casco urbano buscando suelo con características fértiles como cantidad de humus, balance de nutrientes esenciales (nitrógeno, fósforo y potasio), que son necesarias para el adecuado desarrollo de los cultivos. Por esta misma razón, es necesario hacer un estudio previo del terreno a trabajar, siendo consciente del contenido y deficiencias nutricionales presentes en el suelo (CISAC, 2017).

Uso agropecuario o forestal: este tipo de uso del suelo es parecido al del uso agrícola, con la diferencia de que este será utilizado para el pastoreo del ganado, establos, pocilgas, etc.; las condiciones para este suelo no son tan rigurosas como las del agrícola, no obstante, es necesario que logre soportar la carga aportada por cada tipo de animal que se encuentre en el terreno; también son utilizados como zonas de bosque, bien sea para monte maderable o monte abierto para el pastoreo (CISAC, 2017).

Uso industrial: los terrenos destinados a usos industriales son espacios designados, como bien lo indica su nombre, para la instalación de industrias; también se pueden incluir procesos como la extracción de recursos minerales, energéticos e hídricos, minas, canteras y perforaciones de gas, petróleo y aguas subterráneas. Este tipo de uso es de especial cuidado ya que muchos de los procesos de extracción o transformación de materias primas tienen como producto desechos peligrosos o contaminantes (CISAC, 2017).

Suelo de protección: es aquel que por sus características es útil para el público, ya sea por su ubicación, la provisión de servicios o estar amenazado y/o en riesgo (Cámara de Comercio de Bogotá, 2017).

Uso recreativo: el uso de este tipo de terrenos está destinado a actividades de tipo recreativo, cultural, científico y de protección de la naturaleza, parques naturales, jardines, reservas, etc. Normalmente, son terrenos adquiridos por una entidad gubernamental, constructora de unidades residenciales o de los mismos municipios (CISAC, 2017).

Es importante conocer esto, ya que al pensarse este como un receptor de vertimientos, el primer paso es determinar según, el Plan de Ordenamiento Territorial (POT), qué uso tiene el suelo objeto de vertido. Así mismo, el otro componente para analizar serán los vertimientos de que se dispone, por lo que a continuación se definen estos.

Vertimiento de aguas residuales en suelo

En Colombia, la disposición de vertimientos se establece como su deposición en área definida sin que el suelo tenga variación significativa en sus propiedades, de tal forma que se pueda hacer uso de dicha área una vez sea aban-

donada (Ministerio de Ambiente, 2017). A nivel internacional, el reúso de las aguas residuales tratadas se da en especial como agua de riego de cultivos (Kansel y Singh, 1983, como se cita en Fatta-Kassinos *et al.*, 2011). En este sentido, los países que más reutilizan las aguas residuales son Estados Unidos, Arabia Saudita, Qatar, Israel y Kuwait (Jiménez y Asano, 2008).

Tipos de vertimientos

Las aguas residuales, llamadas *vertimientos*, son generadas como producto de actividades domésticas e industriales que requieren la utilización de agua y que generalmente son dispuestas en una fuente hídrica o en el suelo.

Vertimientos de agua residual doméstica

Es el agua generada en las viviendas o sitio públicos o privados no industriales, generalmente se denominan vertimientos y están compuestas por sólidos suspendidos totales (SST), materia orgánica, materia inorgánica (principalmente sólidos sedimentables), nutrientes, jabones y organismos patógenos (Atencia, 2007) (figura 1).



Figura 1. *Vertimiento agua residual doméstica*
Fuente: Candela Estéreo (s. f.).

Vertimientos de agua residual no doméstica

Es el agua residual en la cual predominan residuos industriales. Estas son las aguas residuales provenientes de las industrias y de los procesos manufactureros; contienen desechos inorgánicos tóxicos como plomo, uranio, mercurio,

níquel. Estos desechos tóxicos deben ser removidos antes de ser vertidos al alcantarillado (Atencia, 2007) (figura 2).



Figura 2. Vertimiento agua residual no doméstica, curtiembres
Fuente: Kioscoverde (s. f.).

La Resolución 631 del 2015 establece como fuentes de agua residual no doméstica:

- Actividades productivas de agroindustria y ganadería: Procesamiento de hortalizas, frutas, legumbres, raíces y tubérculos; Beneficio de café (clasificación de la Federación Nacional de Cafeteros (FNC)/ Cenicafé); Procesos poscosecha de plátano y banano; Producción de azúcar y derivados a partir de caña de azúcar; Extracción de aceites de origen vegetal; Ganadería de bovino, bufalino, equino, ovino y/o caprino; Ganadería de porcinos y Aves de corral.
- Actividades de minería: Extracción de carbón de piedra y lignito; Extracción de minerales de hierro; Extracción de oro y otros metales preciosos; Extracción de minerales de níquel y otros minerales metalíferos no ferrosos y Extracción de minerales de otras minas y canteras.
- Actividades de hidrocarburos: Exploración (*upstream*); Producción (*upstream*); Refino; Venta y distribución (*downstream*) y Transporte y almacenamiento (*midstream*).
- Alimentos y bebidas: Elaboración de productos alimenticios; Elaboración de alimentos preparados para animales; Elaboración

de maltas y cervezas; Elaboración de bebidas no alcohólicas, aguas minerales y otras aguas embotelladas; Elaboración de productos lácteos; Elaboración de aceites y grasas de origen animal y vegetal y Elaboración de café soluble.

- Actividades de fabricación y manufactura de bienes: Fabricación de productos derivados del tabaco; Fabricación de productos textiles; Fabricación de artículos de piel, curtido y adobo de pieles; Fabricación de gases industriales y medicinales; Fabricación de Papel y cartón - Plantas integradas de pulpa blanqueada (maderables y no maderables); Fabricación de papel y cartón a partir de fibras recicladas; fabricación de abonos y compuestos inorgánicos nitrogenados; Fabricación de sustancias y productos químicos; Fabricación de pigmentos inorgánicos de azul ultramar; Fabricación de pigmentos inorgánicos de óxidos de hierro; Fabricación de pigmentos inorgánicos de cromatos y molibdatos de plomo y otros
- Actividades asociadas con servicios y otras actividades: Generación de energía eléctrica; Tratamiento y disposición de residuos; Reciclaje de materiales plásticos y similares; Actividades de atención a la salud humana - atención médica con y sin internación y Pompas fúnebres y actividades relacionadas.

La tabla 1 indica un ejemplo de los parámetros solicitados para un vertimiento de aguas residuales no domésticas expresado en la Resolución 631 del 2015:

Tabla 1. *Ejemplo de parámetros para aguas residuales no domésticas*

Pruebas generales	
pH	Unidades de pH
Demanda química de oxígeno (DQO)	mg/L O2
Demanda bioquímica de oxígeno (DBO5)	mg/L O2
Sólidos suspendidos totales (SST)	mg/L
Sólidos sedimentables (SSED)	mL/L
Grasas y aceites	mg/L
Fenoles	mg/L

Continúa tabla...

Pruebas generales	
pH	Unidades de pH
Formaldehído	mg/L
Sustancias activas al azul de metileno (SAAM)	mg/L
Compuestos de fósforo	
Ortofosfatos (PO ₄ ³⁻)	mg/L
Fósforo Total (P)	mg/L
Compuestos de nitrógeno	
Nitratos (N-NO ₃ ⁻)	mg/L
Nitritos (N-NO ₂ ⁻)	mg/L
Nitrógeno amoniacal (N- NH ₃)	mg/L
Nitrógeno total (N)	mg/L
Iones	
Cianuro total (CN ⁻)	mg/L
Metales y metaloides	
Cadmio (Cd)	mg/L
Cromo (Cr)	mg/L
Mercurio (Hg)	mg/L
Plata (Ag)	mg/L
Plomo (Pb)	mg/L
Otros parámetros para análisis y reporte	
Acidez total	mg/L CaCO ₃
Alcalinidad total	mg/L CaCO ₃
Dureza cálcica	mg/L CaCO ₃
Dureza total	mg/L CaCO ₃
Color real (medidas de absorbancia a las siguientes longitudes de onda: 436 nm, 525 nm y 620 nm)	m-1

Fuente: ICBF (s. f.).

Resultados y discusión

Contaminación del suelo

Es la presencia en el suelo de una sustancia química fuera de sitio y/o presente en una concentración más alta de lo normal que tiene efectos adversos sobre cualquier organismo al que no estaba destinado (FAO, 2018). Teniendo en cuenta esta definición es importante mencionar también que FAO (2019)

indica que los vertimientos al suelo de aguas residuales no tratadas son la tercera fuente de contaminación más importante en los suelos en América Latina y el Caribe, por lo que su estudio detallado es vital.

Vertimientos en suelo en Colombia

La normatividad colombiana respecto a los vertimientos en suelos está dada por el Decreto 050 del 2018, en el que se explica el procedimiento para solicitar el permiso de vertimiento en suelos para aguas residuales domésticas tratadas y no tratadas, el interesado deberá presentar resultados de pruebas de infiltración y tasa de infiltración, diseño y manual de operación y mantenimiento de sistema de disposición de los vertimientos al suelo, área de disposición de vertimiento, y plan de cierre y abandono del área de disposición del vertimiento. Además, se solicita la línea base del suelo, teniendo en cuenta sus características físicas, químicas y biológicas; la línea base del agua subterránea, que incluye nivel freático, características fisicoquímicas y microbiológicas, diseño y manual de operación y mantenimiento de sistema de disposición de los vertimientos al suelo, además de documentos de soporte para el análisis de vertimientos, área de disposición de vertimiento, con el estudio de suelos y descripción de usos del suelo; el plan de monitoreo de las caracterizaciones del efluente, el suelo y el agua subterránea y plan de cierre y abandono del área de disposición, definiendo el uso que se le dará al área que se utilizó para la disposición del vertimiento.

Por otro lado, los vertimientos requieren de un análisis químico que se soporta en la Resolución 631 del 2015, en la que dependiendo del origen tendrá unas características que deben analizarse y la propuesta es que se analicen en función de las del suelo, también se deben conocer las condiciones ambientales, la vulnerabilidad y efectos en el suelo para garantizar que el uso de este no se vea afectado por el vertimiento, ya que puede generarse contaminación debido a que algunas sustancias presentan persistencia, bioacumulación y toxicidad y pueden tener efectos sobre la salud humana (Cepyme y Gobierno de Aragón, 2004, como se citó en Ministerio de Ambiente, 2017).

Algo importante en este proceso es la forma de distribución del vertimiento en el suelo, de modo que no genere un impacto puntual en sus características físicas; la distribución debe ser homogénea en el terreno, además debe

identificarse el área donde se realizará la disposición, con el fin de no generarle una saturación al recurso (Ministerio de Ambiente, 2017).

En el artículo 2.2.3.3.4.14 se especifica que los usuarios que explore, exploten, manufacturen, refinen, transformen, procesen, transporten o almacenen hidrocarburos o sustancias nocivas para la salud y para los recursos hidrobiológicos, deben estar provistos de un plan de contingencia para manejo de derrames, que debe ser presentado dentro del Estudio de Impacto Ambiental (EIA), de acuerdo con los lineamientos presentados por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, y que debe ser entregado a las autoridades ambientales con al menos 30 días calendario de anticipación al inicio de actividades

Del mismo modo, la Resolución 1207 del 2014 indica disposiciones relacionadas con el uso de aguas residuales tratadas, es decir, del reúso del vertimiento una vez depurado particularmente: uso agrícola y uso industrial.

Análisis relación vertimiento/suelo

La relación vertimiento/suelo se realiza teniendo en cuenta los análisis físico-químicos de cada uno desde la perspectiva de la autoridad ambiental, a continuación, se mencionan y describen con el fin de analizar las consecuencias de impacto entre los primeros sobre el recurso.

Parámetros físicoquímicos en suelo

En primera instancia es menester indicar que el suelo se compone de agua, aire, materia orgánica, minerales y biota, y cada uno de estos componentes se relaciona, uno con otro, en múltiples relaciones. Tradicionalmente, se ha clasificado su estudio como físico, químico y biológico con el fin de comprenderlo mejor. Para hacer una comparación entre los efectos del vertimiento sobre el suelo se analizarán los aspectos físicos y químicos.

Textura del suelo

La textura del suelo muestra la distribución del contenido de partículas de diferente tamaño en el suelo. Lo anterior es importante para determinar el grado de penetración de raíces y movimiento de agua, aire y nutrientes en el suelo. Indica la cantidad de arena, el limo y la arcilla (FAO, s. f.).

Densidad aparente (Da)

Indica la masa de suelo que hay en el volumen del mismo, incluye los espacios porosos del suelo, por ello se denomina aparente (FAO, 2009).

Capacidad de intercambio catiónico (CIC)

La CIC es el número de sitios de carga negativa sobre las partículas del suelo (en su mayoría de arcilla y materia orgánica) que pueden retener nutrientes para las plantas. Se expresa en unidades de meq/100 g o cmolc / kg ($1 \text{ meq}/100 \text{ g} = 1 \text{ cmolc}/\text{kg}$), en que los cationes cargados positivamente, tales como potasio, calcio y magnesio, son atraídos eléctricamente. El conocimiento de la CIC de su suelo puede ayudarle a decidir la frecuencia de la aplicación de fertilizantes (Gestiriego, 2016).

Nutrientes

Corresponde a los componentes del suelo necesarios que las plantas crezcan, entre ellos se encuentran los macronutrientes: nitrógeno, fósforo y potasio y micronutrientes como: hierro, manganeso, boro, zinc, cobre y molibdeno (Infoagro, 2017).

Carbono orgánico total (COT)

El Carbono orgánico total COT es la cantidad de carbono asociada a los compuestos orgánicos. (PRTR, 2017).

Parámetros fisicoquímicos para vertimientos

Los parámetros fisicoquímicos para vertimientos se encuentran estipulados en la Resolución 0631 del 2015, tanto en calidad como en cantidad, con el fin de no generar afectaciones al medioambiente y salud pública de la zona donde son descargados los efluentes según la disposición que se les dé a las aguas residuales.

Demanda biológica de oxígeno (DBO)

Es el oxígeno necesario requerido por los microorganismos para degradar la materia orgánica biodegradable en condiciones aeróbicas. La medición se hace en un periodo de 5 días, en que se les proporciona a los microorganismos nutrientes suficientes para medir la cantidad de oxígeno requerida para degradar la mayor parte de la materia orgánica y hacer la relación entre dicha demanda de oxígeno y la materia orgánica presente en el agua (Ideam, 2007).

Demanda química de oxígeno (DQO)

Corresponde a la medida indirecta de la materia orgánica e inorgánica que es posible de ser oxidada mediante un oxidante fuerte, generalmente se utiliza dicromato de potasio en medio ácido y se mide a través del dicromato remanente en la solución (Hannainst.es., 2020).

Sólidos suspendidos totales (SST)

Los SST se consideran 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 (CAN, 2005).

Nitrógeno

Se encuentra en las aguas en cualquiera de sus tres formas (nitratos nitritos y nitrógeno amoniacal), es un indicador de descomposición de materia orgánica, y puede ser un nutriente para plantas, sin embargo, en grandes cantidades puede causar la eutrofización de fuentes hídricas (Cabrera *et al.*, 2002).

Fósforo

El fósforo se encuentra en aguas naturales y residuales casi exclusivamente como fosfatos, los cuales se clasifican en ortofosfatos, fosfatos condensados (piro-, meta-, y otras polifosfatos) y fosfatos orgánicos (IDEAM, 2005).

Aceites y grasas

Las grasas son compuestos orgánicos que se forman de carbono e hidrógeno principalmente, pertenecen al grupo de sustancias denominadas lípidos, suelen ser líquidos o sólidos a temperatura ambiente, son hidrofóbicas y tienden a oxidarse por lo que fijan el oxígeno disuelto disponible impidiendo el desarrollo microbiano (iAgua, 2018).

Coliformes totales

Las coliformes son una familia de bacterias que se encuentran comúnmente en las plantas, el suelo y los animales, incluyendo los humanos. La presencia de bacterias coliformes es un indicio de que el agua puede estar contaminada con aguas negras u otro tipo de desechos en descomposición. Generalmente, las bacterias coliformes se encuentran en mayor abundancia en la capa superficial del agua o en los sedimentos del fondo (Munn, 2004).

Propuesta de relación agua/suelo

La disposición de aguas residuales en el suelo está condicionada a las características fisicoquímicas exhibidas por ambas fuentes y se ve influenciada directamente por las condiciones climáticas, actividades antrópicas como usos del suelo y temporadas de aridez y escasez entre otros. A continuación, en la figura 3 se proponen y describen los factores de seguimiento a vertimientos en suelo en los que se relacionen los factores que se deben tener en cuenta con el fin de evitar impactos en el suelo y la salud humana. El monitoreo de estos aspectos facilitará la elección de los sitios de disposición de aguas residuales en suelos, con el fin de lograr beneficios y menos riesgos.

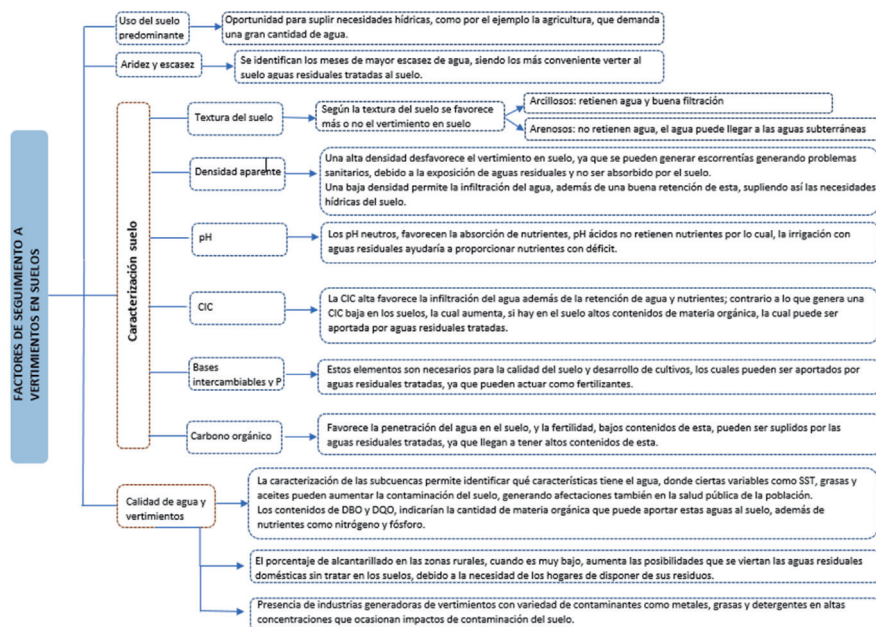


Figura 3. Factores de seguimiento a vertimiento en suelo

Fuente: Proyecto de Investigación UNISALLE-CAR, 2020.

Recomendaciones técnicas

- El vertimiento en suelo puede considerarse como alternativa de disposición final de aguas residuales, sin embargo, es necesario que el agua haya sido tratada, esto con el fin de evitar su contaminación,

que puede repercutir en la salud de la población circundante a los sitios de disposición.

- La caracterización de los suelos de disposición influye en la retención o no del agua vertida, así como su monitoreo para llevar un control de los vertimientos que llegan al recurso, sin que se afecte en mayor medida la calidad de estos.
- El vertimiento en suelo puede llegar a darse en forma clandestina, debido a las condiciones dentro de los sitios de disposición, como el porcentaje de cobertura de alcantarillado, ya que genera que se viertan aguas residuales domésticas sin tratar con altas cargas de materia orgánica, SST u otros elementos, que pueden llegar a niveles de concentraciones tóxicas y afectar la calidad de vida de todos los tipos de organismos presentes. Debido a lo anterior se sugiere que el Ejército Nacional como garante de ese medio ambiente sano vele e informe, en medio de sus patrullajes y actividades, las situaciones observadas, y aún más como cuenta con personal calificado en temas ambientales realice los muestreos necesarios para proteger los recursos naturales.
- Hay vertimientos benéficos para el suelo, tales como aquellos que no tienen sustancias tóxicas y en los que la materia orgánica y los nutrientes son altos, por ello, un estudio y permiso de la autoridad ambiental permitirá que este se vea beneficiado. Lo anterior se complementa con el hecho de que en varios lugares hay escasez de agua dulce en cultivos; por lo cual, realizar disposición de aguas residuales es viable; sin embargo, debe tenerse mucho cuidado con aspectos de tipo microbiológico como los coliformes totales, que generalmente se encuentran muy por encima de los rangos permitidos, por cual es necesario el tratamiento terciario en el agua, con el fin de evitar afectaciones a la salud pública, por el uso de aguas residuales en el riego de cultivos.
- Las características de los suelos pueden cambiar debido a los diferentes usos que se les dé, por ello, es importante ampliar muestreos en el país, ya que la información es escasa y lo que se tiene del

IGAC supera los 15 años de antigüedad. Esto no permite elaborar conceptos adecuados, puesto que no se puede realizar una comparación en el tiempo del cambio en los suelos. Se proponen herramientas de tipo geográfico como los geovisores que, en tiempo real, brinden información y se permita mucho más fácilmente la toma de decisiones en el territorio.

- Los metales traza son contaminantes de mayor relevancia debido a sus características tóxicas y bioacumulativas, ya que causan problemas en la salud pública, y de encontrarse en los suelos generaría un riesgo en la seguridad alimentaria; por esto se hace necesario llevar un riguroso seguimiento al cumplimiento de las concentraciones máximas permisibles en los vertimientos que se realicen, ya que en los análisis disponibles de suelo esta información es prácticamente inexistente.
- La identificación de sitios de disposición hace necesaria la recopilación de información en los sitios puntuales, por ello el Ejército Nacional y las demás fuerzas del orden que hacen presencia en todo momento son vitales para tener información más específica en de los municipios y proteger los recursos naturales.
- La cobertura de alcantarillado puede estar relacionada con el vertimiento de aguas residuales domésticas en suelos, debido a la falta de infraestructura para la disposición de estas; por esto es necesaria la confirmación de esta práctica en los municipios con menor porcentaje de cobertura, o si estos usuarios disponen de estas aguas en otra fuente receptora, con el fin de llevar un registro de estas prácticas; así mismo, es necesario realizar caracterizaciones de suelos en estas zonas puntuales para identificar si existe algún tipo de contaminación o alteración de los suelos, que se relacionen al vertimiento de aguas residuales domésticas. El Ejército Nacional y las fuerzas del orden también pueden contribuir con esta misión.
- Hay que estudiar muy a fondo las implicaciones de los periodos de aridez y escasez hídrica en relación con el uso de la práctica del vertimiento en suelo, por ello es importante identificar las prácticas

implementadas por los habitantes de las zonas y evaluar si es viable la utilización de aguas residuales tratadas en actividades de riego, en estos periodos.

Conclusión

El suelo como receptor de vertimientos es una alternativa viable, sin embargo, son muchos los aspectos que se ven afectados al realizarse esta, por lo que su permiso requiere del análisis de sus propiedades físicas y químicas, así como también de los vertimientos, y en ellos el tema microbiológico, en especial, los patógenos son muy sensibles de determinar. Por otro lado, el seguimiento a esta actividad es complejo y requiere de un monitoreo permanente, por lo que el uso de la Fuerza Pública se hace necesario para salvaguardar los recursos que día a día se pierden por prácticas como la descrita cuando no se hacen bien. Alianzas estratégicas entre la academia, la autoridad ambiental y la Fuerza Pública, como en el trabajo realizado entre la Universidad de La Salle, la CAR y el Ejército Nacional, son un ejemplo de la labor conjunta necesaria para que la comunidad tenga una seguridad ambiental y alimentaria real.

Referencias

- Atencia, C. (2007). Diagnóstico de la contaminación por vertimiento de aguas residuales domésticas y residuos sólidos domésticos sobre la microcuenca Monteadentro hasta el sector de la bocatoma del acueducto de la ciudad Pamplona. Universidad Libre de Colombia. <https://repository.unilibre.edu.co/bitstream/handle/10901/10293/PROYECTO%20DE%20PASANTIA.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Avendaño, S. (2020) Lo que debe saber sobre los conceptos de uso de suelo. <https://www.asuntoslegales.com.co/consumidor/lo-que-debe-saber-sobre-los-conceptos-de-uso-de-suelo-2459531>
- Cabrera, E., Hernández, L., Gómez, H., Cañizares, M. (2002). Determinación de nitratos y nitritos en agua. comparación de costos entre un método de flujo continuo y un método estándar. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0583-76932003000100014#:~:text=Los%20niveles%20de%20nitratos%20y,de%20la%20calidad%20del%20agua.&text=Los%20nitritos%20tambi%C3%A9n%20se%20forman,contaminaci%C3%B3n%20fecal%20en%20aguas%20naturales
- Cámara de Comercio de Bogotá. (2020). Usos del suelo. <http://recursos.ccb.org.co/ccb/pot/PC/files/2usos.html>

- Cámara de Comercio de Bogotá. (2017). Clasificación del suelo. <http://recursos.ccb.org.co/ccb/pot/PC/files/2plano.html>
- Candela Estéreo. (s. f.). Top 4 de las mejores marcas de jabón de loza en pasta. <https://www.candelaestereo.com/curiosidades/top-4-de-las-mejores-marcas-de-jabon-de-loza-en-pasta/>
- Comunidad Andina de Naciones (CAN). (2005). Manual de estadísticas ambientales (pp. 31-45). CAN.
- Condominio Industrial Santa Cruz (Cisac). (2017). Tipos de uso del suelo. <https://condominioindustrialsantacruz.com/tipos-de-uso-de-suelo/>
- Fatta-Kassinos, D. Kalavrouziotis, I. K., Koukoulakis, P. H. y Vásquez, M. I. (2011). The risks associated with wastewater reuse and xenobiotics in the agroecological environment. *Science of The Total Environment*, 409(Iss. 19), 3555-3563. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969710003074#bb0285>
- Gestiriego. (2016). 5 parámetros importantes en su análisis de suelo. <https://www.gestiriego.com/5-parametros-importantes-en-su-analisis-de-suelo/#:~:text=El%20pH%20del%20suelo%20es,de%20an%C3%A1lisis%20de%20su%20suelo.&text=El%20rango%20de%20pH%20del,que%20los%20cultivos%20puedan%20aceptarlos.>
- Hannainst.es. (2020). Demanda química de oxígeno. <https://www.hannainst.es/blog/81/demanda-quimica-de-oxigeno>
- IAgua. (2018). La importancia de la separación de aceites y grasas en el tratamiento del agua residual urbana. <https://www.iagua.es/noticias/teqma/importancia-separacion-aceites-y-grasas-tratamiento-agua-residual-urbana>
- Infoagro. (2017). Nutrientes presentes en el suelo. <https://mexico.infoagro.com/nutrientes-presentes-en-el-suelo/>
- Instituto Colombiano de Bienestar Familiar (ICBF). (s. f.). Resolución 631 del 2015. https://www.icbf.gov.co/cargues/avance/docs/resolucion_minambienteds_0631_2015.htm
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM). (2005). Temas ambientales. Fósforos totales. En Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE). https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/pib/ambientales/Sima/Fosforos_totales_13.pdf
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM). (2007). Demanda bioquímica de oxígeno 5 días, incubación y electrometría. Colombia (p. 2.). <http://www.ideam.gov.co/documents/14691/38155/Demanda+Bioqu%C3%ADmica+de+Ox%C3%ADgeno..pdf/ca6e1594-4217-4aa3-9627-d60e5c077dfa>
- Jiménez, B., y Asano, T. (2008). Water Reuse: An International Survey of Current Practice, Issues and Needs International Water Association. <https://www.semanticscholar.org/paper/Water-Reuse%3A-An-International-Survey-of-current-and-Jim%C3%A9nez-Asano/d979a6e91c613533528838c6960aec2755b68616?p2df>

- Kioscoverde. (s. f.). Contaminantes provenientes de la industria de curtiembres y alternativas de tratamiento. <https://www.kioscoverde.bo/contaminantes-provenientes-de-la-industria-de-curtiembres-y-alternativas-de-tratamiento/>
- Ministerio de Ambiente de Colombia. (2017). Informe técnico por el cual se modifica parcialmente el Decreto 1076 del 2015. Dirección de Gestión Integral de Recurso Hídrico (DGIRH); Dirección de Asuntos Ambientales, Sectorial y Urbana (DAASU). http://www.andi.com.co/Uploads/Informe%20Tecnico%20VF_01-11-2017.pdf
- Munn CB. Marine Microbiology: ecology and applications. New York: BIOS Scientific Publisher; 2004
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (2009). Guía para la descripción de suelos (pp. 21-66). FAO.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (2018). Soil Pollution. <http://www.fao.org/3/i9183en/i9183en.pdf>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (2019). Assessment of the global status and regional trends of soil pollution study. FAO.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (s. f.). Propiedades físico-hídricas del suelo en el cultivo del maíz grano. <http://biblioteca.inia.cl/medios/biblioteca/boletines/NR40309.pdf>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (s. f.). Textura de los suelos, propiedades físicas. http://www.fao.org/tempref/FI/CDrom/FAO_Training/FAO_Training/General/x6706s/x6706s06.htm#:~:text=La%20textura%20indica%20el%20contenido,el%20suelo%20y%20lo%20atraviesa
- Proyecto de Investigación UNISALLE-CAR (2020). Generación de modelos de seguimiento de erosión, salinidad e impacto por disposición de vertimientos en suelos en la jurisdicción de la CAR. Universidad de La Salle, CAR Cundinamarca.
- PRTR España, Registro Estatal de Emisiones y Fuentes Contaminantes. (2017). Carbono orgánico total (COT) (como C total o DQO/3). <http://www.prtr-es.es/Carbono-organico-total-COTComo-C,15663,11,2007.html>