

Proyecto de ley No. ____ de 2023

“Por el cual se establecen medidas para la recuperación de suelos con vocación de uso agrícola y se dictan otras disposiciones”.

El Congreso de Colombia

DECRETA:

Artículo 1. Objeto. La presente ley tiene por objeto impulsar planes, programas y proyectos que busquen la recuperación de la capacidad productiva del suelo con vocación de uso agrícola, afectado por cualquier forma de degradación física, química o biológica, así como fomentar el uso de bioinsumos y el uso responsable de agroquímicos.

Artículo 2. Definiciones. Para efecto de lo dispuesto en la presente ley, se adoptan las siguientes definiciones:

- **Agroquímico:** Producto elaborado de forma masiva a partir de compuestos químicos o la mezcla de sustancias naturales, empleado para el manejo integrado de plagas, el control de malezas o la mejora de la productividad de los cultivos y el suelo.
- **Biofertilizante:** Producto que permite aumentar el crecimiento y la productividad de los cultivos al mejorar la disponibilidad de nutrientes en el suelo. Sus microorganismos trabajan con la fertilidad nativa y los nutrientes orgánicos y minerales agregados por los agricultores. Estimulan el aumento de la actividad microbiana y conducen a la mejora general del suelo y su fertilidad.
- **Bioinsumo:** Producto empleado para el manejo integrado de plagas, el control de malezas o la mejora de la productividad de los cultivos y del suelo. Se elabora de forma masiva a partir de microorganismos como virus, bacterias, hongos, algas, productos de ocurrencia natural o productos bioquímicos.

No se consideran bioinsumos los antibióticos, toxinas, organismos genéticamente modificados - OGM, los productos clasificados como extremada y altamente tóxicos por el Instituto Nacional de Salud o la entidad que haga sus veces, y aquellos productos que sean catalogados como patógenos a humanos, plantas o animales.

- **Biorremediación:** Aplicación de microorganismos, hongos, plantas o las enzimas derivadas de ellos para mitigar o eliminar los efectos nocivos causados por los contaminantes en el ambiente, al controlar y estimular diferentes procesos dentro y fuera del área afectada. Reduce o elimina los contaminantes gracias a la capacidad de los organismos para degradar, transformar o acumular sustancias.
- **Degradación del suelo:** Alteraciones en las propiedades físicas, químicas o biológicas del suelo resultando en la disminución o pérdida de su productividad, afectando negativamente los ciclos biogeoquímicos y el funcionamiento de los ecosistemas. Es el resultado de la interacción de factores naturales como el clima, las características edáficas y el relieve, y factores antrópicos como el uso y manejo del suelo.

Los factores de degradación son de orden físico, químico y biológico. En la degradación física destacan la erosión, que consiste en la pérdida físico-mecánica del suelo a causa del agua, el viento o por acción humana, y la compactación que implica la reducción de la porosidad por el uso inadecuado de maquinaria o por el pisoteo del ganado. La degradación química está asociada a la pérdida de nutrientes y a su desbalance en el suelo, a los cambios indeseables en el pH y a la contaminación, mientras que la degradación biológica está relacionada con la pérdida de la materia orgánica y de la biota del suelo.

Las definiciones de que trata el presente artículo quedan sujetas a modificación y actualización, conforme lo determine la autoridad nacional competente.

Artículo 3. *Recuperación de suelos.* Para efectos de la presente Ley, se entenderá como recuperación de suelos con vocación de uso agrícola los procesos de remediación físicos, químicos, fisicoquímicos y biológicos, incluyendo aquellos que el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible determine.

Los procesos biológicos de remediación de suelos con vocación de uso agrícola abarcan técnicas de biorremediación y biofertilización.

Artículo 4. *Programas de Recuperación de suelos con vocación de uso agrícola.* Los planes, programas y proyectos que busquen la recuperación de la capacidad productiva de los suelos con vocación de uso agrícola, deberán incluir procesos de remediación que generen el mínimo impacto ambiental, priorizando técnicas de biorremediación y biofertilización.

De manera conjunta, el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural y el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, dentro de los seis (6) meses siguientes a la entrada en vigencia de la presente Ley, orientarán, formularán y ejecutarán planes, programas y proyectos que promuevan procesos integrales de recuperación de la capacidad productiva de los suelos con vocación de uso agrícola.

La estrategia para la implementación de los planes, programas y proyectos que busquen la recuperación de la capacidad productiva de suelos con vocación de uso agrícola desarrollada por los ministerios mencionados en el presente artículo, deberá ser similar a la que establece el Plan Nacional de Restauración, Rehabilitación y Recuperación de Áreas Degradadas - PNR.

Parágrafo 1. Los proyectos de recuperación de la capacidad productiva del suelo con vocación de uso agrícola estarán sometidos a estudios de prefactibilidad y deberán estar justificados, soportados y adaptados a las condiciones reales de vocación del suelo, y basarse en las condiciones agroecológicas y socioeconómicas específicas de la región a tratar.

Parágrafo 2. El Gobierno nacional garantizará los recursos para lograr la participación de las familias y comunidades campesinas, y de las víctimas del conflicto armado, en los procesos de formulación y ejecución de los proyectos de recuperación de suelos con vocación de uso agrícola. Los recursos se designarán a través de asociaciones y agremiaciones campesinas o asociaciones de víctimas del conflicto armado, que presenten proyectos productivos que integren la recuperación de suelos degradados.

Artículo 5. Requisitos y priorización. De manera conjunta, el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural y el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible dentro de los seis (6) meses siguientes a la entrada en vigencia de la presente Ley, definirán los requisitos para el acceso a los planes, programas y proyectos de recuperación de suelos con vocación de uso agrícola, los cuales deberán estar dirigidos a:

1. Población campesina
2. Predios que no superen diez (10) Unidades Agrícolas Familiares - UAF de suelo degradado.

Las entidades encargadas de la implementación de los planes, programas y proyectos de recuperación de suelos con vocación de uso agrícola priorizarán las solicitudes de:

- a. Mujeres cabeza de familia
- b. Víctimas del conflicto armado que estén inscritos en el Registro Único de Víctimas – RUV.
- c. Predios ubicados en municipios con Programas de Desarrollo con Enfoque Territorial - PDET o en las Zonas Más Afectadas por el Conflicto Armado - ZOMAC.

Artículo 5. Asignación de tierras recuperadas en el inventario de la Agencia Nacional de Tierras. Las tierras con vocación de uso agrícola que sean objeto de recuperación a través de planes, programas y proyectos implementados por las entidades relacionadas en la presente ley, podrán vincularse al inventario de tierras de la Agencia Nacional de Tierras - ANT para hacer parte de la política rural de formalización y reparto de las tierras en Colombia.

Artículo 6. Estrategia educativa para la recuperación, conservación y manejo racional del suelo. El Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible y el Servicio Nacional de Aprendizaje - SENA, dentro de los doce (12) meses siguientes a la expedición de la presente Ley, diseñarán y ofertarán cursos y programas de formación en técnicas dirigidas a la recuperación de la capacidad productiva de los suelos con vocación de uso agrícola. Así mismo, estos cursos y programas de recuperación deberán tener un enfoque de responsabilidad ambiental.

Parágrafo 1. El Gobierno nacional, a través de sus diferentes instituciones garantizará que los cursos y programas de formación, lleguen a todos los municipios con Programas de Desarrollo con Enfoque Territorial - PDET y las Zonas Más Afectadas por el Conflicto Armado - ZOMAC.

Artículo 7. *Comité de seguimiento a la recuperación de suelos con vocación de uso agrícola.* Créese el Comité de seguimiento a las actividades de recuperación del suelo con vocación de uso agrícola, que estará conformado por:

1. Ministro de Agricultura y Desarrollo Rural o su delegado, quien lo presidirá.
2. Ministro de Ambiente y Desarrollo Sostenible o su delegado.
3. Ministro de Ciencia, Tecnología e Innovación o su delegado.
4. Ministro de Hacienda y Crédito Público o su delegado.
5. Ministro de Comercio, Industria y Turismo o su delegado.
6. Un representante de la Agencia de Desarrollo Rural - ADR.
7. Un representante de la Unidad de Planificación Rural Agropecuaria - UPRA.
8. Un representante del Instituto Colombiano Agropecuario - ICA.
9. Un representante del Instituto Geográfico Agustín Codazzi - IGAC.
10. Un representante del instituto de hidrología, meteorología y estudios ambientales - IDEAM.
11. Un representante de la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria - Agrosavia.
12. Un representante de la asociación de corporaciones autónomas regionales y de desarrollo sostenible - ASOCAR.
13. Un representante del Servicio Nacional de Aprendizaje - SENA.
14. Dos representantes de universidades públicas o privadas
15. Dos representantes de gremios o asociaciones campesinas

Parágrafo 1. Las universidades públicas o privadas que integren el Comité de seguimiento a la recuperación de suelos con vocación de uso agrícola deberán tener en su oferta institucional programas a nivel pregrado o posgrado en áreas disciplinarias afines con la recuperación de suelos o la agricultura.

Parágrafo 2. Los gremios o asociaciones campesinas que integren el Comité de seguimiento a la recuperación de suelos con vocación de uso agrícola, deberán tener vocación de actividades agrícolas en territorios que requieran la recuperación de suelos. Los gremios deberán estar debidamente registrados e inscritos ante la Cámara de Comercio y las asociaciones deberán contar con matrícula mercantil vigente.

Parágrafo 3. El Comité de seguimiento a la recuperación de suelos con vocación de uso agrícola deberá reunirse al menos una vez cada tres meses para hacer seguimiento a los compromisos adquiridos por sus integrantes; la primera reunión anual deberá realizarse dentro de los primeros treinta días calendario de cada año.

Artículo 8. *Funciones del Comité de seguimiento a la recuperación de suelos con vocación de uso agrícola.* El comité tendrá como funciones principales las siguientes:

1. Investigar las técnicas agroecológicas y agronómicas para el mejor uso de suelos con potencial agrícola.
2. El diseño y adopción de los instrumentos y procedimientos de gestión para el avance de la recuperación de la capacidad productiva del suelo con vocación de uso agrícola.
3. La revisión y aprobación de proyectos encaminados a la financiación de la recuperación de la capacidad productiva del suelo con vocación de uso agrícola.
4. Hacer seguimiento a la recuperación de la capacidad productiva del suelo con vocación de uso agrícola con la implementación de la presente Ley.
5. Monitorear la calidad de los suelos, ajustar los mapas de calidad y usos del suelo, y adoptar medidas de recuperación y conservación de los suelos con vocación de uso agrícola.
6. Difundir los resultados de sus investigaciones semestralmente en boletines de libre circulación.

7. Fomentar la agroecología en el país, como forma de lograr convergencia entre los objetivos de la producción agrícola y la conservación del suelo.

Artículo 9. Investigación, innovación, y transferencia de conocimiento y tecnología.

El Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación, el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, la Agencia de Desarrollo Rural - ADR y la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria - Agrosavia, se encargarán de promover procesos de investigación académico-científico y de transferencia de conocimiento, que permitan identificar y aplicar técnicas de recuperación de suelos con vocación de uso agrícola.

Las autoridades mencionadas en el presente artículo trabajarán de la mano con instituciones de educación superior del sector público y privado a nivel nacional e internacional, instituciones de formación técnica y tecnológica, instituciones de formación para el trabajo y desarrollo humano con vocación agrícola, y los centros e institutos de investigación reconocidos por el Ministerio de Ciencia Tecnología e Innovación, como estrategia para transferir el conocimiento y las tecnologías desarrolladas al campo colombiano.

Parágrafo 1. El Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación y el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, en un plazo no mayor a un (1) año, contado a partir de la entrada en vigencia de la presente Ley, destinarán recursos para formular y desarrollar convocatorias de proyectos que fomenten la investigación y la implementación de tecnologías para la recuperación de suelos con vocación de uso agrícola y para la producción de bioinsumos de alta calidad, vinculando la participación de asociaciones y agremiaciones campesinas y víctimas del conflicto armado en el desarrollo de dichos proyectos.

Artículo 10. Fomento al uso de bioinsumos. El Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural en articulación con el Ministerio de Comercio Industria y Turismo y el Ministerio de Hacienda y Crédito Público, a través de la Agencia de Desarrollo Rural - ADR y el Instituto Colombiano Agropecuario -ICA, dentro de los seis (6) meses siguientes a la entrada en vigencia de la presente Ley, desarrollarán una estrategia para promover el uso y comercialización de los productos definidos como bioinsumos en el artículo segundo de la presente ley, señalando sus ventajas, formas de aplicación y dosificaciones.

Artículo 11. Incentivos económicos. El Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural a través de sus entidades y en el marco de sus competencias, dentro de los seis (6) meses siguientes a la entrada en vigencia de la presente Ley, diseñará mecanismos para entregar incentivos económicos a la elaboración y compra de bioinsumos destinados a la población campesina que opte por implementar acciones para la recuperación de suelos con vocación de uso agrícola.

La entrega de incentivos económicos priorizará a las asociaciones de víctimas del conflicto armado y a las familias, comunidades y agremiaciones campesinas dedicadas a la explotación agrícola, siempre y cuando integren como asociados al pequeño o al mediano productor.

Artículo 12. Uso del suelo agrícola. El Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural en compañía del Instituto Geográfico Agustín Codazzi -IGAC y la Unidad de Planificación Rural Agropecuaria -UPRA, dentro de los seis (6) meses siguientes a la entrada en vigencia de la presente Ley, reglamentarán lo correspondiente al uso del suelo en la agricultura en función de la vocación y condiciones del suelo, con el fin de generar explotación agrícola de acuerdo a las condiciones y capacidades de cada tipo de suelo.

Artículo 13. Fuentes de financiación. Destínese un porcentaje no menor al cinco por ciento (5 %) de las vigencias anuales asignadas a los siguientes fondos para financiar lo señalado en la presente Ley.:

1. Fondo de Fomento Agropecuario.
2. Fondo para el Financiamiento del Sector Agropecuario - FINAGRO.
3. Fondo "Colombia Potencia Mundial de la Vida".
4. Fondo Nacional de Adecuación de Tierras - FONAT
5. Fondo para el Acceso a los Insumos Agropecuarios - FAIA.
6. Fondo para la Vida y la Biodiversidad.
7. Fondo Nacional Ambiental - FONAM.

Parágrafo 1. Las entidades del Gobierno Nacional vinculadas a la presente Ley, podrán gestionar recursos en diferentes fondos de cooperación internacional con el objeto de financiar la implementación de estrategias y proyectos para la recuperación de los suelos con vocación de uso agrícola.

Parágrafo 2. Los planes, programas y proyectos de recuperación de suelos con vocación de uso agrícola, también podrán financiarse a través de recursos diferentes a los fondos mencionados en el presente artículo. El Gobierno Nacional y las diferentes entidades responsables de la implementación de la presente Ley, podrán realizar asignaciones de otros rubros presupuestales.

Artículo 14. *Articulación regional.* El Gobierno Nacional en articulación con las entidades territoriales, en el marco de sus competencias, formularán e implementarán la política de recuperación de suelos con vocación de uso agrícola y garantizarán las estrategias pedagógicas necesarias para acceder a estos planes, programas y proyectos.

Las solicitudes de ingreso a los planes, programas y proyectos de recuperación de suelos con vocación de uso agrícola serán conocidas a prevención por las autoridades competentes que se encuentren en el municipio o departamento.

Artículo 15. *Vigencia.* La presente ley rige a partir de su sanción y promulgación, y deroga las disposiciones que le sean contrarias

EXPOSICIÓN DE MOTIVOS

El presente proyecto de ley se pone a consideración del Honorable Congreso de la República para ser estudiado, debatido y votado. La exposición de motivos se desarrolla en los siguientes ítems.

- I. Objeto
- II. Justificación
- III. Marco Constitucional
- IV. Marco Legal
- V. Marco Jurisprudencial
- VI. Impacto Fiscal
- VII. Conflicto de Intereses
- VIII. Referencias

I. OBJETO

La presente ley tiene por objeto impulsar planes, programas y proyectos encaminados a la recuperación del suelo con vocación de uso agrícola degradado por factores naturales y antrópicos de orden físico, químico y biológico, con el fin de restablecer y aumentar su productividad.

Para tal fin, se plantea emplear procesos de remediación que se adapten a las necesidades de las regiones a intervenir y generen el mínimo impacto ambiental, priorizando técnicas de biorremediación y biofertilización. Así mismo, busca fomentar el uso de bioinsumos y el uso responsable de agroquímicos.

II. JUSTIFICACIÓN

En Colombia, la producción agrícola está dominada por prácticas convencionales que causan impactos negativos en los suelos llevando a la degradación y disminución de su capacidad de producción o de cumplir con sus funciones ambientales.

La degradación de los suelos se refiere a la disminución de una o varias de las funciones ecosistémicas y ambientales, ocasionada por procesos naturales o antrópicos de tipo físico, químico o biológico que, en casos críticos, pueden originar la pérdida o destrucción total del componente ambiental, (IDEAM, 2015).

Los procesos de degradación más relevantes en el país son la erosión, la compactación, la contaminación, la pérdida de nutrientes, la salinización, la pérdida de materia orgánica, y la contaminación (ver figura 1).

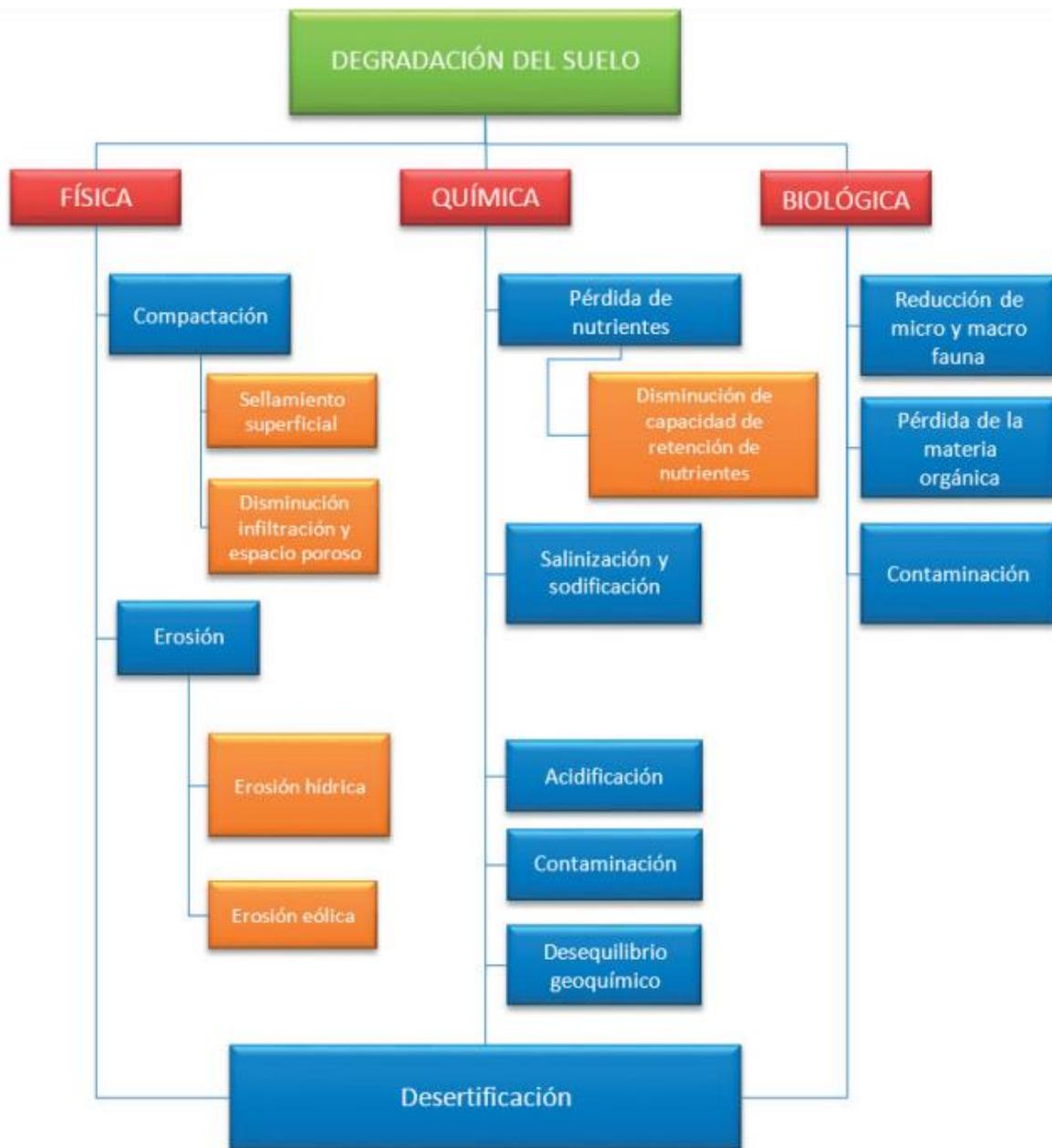


Figura 1. Tipos de degradación física, química y biológica de suelos. Fuente: IDEAM y MADS, (2011).

De acuerdo con el estudio nacional de la degradación de suelos por erosión en Colombia, el 40 % de los suelos del área continental e insular del país, equivalente a 45.379.057 hectáreas, presenta algún grado de degradación por erosión (ver figura 2). Así mismo,

se estima que el 2.9 % del territorio colombiano presenta erosión severa y muy severa en 3.334.594 ha, el 16.8 % erosión moderada en 19.222.575 ha y el 20% erosión ligera en 22.821.889 ha, y su rehabilitación es muy difícil, costosa, toma mucho tiempo bajo técnicas convencionales o en algunos casos es imposible volver al estado inicial, (IDEAM y UDCA, 2015).

EL SUELO EN LA AGRICULTURA

La revolución verde cambió por completo los métodos de la agricultura tradicional y le dio paso al uso de moléculas sintéticas como fertilizantes, plaguicidas y semillas híbridas para aumentar el rendimiento de los suelos y cultivos. No obstante, desde su aparición en la década de 1980 en Estados Unidos, los estudios sobre el uso y dosificación de estos productos fueron limitados, llevando, en la mayoría de casos, a excedentes en suelos y cultivos, y generando serias afectaciones en el mediano y largo plazo. Sumado a lo anterior, el desarrollo de sistemas de producción agrícola en zonas sin esa vocación y la utilización de tecnologías inadecuadas en áreas potencialmente útiles para la agricultura, también han conducido con el paso de los años a procesos de degradación y pérdida de la capacidad productiva de los suelos.

Se estima que el 60 % de los suelos con vocación agrícola del país presenta algún grado de degradación por erosión y de estos, el 4,6 % exhibe erosión severa, (IDEAM y UDCA, 2015).

Adicional al fenómeno de la erosión que afecta la fertilidad, la disponibilidad de nutrientes y la capacidad de retención de agua en el suelo, las alteraciones más frecuentes en los suelos colombianos son:

- a) **Acidificación.** Corresponde a la reducción del pH del suelo. Limita la actividad de micro y meso organismos, y en casos extremos aumenta la biodisponibilidad de elementos tóxicos para las especies vegetales como el aluminio en los llanos orientales.
- b) **Acumulación de metales pesados.** Está relacionada con actividades industriales como la minería y la explotación petrolera o con el uso excesivo de agroquímicos. Son objeto de bioacumulación a través de la cadena trófica y el agua. Las altas concentraciones de estos elementos se vinculan a enfermedades cancerígenas, renales y hepáticas en humanos y animales.

c) **Salinización.** Aumento, ganancia o acumulación de sales en el suelo, afectando el crecimiento de las plantas. el 5% de los suelos del área continental del país presentan susceptibilidad a procesos de salinización y sodificación.

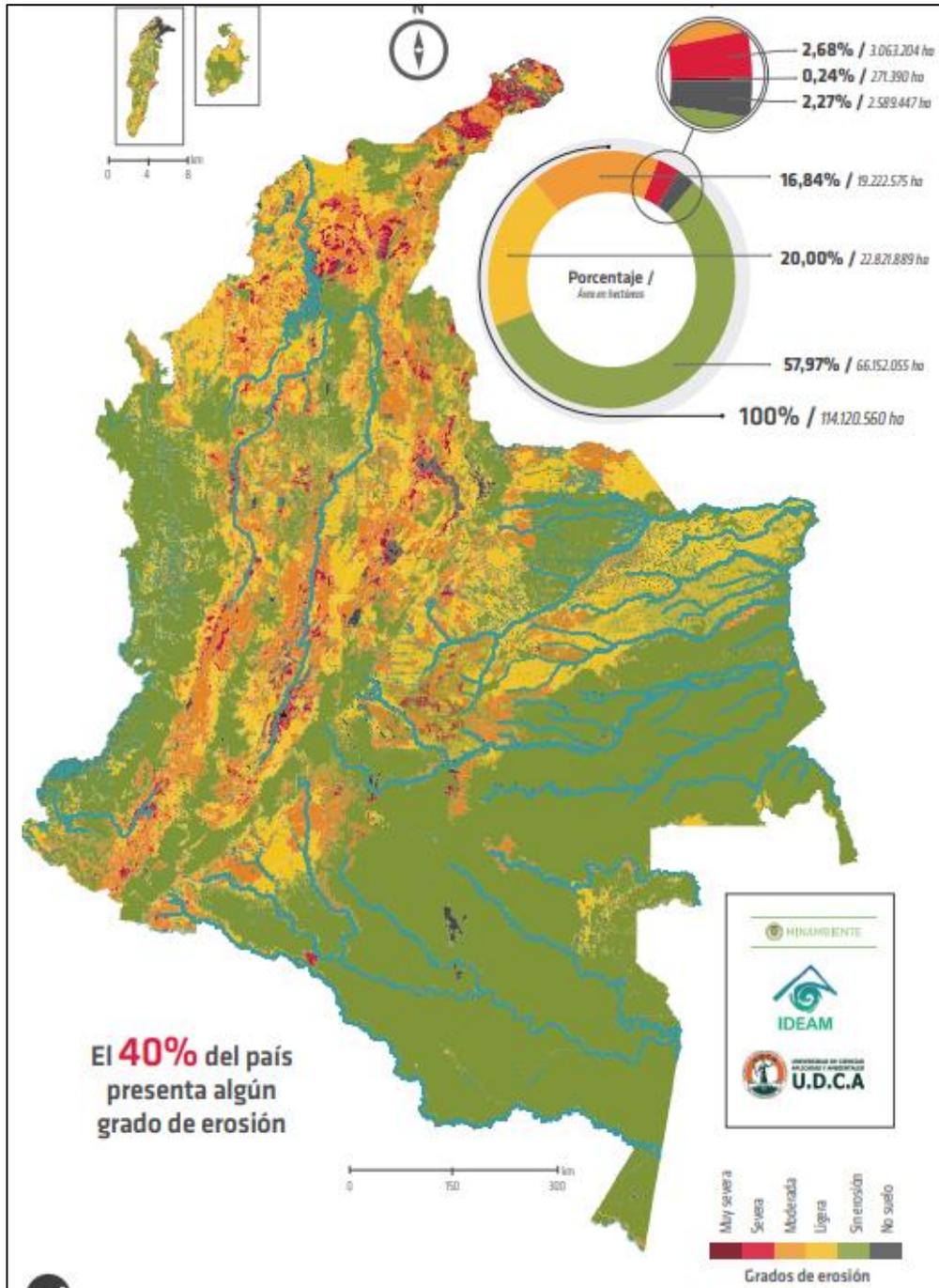


Figura 2. Zonificación de la degradación de suelos por erosión en Colombia. Fuente: Subdirección de Ecosistemas e Información Ambiental - IDEAM, Grupos de Suelos y Tierras, 2015. Cartografía Básica - IGAC, 2012.

Para contrarrestar los efectos descritos anteriormente, especialmente en el contexto de la recuperación de suelos degradados, se plantean diferentes alternativas que van desde cambios en los procesos productivos hasta técnicas de biorremediación o biofertilización, (Sarmiento, 2022). Las principales estrategias de recuperación de suelos, de acuerdo a cada tipo de degradación son:

- a) **Suelos erosionados.** Estabilizar y controlar temporalmente los sedimentos.
- b) **Suelos salinizados.** Drenar, irrigar, y adicionar enmiendas orgánicas e inorgánicas.
- c) **Infertilidad del suelo.** Balancear el uso de fertilizantes mediante la elección adecuada del sustrato, su cantidad, tiempo de aplicación y el área de acción. Además, se recomienda la no labranza de los suelos afectados.
- d) **Suelos afectados por metales pesados.** Irrigar, fertilizar y emplear sistemas de cultivos intercalados; asimismo, aplicar acondicionadores orgánicos, enmiendas orgánicas e inorgánicas, y técnicas de biorremediación y fitorremediación.

En Colombia, el 56 % del territorio nacional tiene vocación de uso forestal destinado a la conservación del bosque natural y el 19,3 % equivalente a 22.072.343 hectáreas, es de vocación agrícola. De estas, cerca del 60 % presenta erosión, principalmente en grado moderado y ligero (ver figura 3), mientras que el 4,6 % tiene erosión en grado severo, donde ya no es posible la recuperación, (IDEAM, 2015).

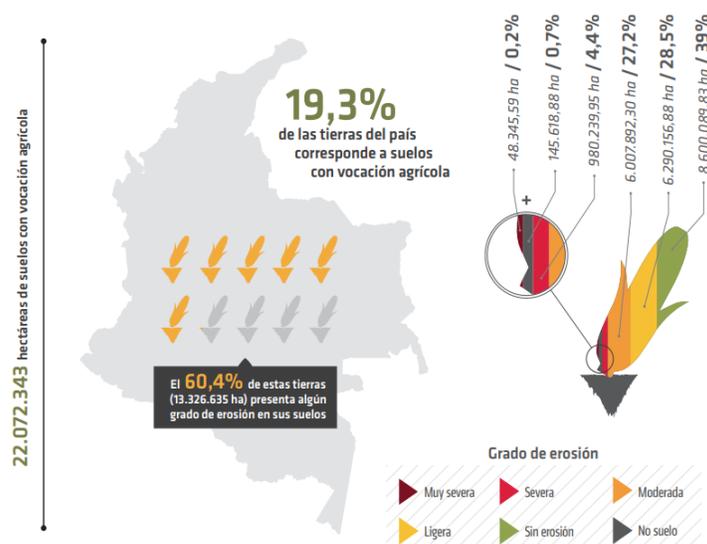


Figura 3. Erosión en suelos con vocación agrícola en Colombia. Fuente: IDEAM (2015), pg. 42.

Los efectos nocivos de los agroquímicos en el ambiente tienen lugar cuando los agentes químicos no absorbidos por las plantas son movilizados mediante procesos de lavado, foto descomposición, degradación química y microbiana, filtración, lixiviación, absorción, drenaje, escorrentía o volatilización, llegando por estos medios a otras plantas, suelos y fuentes de agua. Los impactos negativos de estas sustancias tienen lugar gracias a la inadecuada dosificación y aplicación incorrecta de los fertilizantes y pesticidas. La falta de precisión en la cantidad y el momento de aplicación conduce a la pérdida de eficiencia de los nutrientes.

Impacto de los fertilizantes nitrogenados

Los fertilizantes de síntesis química como el amonio (NH_4^+), el nitrato (NO_3) y la urea ($\text{CO}(\text{NH}_2)_2$), son los más utilizados en la agricultura; sin embargo, en muchas ocasiones estos productos se dosifican y aplican a los suelos de forma incorrecta, perdiendo su eficiencia y causando problemas de salinidad, toxicidad y contaminación en suelos y aguas.

A pesar del empleo constante de fertilizantes nitrogenados, este elemento sigue siendo limitante para la producción agrícola, pues se ha comprobado que solo se absorbe de forma efectiva entre un 10 y un 60 % del producto aplicado. Las cantidades de amonio (NH_4^+) y nitrato (NO_3) no absorbidas por las plantas se acumulan en el suelo, aumentando su acidez y salinidad, lo que a su vez lleva a la pérdida de micro y macro nutrientes esenciales para el desarrollo vegetal y microbiano, (Galindo et. al. 2020). Esta situación impacta la viabilidad de la agricultura a largo plazo ya que los costos asociados con la compra y aplicación de fertilizantes no se traducen en un aumento proporcional en la productividad agrícola.

Por su parte, la presencia excesiva de nitrógeno puede alterar el equilibrio microbiológico, reduciendo la capacidad de los microorganismos para fijar nitrógeno atmosférico y aumentando la generación de gases de efecto invernadero como el metano. Al comparar la capacidad metabólica de los microorganismos presentes en ecosistemas contaminados con fertilizantes y sin contaminar, estos presentan reducción en el pool de genes que les proveen la capacidad de fijar Nitrógeno, mientras que muestran un metabolismo aumentado respecto a la generación de gases de efecto invernadero como el metano o los sulfatos, evidenciando cambios en las comunidades y el metabolismo microbiano a causa de este tipo de contaminantes, (Galindo et. al. 2020).

SOLUCIONES DESDE LAS CIENCIAS BÁSICAS Y APLICADAS

En el contexto colombiano, la utilización inadecuada de agroquímicos ha planteado una serie de desafíos que requieren soluciones fundamentales y prácticas. El enfoque en las ciencias básicas y aplicadas, junto con la implementación de técnicas innovadoras, se presenta como una alternativa prometedora para abordar estos problemas y promover una agricultura más sostenible.

La biorremediación en la recuperación de suelos con vocación de uso agrícola.

Los procesos para recuperar el suelo de vocación agrícola degradado por factores naturales y antrópicos se enmarcan en físicos, químicos y biológicos. De estos últimos se destacan las técnicas de biorremediación y biofertilización por su alta efectividad y mínimo impacto ambiental. Las principales técnicas de biorremediación consisten en el uso de microorganismos como levaduras, hongos filamentosos o bacterias para descomponer o degradar sustancias peligrosas en sustancias menos tóxicas. Ciertos microorganismos, especialmente las bacterias tienen la capacidad de producir enzimas capaces de emplear sustancias orgánicas peligrosas para los seres humanos, como es el caso de los combustibles, residuos agrícolas, solventes o sustancias peligrosas, y descomponerlos a productos inocuos, principalmente gases y agua. Además, cuando ya el contaminante ha bajado su concentración y ha sido degradado, las poblaciones de microorganismos empleados para biorremediar, se reducen pues se ha agotado su fuente de alimento, sin que los microorganismos muertos presenten riesgos de contaminación, (Galindo et. al. 2020).

En el contexto colombiano, la amplia biodiversidad y los variados microclimas brindan un amplio espectro de microorganismos que pueden ser empleados en procesos de recuperación de suelos degradados por factores naturales y antrópicos. Las técnicas de biorremediación «in situ» y «ex situ» se caracterizan por tratar el suelo contaminado en el lugar de origen o transportar y tratar la matriz contaminada fuera de la zona de procedencia. La aplicación de estas técnicas permite reducir los impactos negativos de la contaminación y rehabilitar la salud de los suelos agrícolas.

Los bioinsumos en la recuperación de suelos con vocación de uso agrícola.

Los bioinsumos son productos formulados con microorganismos como bacterias, hongos y virus, y actúan como estrategia para potencializar la producción agrícola desde la

sostenibilidad, mejorando la salud de las plantas y las características biológicas del suelo. Ofrece múltiples beneficios entre los que se destacan los siguientes:

1. **Protección del ambiente.** No son tóxicos ni contaminan el suelo, el agua o el aire, siendo una alternativa segura y sostenible para la agricultura.
2. **Aumento de la biodiversidad.** Favorecen la diversidad de microorganismos en el suelo, mejorando la salud de los cultivos.
3. **Aumento de la productividad.** Mejoran la calidad del suelo y aumentan la disponibilidad de nutrientes para las plantas, ampliando la productividad de los cultivos.
4. **Mejora la resistencia de las plantas.** Mejoran la resistencia de las plantas a enfermedades y plagas, reduciendo la necesidad de utilizar pesticidas de síntesis química.
5. **Mejora la calidad de los productos.** Mejoran la calidad de los cultivos, aumentando su valor comercial.

Cabe resaltar que los bioinsumos pueden incluir una amplia variedad de productos, como:

1. **Biofertilizantes.** Son productos que contienen microorganismos benéficos que ayudan a mejorar la calidad del suelo y la disponibilidad de nutrientes para las plantas.
2. **Bioestimulantes.** Son productos que contienen sustancias naturales que estimulan el crecimiento de las plantas y mejoran su resistencia a las enfermedades y las condiciones climáticas adversas.
3. **Bioplaguicidas:** Son productos que contienen microorganismos o sustancias naturales que se utilizan para controlar las plagas y enfermedades de los cultivos.

Los bioinsumos pueden ser descritos como productos que contienen células viables de diversos tipos de microorganismos, los cuales, al ser aplicados a las semillas, la superficie de las plantas o los suelos, colonizan la rizósfera o el interior de las plantas y promueven su crecimiento al convertir elementos nutricionalmente importantes como el

Nitrógeno, el Fósforo y Potasio de fuentes no disponibles, a fuentes biológicamente disponibles a través de procesos enzimáticos. Los microorganismos asociados a las raíces de las plantas mejoran, estimulan y facilitan su sano desarrollo a dosis inferiores de agroquímicos necesarias para un rendimiento rentable, (Galindo et. al. 2020).

De esta forma, los insumos biológicos se presentan como una alternativa para reducir la dependencia a los agroquímicos y mejorar la fertilidad del suelo. Estos productos ayudan a la productividad y la sostenibilidad protegiendo el ambiente al mismo tiempo que son más rentables para los agricultores; lo anterior, siempre teniendo en cuenta que el éxito de su uso depende de múltiples factores como la cepa o cepas empleadas, el tipo de cultivo, las características del suelo y las condiciones ambientales.

Para garantizar la sostenibilidad y productividad de los suelos no se recomiendan esquemas de manejo exclusivos con agroquímicos, sino un manejo integral con productos a base de microorganismos para los cuales se ha demostrado de forma exitosa y ampliamente documentada que funcionan, tanto en procesos de remediación de ambientes contaminados, como en su uso como biofertilizantes y promotores de crecimiento vegetal, brindando soluciones efectivas que permiten disminuir de cierta medida la dependencia de productos químicos por el sector agrícola. La identificación y aplicación de microorganismos con potencial para promover el crecimiento vegetal es esencial. Al implementar estos biofertilizantes, se puede mejorar la eficiencia en la absorción de nutrientes, reducir la contaminación del suelo y promover la sostenibilidad agrícola.

ESTADO DE LOS SUELOS EN COLOMBIA

Los departamentos del país con mayor porcentaje de degradación por erosión respecto a su área son: Cesar y Caldas con el 81,9 %, Córdoba con el 80,9 %, Cundinamarca con el 80,3 %, Santander con el 79,4 %, La Guajira con el 79,3 %, Atlántico con el 77,9 %, Magdalena con el 76,9 %, Sucre con el 75,1 %, Tolima con el 73,7 %, Quindío con el 72,7 %, Huila con el 72,5 % y Boyacá con el 72,1 %, (IDEAM, 2015).

Por otro lado, los departamentos más afectados por grados de erosión severo y muy severo son: La Guajira con el 28,1 %, Magdalena con el 16,5 %, Cesar con el 12 %, Huila con el 8,4 % y Sucre con el 7,6%, (IDEAM, 2015).

La degradación de los suelos es una enfermedad grave y silenciosa que padece Colombia, la cual está afectando la seguridad alimentaria, la biodiversidad y la regulación

del ciclo hidrológico, aumentando las amenazas por inundaciones, sequías, avalanchas, deslizamientos y emisiones de gases efectos invernadero.

NECESIDAD DE UNA LEY DE RECUPERACIÓN DE SUELOS CON VOCACIÓN AGRÍCOLA

Colombia cuenta con una base agrícola valiosa y variada gracias a su diversidad geográfica y climática. Sin embargo, esta riqueza está amenazada por la degradación de los suelos con vocación agrícola debido a factores naturales y antrópicos. Esta preocupante situación compromete la seguridad alimentaria, el desarrollo económico sostenible y la preservación del ambiente en el largo plazo.

Existe la necesidad de impulsar la recuperación de los suelos con vocación de uso agrícola con el fin de aumentar y sostener la producción de alimentos en el corto, mediano y largo plazo y así, garantizar la seguridad alimentaria de las comunidades rurales y urbanas del país.

En los últimos años, se ha observado un significativo incremento en el precio de los agroquímicos en el mercado internacional generando un aumento en los costos de producción en el país. Ante esta situación, es una prioridad nacional encontrar soluciones biotecnológicas que utilicen la bioeconomía circular y aprovechen la biodiversidad del país para garantizar la seguridad alimentaria.

Adicionalmente, la creación de una Ley para recuperar los suelos con vocación agrícola degradados, fomentar el uso de bioinsumos y el uso responsable de agroquímicos, se justifica en las siguientes razones.

- 6. Sostenibilidad ambiental.** La rehabilitación de suelos es un pilar fundamental para la conservación del entorno natural. El uso inadecuado de agroquímicos y las prácticas de manejo intensivas han llevado a la erosión, pérdida de fertilidad y contaminación de los suelos, afectando la biodiversidad y poniendo en riesgo la calidad de los recursos hídricos. La Ley busca detener este proceso de degradación, contribuir a la recuperación de los suelos con vocación agrícola y llevar a una gestión sostenible del suelo en la agricultura.
- 7. Apoyo al inventario de la Agencia Nacional de Tierras - ANT.** Se estima que, en Colombia, de las 325.777 hectáreas totales de gestión de tierras, 28.359 corresponden a compras que ha hecho la Agencia Nacional de Tierras -ANT- a particulares, al Fondo de Reparación de Víctimas y a la Sociedad de Activos

Especiales -SAE-. No obstante, es importante garantizar que las tierras entregadas por la ANT sean territorios productivos con el fin de consolidar y mantener el ordenamiento social de la propiedad rural, para mejorar la calidad de vida de la población y promover su desarrollo económico.

- 8. Seguridad alimentaria.** Los suelos saludables son esenciales para la producción de alimentos. La degradación de los suelos reduce la capacidad de cultivo y la calidad de las cosechas, lo que amenaza la seguridad alimentaria de la población. Al rehabilitar los suelos degradados, se fortalece la base productiva agrícola, se asegura un suministro constante de alimentos y se disminuye la vulnerabilidad frente a los vaivenes del mercado global.
- 9. Desarrollo económico y rural.** La agricultura es un sector económico fundamental en Colombia, especialmente en las zonas rurales. La degradación de los suelos afecta directamente la productividad y rentabilidad de los agricultores. La Ley pretende impulsar la recuperación de la productividad agrícola, aumentando los rendimientos y mejorando las condiciones de vida de las comunidades rurales, lo que a su vez contribuirá al crecimiento económico nacional.
- 10.Reducción de impactos negativos.** El uso incontrolado de productos químicos (orgánicos e inorgánicos) en la explotación agrícola, representa riesgo de contaminación de los suelos con posibles impactos en su biodiversidad, en los ecosistemas, en el recurso hídrico (cuerpos de agua superficial y subterránea) y en la salud humana. La regulación del uso de agroquímicos contemplada en la Ley pretende minimizar estos impactos y promover prácticas agrícolas más seguras y responsables.
- 11.Educación y difusión de prácticas sostenibles.** Se requiere la capacitación y difusión de prácticas sostenibles de manejo de suelos y cultivos entre los agricultores. Los conocimientos en biorremediación y biofertilización, manejo eficiente de agroquímicos, agroecología, usos del suelo, rotación de cultivos, entre otros con el fin de contribuir significativamente a la conservación de los recursos naturales y la mejora de la productividad agrícola.
- 12.Innovación y tecnología.** La rehabilitación de suelos requiere la adopción de técnicas y tecnologías innovadoras, como la remediación y biorremediación. En la actualidad se requiere avanzar en investigación en temas relacionados con estrategias de recuperación y rehabilitación de suelos y evaluación de los impactos de su degradación. La Ley impulsa la investigación y desarrollo en estas áreas, generando conocimiento científico que permita abordar la degradación de manera

efectiva y adaptada a las condiciones colombianas. El fomento de la investigación científica y la innovación tecnológica es fundamental para garantizar la efectividad y la viabilidad a largo plazo de estas soluciones.

A través de la implementación de medidas que van desde la promoción de técnicas de recuperación hasta la regulación del uso de agroquímicos y el incentivo del uso de bioinsumos, se aspira a preservar la sostenibilidad ambiental, garantizar la seguridad alimentaria, promover el desarrollo económico y rural, y reducir los impactos negativos de la actividad agrícola.

Cabe resaltar que la implementación de una Ley para la recuperación de suelos con vocación agrícola requiere la financiación de diferentes fondos de carácter nacional e internacional que permitan adoptar la totalidad de las medidas de recuperación de suelos degradados, fomentar el uso de bioinsumos y promover el uso responsable de agroquímicos, todo esto con el fin de garantizar la sostenibilidad y éxito de la ejecución de los planes, programas y proyectos estratégicos formulados e impulsados por las entidades del Estado del orden nacional y territorial. No obstante, el Gobierno Nacional también tiene la potestad para hacer uso de otras asignaciones presupuestarias relacionadas con el fortalecimiento de la producción agrícola en el país.

Colombia se encuentra en una posición propicia para aprovechar las soluciones que emergen de las ciencias básicas y aplicadas para abordar los impactos negativos de la explotación agrícola como la degradación de los suelos. La biorremediación, el uso de biofertilizantes y el manejo eficiente de nutrientes presentan oportunidades valiosas para promover una agricultura sostenible, mejorar la salud del suelo y reducir la contaminación. El enfoque en la investigación, la educación y la implementación adecuada es esencial para garantizar el éxito de estas soluciones y contribuir al desarrollo agrícola y ambientalmente responsable en el país. Esta ley marca un paso crucial hacia un futuro en el que la agricultura y el ambiente puedan coexistir de manera armoniosa y beneficiosa para las generaciones presentes y futuras.

III. MARCO CONSTITUCIONAL

Las disposiciones sobre la conservación y cuidado de los suelos, se sustentan en el siguiente marco constitucional:

- **Artículo 8:** Reconoce el derecho a gozar de un ambiente sano y a preservar la diversidad e integridad del ambiente. El Estado debe proteger la riqueza natural

del país, conservar áreas de especial importancia ecológica y fomentar la educación ambiental.

- **Artículo 49:** Reconoce el derecho a la salud. El Estado debe garantizar la prevención y recuperación de la salud de las personas; en ese sentido, la recuperación de suelos con vocación de uso agrícola puede ser considerada como una medida para proteger la salud humana al evitar la degradación y contaminación del suelo.
- **Artículo 79:** Reconoce el derecho a gozar de un ambiente sano. El Estado debe proteger la diversidad e integridad del ambiente y conservar las áreas de especial importancia ecológica.
- **Artículo 80:** El Estado planificará el manejo y aprovechamiento de los recursos naturales para garantizar el desarrollo sostenible y lograr su conservación, restauración o sustitución. Para lograr tal propósito le impone el deber de adoptar las medidas necesarias para prevenir y controlar los factores de deterioro ambiental y, a la vez, le otorga la facultad de aplicar sanciones.
- **Artículo 95:** Indica en su numeral 8 que los ciudadanos están en el deber de proteger los recursos culturales y naturales del país y velar por la conservación de un ambiente sano.

IV. MARCO LEGAL

Las disposiciones sobre la conservación y cuidado de los suelos, se sustentan en el siguiente marco normativo:

- **Ley 23 de 1973:** Por la cual se conceden facultades extraordinarias al Presidente de la República para expedir el Código de Recursos Naturales y protección al medio ambiente y se dictan otras disposiciones. Detalla los factores que deterioran el suelo como la contaminación, degradación y erosión.
- **Ley 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. Faculta al Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible para expedir y actualizar las regulaciones nacionales en

materia del uso del suelo, el uso de agroinsumos y la reducción de la contaminación del suelo.

- **Ley 152 de 1994:** Esta ley establece el Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SINAP) en Colombia. Dentro de este marco, se crean las áreas protegidas como espacios destinados a la conservación de la diversidad biológica y los recursos naturales, incluyendo los suelos. Estas áreas pueden ser objeto de planes y programas de restauración ecológica.
- **Ley 373 de 1997:** Esta ley promueve el desarrollo sostenible a través de la planificación ambiental y el manejo integrado de los recursos naturales. Establece la obligación de adoptar medidas para prevenir y controlar la degradación del suelo y promover su restauración en el sector agrícola, entre otros sectores.
- **Ley 1523 de 2012:** Esta ley establece el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres (SNGRD) en Colombia. En el marco de esta ley, se reconoce la importancia de la restauración de suelos para prevenir y reducir los riesgos de desastres, como la erosión, las inundaciones y los deslizamientos.
- **Decreto Ley 2811 de 1974:** Por el cual se dicta el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente. Explica las condiciones sobre las cuales debe realizarse el uso de los suelos y las condiciones que permiten su clasificación y uso potencial, siguiendo factores físicos, ecológicos y socioeconómicos de cada región.
- **Decreto 1743 de 1994:** Por el cual se instituye el Proyecto de Educación Ambiental para todos los niveles de educación formal, se fijan criterios para la promoción de la educación ambiental no formal e informal y se establecen los mecanismos de coordinación entre el Ministerio de Educación Nacional y el Ministerio del Medio Ambiente. Esta norma generó adicionalmente, los mecanismos de coordinación entre el Ministerio de Educación Nacional y el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.
- **Resolución número 0170 de 2009:** Por la cual se declara en Colombia el año 2009 como año de los suelos y el 17 de junio como Día Nacional de los Suelos y se adoptan medidas para la conservación y protección de los suelos en el territorio nacional. Exhorta al Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible a formular e impulsar políticas, normas, directrices, programas y proyectos dirigidos a la conservación, protección, restauración, recuperación y rehabilitación de los suelos.

V. MARCO JURISPRUDENCIAL

Las disposiciones sobre la conservación y cuidado de los suelos, se sustentan en el siguiente marco jurisprudencial:

- **Sentencia T-595 de 1995:** Esta sentencia reconoce el derecho fundamental de las personas a un ambiente sano y establece que el Estado tiene la obligación de proteger, preservar y restaurar el medio ambiente, incluyendo los suelos, con el fin de garantizar el ejercicio pleno de este derecho.
- **Sentencia C-644 de 2012:** En esta sentencia, la Corte Constitucional establece que los suelos son un componente esencial del medio ambiente y deben ser protegidos y restaurados. Además, se destaca la responsabilidad del Estado y de los particulares en la preservación y recuperación de los suelos degradados.
- **Sentencia T-135 de 2014:** La Corte Constitucional reconoce que la degradación de los suelos puede tener un impacto negativo en los derechos a la alimentación, el agua y la salud. En esta sentencia, se ordena al Estado implementar medidas para la protección y restauración de los suelos, especialmente en áreas rurales.
- **Sentencia SU-337 de 1999:** Esta sentencia establece que los agricultores tienen la responsabilidad de adoptar prácticas agrícolas sostenibles y respetuosas con el medio ambiente. Asimismo, se señala que el Estado debe promover políticas y programas que fomenten la restauración de suelos degradados en el sector agrícola.
- **Sentencia T-622 de 2016:** En esta sentencia, la Corte Constitucional destaca la importancia de la restauración ecológica de suelos en el contexto de la protección de los derechos de las comunidades indígenas y afrodescendientes. Se ordena al Estado implementar medidas para la recuperación de los suelos en los territorios de estas comunidades.
- **Sentencia T-582 de 1997:** En esta sentencia, la Corte Constitucional ordena al Estado y a las entidades competentes tomar medidas para prevenir y revertir la erosión y la degradación del suelo en las zonas rurales. Se destaca la importancia de implementar prácticas agrícolas sostenibles y de conservación del suelo, así como brindar asistencia técnica a los agricultores.

- **Sentencia T-689 de 2010:** La Corte Constitucional reconoce el derecho de las comunidades rurales a vivir en un ambiente sano y en condiciones dignas. Se ordena al Estado tomar medidas para la recuperación y conservación de los suelos en las áreas rurales, garantizando la participación efectiva de las comunidades en la toma de decisiones.
- **Sentencia T-772 de 2015:** En esta sentencia, la Corte Constitucional se pronuncia sobre la importancia de la restauración ecológica de suelos para prevenir la desertificación y garantizar la seguridad alimentaria. Se ordena al Estado promover la adopción de prácticas sostenibles en la agricultura y la restauración de suelos degradados, especialmente en áreas susceptibles a la desertificación.
- **Sentencia T-256 de 2017:** La Corte Constitucional reconoce el derecho de las comunidades campesinas a mantener su forma de vida tradicional y sostenible, en armonía con el medio ambiente. Se ordena al Estado promover la restauración de los suelos degradados en las áreas rurales habitadas por comunidades campesinas, asegurando su participación y respetando sus conocimientos ancestrales.
- **Sentencia T-622 de 2020:** En esta sentencia, la Corte Constitucional reafirma el deber del Estado de adoptar medidas para la protección y recuperación de los suelos degradados en el sector agrícola. Se hace hincapié en la importancia de la educación ambiental y la promoción de prácticas sostenibles en la agricultura como parte integral de la restauración de suelos

V. IMPACTO FISCAL

En cumplimiento del artículo 7 de la Ley 819 de 2003 el cual establece:

Artículo 7. Análisis del impacto fiscal de las normas. *En todo momento, el impacto fiscal de cualquier proyecto de ley, ordenanza o acuerdo, que ordene gasto o que otorgue beneficios tributarios, deberá hacerse explícito y deberá ser compatible con el Marco Fiscal de Mediano Plazo.*

Para estos propósitos, deberá incluirse expresamente en la exposición de motivos y en las ponencias de trámite respectivas los costos fiscales de la iniciativa y la fuente de ingreso adicional generada para el financiamiento de dicho costo.

El Ministerio de Hacienda y Crédito Público, en cualquier tiempo durante el respectivo trámite en el Congreso de la República, deberá rendir su concepto frente a la consistencia de lo dispuesto en el inciso anterior. En ningún caso este concepto podrá ir en contravía del Marco Fiscal de Mediano Plazo. Este informe será publicado en la Gaceta del Congreso.

Los proyectos de ley de iniciativa gubernamental, que planteen un gasto adicional o una reducción de ingresos, deberá contener la correspondiente fuente sustitutiva por disminución de gasto o aumentos de ingresos, lo cual deberá ser analizado y aprobado por el Ministerio de Hacienda y Crédito Público.

En las entidades territoriales, el trámite previsto en el inciso anterior será surtido ante la respectiva Secretaría de Hacienda o quien haga sus veces.

En consecuencia, el presente proyecto no genera impacto fiscal a las finanzas del Gobierno Nacional, toda vez que no ordena de manera imperativa un gasto adicional, sino que está enmarcado en las apropiaciones del Presupuesto General de la Nación. No obstante, se recomienda solicitar concepto del mismo al Ministerio de Hacienda y Crédito Público durante el correspondiente trámite de la iniciativa.

VI. CONFLICTO DE INTERESES

El artículo 3 de la Ley 2003 de 2019, que modifica el artículo 291 de la Ley 5 de 1992 establece:

ARTÍCULO 3. *El artículo 291 de la Ley 5 de 1992 quedará así:*

ARTÍCULO 291. Declaración de Impedimentos. *El autor del proyecto y el ponente presentarán en el cuerpo de la exposición de motivos un acápite que describa las circunstancias o eventos que podrían generar un conflicto de interés para la discusión y votación del proyecto, de acuerdo al artículo 286. Estos serán criterios guías para que los otros congresistas tomen una decisión en torno a si se encuentran en una causal de impedimento, no obstante, otras causales que el Congresista pueda encontrar.*

En consecuencia, en el trámite de este proyecto podrán incurrir en conflicto de interés los congresistas o sus parientes dentro de los grados de consanguinidad, afinidad o civil establecidos en el artículo 1° de la Ley 2003 de 2019, que puedan verse beneficiados.

VII. REFERENCIAS

Alegre, F. G. (14 de septiembre de 2017). Impacto de agroquímicos en el suelo y en la salud. Obtenido de <https://lossuelosdemipais.crea.org.ar/wp-content/uploads/2020/11/Impacto-de-los-agroquimicos-en-el-suelo-y-la-salud.pdf>

Bollag, J., T. Mertz, and L. Otjen. (1994). Chapter 1: Role of microorganisms in soil bioremediation. pp. 2-10. In: Anderson, T. and J. Coats (eds.). Bioremediation through rhizosphere technology. American Chemical Society, Washington. 249 p.

Cabeza-Rojas, I., Mosquera-Tobar, J. D., Moscoso-Díaz, M. P., & Muñoz-Hernández, J. S. (2022). Análisis de tendencias en la recuperación de suelos empleando vigilancia tecnológica. *Iteckne*, 19(1), 39-45.

Curasi Rafael, N., & Luque Soncco, M. A. (2019). Efectividad de los bioestimuladores de compost, lombricompost y abono verde en la biorremediación de suelos contaminados con aceite automotriz.

Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca. (2009). Proyecto “Diseño y promoción de tecnologías y prácticas para la recuperación de áreas con suelos degradados por erosión y salinidad”. CVC-UNIVALLE, Cali, Colombia. 456 p.

Galindo, L. A. G., Rivas, A. C., Melendez, J. P., & Mayorquín, N. (2020). Alternativas microbiológicas para la remediación de suelos y aguas contaminados con fertilizantes nitrogenados. *Scientia et technica*, 25(1), 172-183.

IDEAM, U.D.C.A. (2015). Síntesis del estudio nacional de la degradación de suelos por erosión en Colombia - 2015. IDEAM - MADS. Bogotá D.C., Colombia., 62 págs. Publicación aprobada por el IDEAM, diciembre de 2015, Bogotá D.C., Colombia.

IDEAM y MADS. (2011). Colombia. Programa de monitoreo y seguimiento a la degradación de los suelos y tierras de Colombia. Convenio Interadministrativo de Asociación entre el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (No. 160/11) y el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (No.015A/11).

Instituto Geográfico Agustín Codazzi. (2012). Estudio de los conflictos de uso del territorio colombiano escala 1:100.000. Instituto Geográfico Agustín Codazzi. Bogotá. Imprenta Nacional de Colombia.

Mantilla Ballesteros, M. L., & Garzon Rueda, L. D. (2021). Alternativas para el proceso de recuperación de suelos contaminados por el uso de agroquímicos en el cultivo del tomate en el municipio de Gramalote departamento Norte de Santander Colombia.

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. MADS. (2016). Política para la gestión sostenible del suelo. . Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Colombia. 94 p. ISBN: 978-958-8901-24-4.

Montenegro, S. P., Pulido, S. Y., & Vallejo, L. F. C. (2021). Prácticas de biorremediación en suelos y aguas. Notas de Campus.

Naranjo Cortes, L. J. (2010). Biorremediación ex situ de suelos salinizados por exceso de fertilizantes nitrogenados gallinaza y urea, provenientes de una finca productora de cebolla *Allium sativum* en la región de la laguna de Tota Aquitania Boyacá.

Ramírez Forero, S. C. (2005). Evaluación y seguimiento de la acción mixta de fitorremediación con *helianthus annuus* y biorremediación con micorrizas vesículo arbuscular MV A en un suelo contaminado con Zn y Cu.

Rodríguez Villanueva, K. N. (2022). Biorremediación mediante *Trichoderma* spp., *Pseudomonas fluorescens* y *Bacillus subtilis* para reducir concentraciones de Cadmio en Espárrago.

Sánchez Jaramillo, F. (13 de junio de 2017). Mongabay. Colombia: el panorama en Cesar y Caquetá debido a erosión y conflicto de uso de suelos. Disponible en: <https://es.mongabay.com/2017/06/colombia-panorama-erosion-conflicto-uso-suelos-cesar-caqueta/>. Consultado el 30 de junio de 2023.

Sarmiento León, I. (2022). Revisión de alternativas de biorremediación en suelos degradados por cultivos de caña de azúcar (*saccharum officinarum*) en el Valle del Cauca.

Vila, J., Urbizu, A., Grifoll, M., Bosch, M., Nilsson, J., Mundó, B., & Piñuela, P. (2014). Técnicas de biorremediación para el saneamiento del subsuelo. *Industria química*, junio.

Zúñiga Escobar, Orlando, Osorio Saravia, Juan Carlos, Cuero Guependo, Ramiro, & Peña Ospina, Julián Andrés. (2011). Evaluación de tecnologías para la recuperación de suelos degradados por salinidad. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, 64(1), 5769-5779.