	<b>MACROPROCESO DE APOYO</b>	<b>CÓDIGO: AAAr113</b>
	<b>PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO</b>	<b>VERSIÓN: 3</b>
	<b>DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL</b>	<b>VIGENCIA: 2017-11-16</b>
		<b>PAGINA: 1 de 8</b>

16.

<b>FECHA</b>	miércoles, 24 de julio de 2019
--------------	--------------------------------

Señores  
**UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA**  
 BIBLIOTECA  
 Ciudad

<b>UNIDAD REGIONAL</b>	Seccional Girardot
------------------------	--------------------

<b>TIPO DE DOCUMENTO</b>	Trabajo De Grado
--------------------------	------------------

<b>FACULTAD</b>	Ciencias Agropecuarias
-----------------	------------------------

<b>NIVEL ACADÉMICO DE FORMACIÓN O PROCESO</b>	Pregrado
---	----------

<b>PROGRAMA ACADÉMICO</b>	Ingeniería Ambiental
---------------------------	----------------------

El Autor(Es):

<b>APELLIDOS COMPLETOS</b>	<b>NOMBRES COMPLETOS</b>	<b>No. DOCUMENTO DE IDENTIFICACIÓN</b>
Bustos Castañeda	Yesica Lorena	1.106.309.053

Director(Es) y/o Asesor(Es) del documento:

<b>APELLIDOS COMPLETOS</b>	<b>NOMBRES COMPLETOS</b>
Pattieri	Marco
Sandoval Valencia	John Jairo

Diagonal 18 No. 20-29 Fusagasugá – Cundinamarca  
 Teléfono (091) 8281483 Línea Gratuita 018000976000  
 www.ucundinamarca.edu.co E-mail: info@ucundinamarca.edu.co  
 NIT: 890.680.062-2

*Documento controlado por el Sistema de Gestión de la Calidad  
 Asegúrese que corresponde a la última versión consultando el Portal Institucional*



<b>MACROPROCESO DE APOYO</b>	<b>CÓDIGO: AAAR113</b>
<b>PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO</b>	<b>VERSIÓN: 3</b>
<b>DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL</b>	<b>VIGENCIA: 2017-11-16</b>
	<b>PAGINA: 2 de 8</b>

### TÍTULO DEL DOCUMENTO

USO DEL RECURSO SUELO EN LA AGRICULTURA COLOMBIANA: BENEFICIOS, AFECTACIONES Y TÉCNICAS DE REMEDIACIÓN

### SUBTÍTULO

(Aplica solo para Tesis, Artículos Científicos, Disertaciones, Objetos Virtuales de Aprendizaje)

### TRABAJO PARA OPTAR AL TÍTULO DE:

Aplica para Tesis/Trabajo de Grado/Pasantía

Ingeniera Ambiental

### AÑO DE EDICIÓN DEL DOCUMENTO

09/07/2019

### NÚMERO DE PÁGINAS

64

### DESCRIPTORES O PALABRAS CLAVES EN ESPAÑOL E INGLÉS (Usar 6 descriptores o palabras claves)

ESPAÑOL	INGLÉS
1. Agricultura	Agriculture
2. Remediación	Remediation
3. suelo	floor
4. Fertilización	Fertilization
5. Impacto	Impact
6. conservación	Treatments



<b>MACROPROCESO DE APOYO</b>	<b>CÓDIGO: AAAr113</b>
<b>PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO</b>	<b>VERSIÓN: 3</b>
<b>DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL</b>	<b>VIGENCIA: 2017-11-16</b>
	<b>PAGINA: 3 de 8</b>

## RESUMEN DEL CONTENIDO EN ESPAÑOL E INGLÉS

(Máximo 250 palabras – 1530 caracteres, aplica para resumen en español):

A inicios de la década de los 90, se presenta un aumento del grado de contaminación afectando recursos naturales como el aire, el agua y el suelo, esto con llevo a la necesidad de buscar una forma para mitigar los impactos presentados en el ambiente a nivel nacional e internacional. El suelo es considerado como un recurso no renovable y de gran importancia debido a que actúa como un soporte para los seres vivos, proporciona las caracterizas adecuadas para el crecimiento de las plantas y permite el desarrollo de la interacción microbiológica.

Una de las actividades que afecta al suelo directamente es la agricultura, debido a que esta labor requiere de la intervención de maquinaria, mano de obra y productos químicos (pesticidas, fertilizantes, herbicidas etc.); los cuales pueden generar la disminución o perdida microbiológica de él, para luego alterar sus factores físico-químicos, disminuyendo la calidad y producción inicial de este, otro punto que se identifica es el poco aprovechamiento, donde gran cantidad de terreno destinado para a labores agrícolas no se está utilizando para este fin.

Se logra concluir, a nivel nacional en el caso de Colombia, que al implementar las buenas prácticas agrícolas se puede recuperar el suelo al estado inicial mejorando cada una de sus características, sin generar gran costo monetario siendo fácilmente accesible, permitiendo que se contribuya con el desarrollo sostenible y conservación ambiental de variables ecosistematicas que influyen en el suelo durante la agricultura.

At the beginning of the 90s, there is an increase in the degree of pollution affecting natural resources such as air, water and soil, which led to the need to find a way to mitigate the impacts presented in the environment at the level National and international. The soil is considered as a non-renewable resource and of great importance because it acts as a support for living beings, provides the appropriate characteristics for plant growth and allows the development of microbiological interaction.

One of the activities that directly affects the soil is agriculture, because this work requires the intervention of machinery, labor and chemical products (pesticides, fertilizers, herbicides etc.); which can generate the decrease or microbiological loss of it, and then alter its physical-chemical factors, decreasing the quality and initial production of this, another point that is identified is the little use, where large amount of land for agricultural work It is not being used for this purpose.

It is possible to conclude, at the national level in the case of Colombia, that by implementing good agricultural practices, the soil can be recovered to the initial state, improving each of its characteristics, without generating a large monetary cost



<b>MACROPROCESO DE APOYO</b>	<b>CÓDIGO: AAAR113</b>
<b>PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO</b>	<b>VERSIÓN: 3</b>
<b>DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL</b>	<b>VIGENCIA: 2017-11-16</b>
	<b>PAGINA: 4 de 8</b>

being easily accessible, allowing it to contribute to the sustainable development and environmental conservation of ecosystem variables that influence the soil during agriculture.

### AUTORIZACION DE PUBLICACIÓN

Por medio del presente escrito autorizo (Autorizamos) a la Universidad de Cundinamarca para que, en desarrollo de la presente licencia de uso parcial, pueda ejercer sobre mí (nuestra) obra las atribuciones que se indican a continuación, teniendo en cuenta que, en cualquier caso, la finalidad perseguida será facilitar, difundir y promover el aprendizaje, la enseñanza y la investigación.

En consecuencia, las atribuciones de usos temporales y parciales que por virtud de la presente licencia se autoriza a la Universidad de Cundinamarca, a los usuarios de la Biblioteca de la Universidad; así como a los usuarios de las redes, bases de datos y demás sitios web con los que la Universidad tenga perfeccionado una alianza, son:

Marque con una "X":

<b>AUTORIZO (AUTORIZAMOS)</b>	<b>SI</b>	<b>NO</b>
1. La reproducción por cualquier formato conocido o por conocer.	x	
2. La comunicación pública por cualquier procedimiento o medio físico o electrónico, así como su puesta a disposición en Internet.	X	
3. La inclusión en bases de datos y en sitios web sean éstos onerosos o gratuitos, existiendo con ellos previa alianza perfeccionada con la Universidad de Cundinamarca para efectos de satisfacer los fines previstos. En este evento, tales sitios y sus usuarios tendrán las mismas facultades que las aquí concedidas con las mismas limitaciones y condiciones.	X	
4. La inclusión en el Repositorio Institucional.	x	

De acuerdo con la naturaleza del uso concedido, la presente licencia parcial se otorga a título gratuito por el máximo tiempo legal colombiano, con el propósito de que en dicho lapso mi (nuestra) obra sea explotada en las condiciones aquí estipuladas y para los fines indicados, respetando siempre la titularidad de los



<b>MACROPROCESO DE APOYO</b>	<b>CÓDIGO: AAAR113</b>
<b>PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO</b>	<b>VERSIÓN: 3</b>
<b>DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL</b>	<b>VIGENCIA: 2017-11-16</b>
	<b>PAGINA: 5 de 8</b>

derechos patrimoniales y morales correspondientes, de acuerdo con los usos honrados, de manera proporcional y justificada a la finalidad perseguida, sin ánimo de lucro ni de comercialización.

Para el caso de las Tesis, Trabajo de Grado o Pasantía, de manera complementaria, garantizo(garantizamos) en mi(nuestra) calidad de estudiante(s) y por ende autor(es) exclusivo(s), que la Tesis, Trabajo de Grado o Pasantía en cuestión, es producto de mi(nuestra) plena autoría, de mi(nuestro) esfuerzo personal intelectual, como consecuencia de mi(nuestra) creación original particular y, por tanto, soy(somos) el(los) único(s) titular(es) de la misma. Además, aseguro (aseguramos) que no contiene citas, ni transcripciones de otras obras protegidas, por fuera de los límites autorizados por la ley, según los usos honrados, y en proporción a los fines previstos; ni tampoco contempla declaraciones difamatorias contra terceros; respetando el derecho a la imagen, intimidad, buen nombre y demás derechos constitucionales. Adicionalmente, manifiesto (manifestamos) que no se incluyeron expresiones contrarias al orden público ni a las buenas costumbres. En consecuencia, la responsabilidad directa en la elaboración, presentación, investigación y, en general, contenidos de la Tesis o Trabajo de Grado es de mí (nuestra) competencia exclusiva, eximiendo de toda responsabilidad a la Universidad de Cundinamarca por tales aspectos.

Sin perjuicio de los usos y atribuciones otorgadas en virtud de este documento, continuaré (continuaremos) conservando los correspondientes derechos patrimoniales sin modificación o restricción alguna, puesto que, de acuerdo con la legislación colombiana aplicable, el presente es un acuerdo jurídico que en ningún caso conlleva la enajenación de los derechos patrimoniales derivados del régimen del Derecho de Autor.

De conformidad con lo establecido en el artículo 30 de la Ley 23 de 1982 y el artículo 11 de la Decisión Andina 351 de 1993, "*Los derechos morales sobre el trabajo son propiedad de los autores*", los cuales son irrenunciables, imprescriptibles, inembargables e inalienables. En consecuencia, la Universidad de Cundinamarca está en la obligación de RESPETARLOS Y HACERLOS RESPETAR, para lo cual tomará las medidas correspondientes para garantizar su observancia.

**NOTA:** (Para Tesis, Trabajo de Grado o Pasantía):

**Información Confidencial:**

Esta Tesis, Trabajo de Grado o Pasantía, contiene información privilegiada, estratégica, secreta, confidencial y demás similar, o hace parte de la investigación que se adelanta y cuyos resultados finales no se han publicado. **SI \_\_\_ NO \_x\_.**

En caso afirmativo expresamente indicaré (indicaremos), en carta adjunta tal situación con el fin de que se mantenga la restricción de acceso.



<b>MACROPROCESO DE APOYO</b>	<b>CÓDIGO: AAAr113</b>
<b>PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO</b>	<b>VERSIÓN: 3</b>
<b>DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL</b>	<b>VIGENCIA: 2017-11-16</b>
	<b>PAGINA: 6 de 8</b>

### LICENCIA DE PUBLICACIÓN

Como titular(es) del derecho de autor, confiero(erimos) a la Universidad de Cundinamarca una licencia no exclusiva, limitada y gratuita sobre la obra que se integrará en el Repositorio Institucional, que se ajusta a las siguientes características:

- a) Estará vigente a partir de la fecha de inclusión en el repositorio, por un plazo de 5 años, que serán prorrogables indefinidamente por el tiempo que dure el derecho patrimonial del autor. El autor podrá dar por terminada la licencia solicitándolo a la Universidad por escrito. (Para el caso de los Recursos Educativos Digitales, la Licencia de Publicación será permanente).
- b) Autoriza a la Universidad de Cundinamarca a publicar la obra en formato y/o soporte digital, conociendo que, dado que se publica en Internet, por este hecho circula con un alcance mundial.
- c) Los titulares aceptan que la autorización se hace a título gratuito, por lo tanto, renuncian a recibir beneficio alguno por la publicación, distribución, comunicación pública y cualquier otro uso que se haga en los términos de la presente licencia y de la licencia de uso con que se publica.
- d) El(Los) Autor(es), garantizo(amos) que el documento en cuestión, es producto de mi(nuestra) plena autoría, de mi(nuestro) esfuerzo personal intelectual, como consecuencia de mi (nuestra) creación original particular y, por tanto, soy(somos) el(los) único(s) titular(es) de la misma. Además, aseguro(aseguramos) que no contiene citas, ni transcripciones de otras obras protegidas, por fuera de los límites autorizados por la ley, según los usos honrados, y en proporción a los fines previstos; ni tampoco contempla declaraciones difamatorias contra terceros; respetando el derecho a la imagen, intimidad, buen nombre y demás derechos constitucionales. Adicionalmente, manifiesto (manifestamos) que no se incluyeron expresiones contrarias al orden público ni a las buenas costumbres. En consecuencia, la responsabilidad directa en la elaboración, presentación, investigación y, en general, contenidos es de mí (nuestro) competencia exclusiva, eximiendo de toda responsabilidad a la Universidad de Cundinamarca por tales aspectos.
- e) En todo caso la Universidad de Cundinamarca se compromete a indicar siempre la autoría incluyendo el nombre del autor y la fecha de publicación.
- f) Los titulares autorizan a la Universidad para incluir la obra en los índices y buscadores que estimen necesarios para promover su difusión.
- g) Los titulares aceptan que la Universidad de Cundinamarca pueda convertir el documento a cualquier medio o formato para propósitos de preservación digital.



h) Los titulares autorizan que la obra sea puesta a disposición del público en los términos autorizados en los literales anteriores bajo los límites definidos por la universidad en el “Manual del Repositorio Institucional AAAM003”

i) Para el caso de los Recursos Educativos Digitales producidos por la Oficina de Educación Virtual, sus contenidos de publicación se rigen bajo la Licencia Creative Commons: Atribución- No comercial- Compartir Igual.



j) Para el caso de los Artículos Científicos y Revistas, sus contenidos se rigen bajo la Licencia Creative Commons Atribución- No comercial- Sin derivar.



**Nota:**

Si el documento se basa en un trabajo que ha sido patrocinado o apoyado por una entidad, con excepción de Universidad de Cundinamarca, los autores garantizan que se ha cumplido con los derechos y obligaciones requeridos por el respectivo contrato o acuerdo.

La obra que se integrará en el Repositorio Institucional, está en el(los) siguiente(s) archivo(s).

Nombre completo del Archivo Incluida su Extensión (Ej. PerezJuan2017.pdf)	Tipo de documento (ej. Texto, imagen, video, etc.)
1. Uso Del Recurso Suelo En La Agricultura Colombiana Beneficios, Afectaciones Y Técnicas De Remediación	Texto, Imágenes
2.	

En constancia de lo anterior, Firmo (amos) el presente documento:

APELLIDOS Y NOMBRES COMPLETOS	FIRMA (autógrafa)
Bustos Castañeda Yesica Lorena	

21.1-51.20.



**USO DEL RECURSO SUELO EN LA AGRICULTURA COLOMBIANA: BENEFICIOS,  
AFECTACIONES Y TÉCNICAS DE REMEDIACIÓN**

**YESICA LORENA BUSTOS CASTAÑEDA**

**UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS**

**INGENIERIA AMBIENTAL**

**GIRARDOT**

**2019**



**USO DEL RECURSO SUELO EN LA AGRICULTURA COLOMBIANA: BENEFICIOS,  
AFECTACIONES Y TÉCNICAS DE REMEDIACIÓN**

**YESICA LORENA BUSTOS CASTAÑEDA**

**TRABAJO DEGRADO MODALIDAD MONOGRAFÍA, PRESENTADO COMO  
REQUISITO PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERA AMBIENTAL**

**MARCO PANETTIERI  
DIRECTOR**

**JOHN JAIRO SANDOVAL VALENCIA  
CO-DIRECTOR**

**UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA  
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS**

**INGENIERIA AMBIENTAL**

**GIRARDOT**

**2019**

## **Agradecimientos**

Agradezco a mis padres por ser una fuente de apoyo y de constancia para avanzar en mi futuro, quienes nunca me dejaron de lado y me motivaron a continuar con mis estudios siendo mi principal motor en mi vida. También doy gracias a mis docentes que me asistieron durante mis años de formación en la universidad, en especial a mis dos asesores para este trabajo de grado opción monografía, quienes me guiaron y tuvieron paciencia durante todo este tiempo aconsejándome cada vez que requería de alguien que me orientara permitiéndome aprender nuevos puntos de vista; de nuevo les agradezco a todos los que me acompañaron.

## Tabla de contenido

INTRODUCCIÓN .....	1
JUSTIFICACIÓN .....	2
OBJETIVOS .....	3
Objetivo General:.....	3
Objetivos Específicos: .....	3
Estado del arte.....	3
DISEÑO METODOLÓGICO.....	5
Descripción del tema o área de estudio.....	5
Métodos, técnicas y/o instrumentos de análisis .....	6
CAPITULO 1.....	8
El suelo .....	8
1.1 Características Físicas, Químicas y Biológicas.....	9
1.2 Aprovechamiento del suelo en Colombia .....	11
CAPITULO 2.....	13
Alteración y degradación del suelo.....	13
2.1 Factores que determinan la degradación del suelo.....	16
2.2 Contaminación orgánica y sus efectos .....	18
2.3 Contaminación inorgánica y sus efectos .....	19
2.4 Agricultura intensiva y extensiva en Colombia: Efectos ambientales .....	20
CAPITULO 3.....	23
Normatividad ambiental en relación a los suelos y a la agricultura.....	23
3.1 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) .....	23
3.2 Revisión internacional.....	29
3.3 Iniciativa 4 por 1000. Fijación de carbono orgánico en suelos. ....	30
3.4 Normatividad colombiana, país en vía de desarrollo. ....	32
CAPITULO 4.....	34
Recuperación de suelos degradados por prácticas agrícolas.....	34
4.1 Contenido y función de la materia orgánica en el suelo. ....	34
4.2 Impacto del laboreo sobre la materia orgánica en el suelo. ....	36
4.3 Sistemas agroforestales y rotaciones de cultivos. ....	36
4.4 Aprovechamiento de residuos orgánicos para la fertilización de los suelos. ....	39

4.5	Biochar .....	41
4.6	Fertilización fosfatada.....	42
4.7	Enmiendas calcáreas. ....	43
CAPITULO 5.....		44
Una mirada desde la Ingeniería Ambiental en los procesos de Buenas Prácticas Agrícolas. ....		44
5.1	Optimización de procesos agrícolas en Colombia. ....	46
5.3	Casos de estudio.....	47
CONCLUSIONES .....		49
RECOMENDACIONES .....		51
REFERENCIAS.....		52

**Lista de imágenes**

<i>Imagen 1.</i> Degradación del suelo en cada una de sus propiedades .....	15
<i>Imagen 2.</i> Degradación física del suelo .....	17
<i>Imagen 3.</i> Logo representativo de cada objetivo de desarrollo sostenible .....	25
<i>Imagen 4.</i> Esquema de un sistema agroforestal .....	37

**Lista de tablas**

<i>Tabla 1</i> . Problemas ambientales de la agricultura causados desde diferentes sitios.....	21
<i>Tabla 2</i> . Beneficios de la implementación de los techos verdes.....	48

## INTRODUCCIÓN

La agricultura ha sido esencial para el sustento humano y el desarrollo económico; varios de los estudios realizados al suelo tienen como finalidad conocer los factores del ambiente con los que este se relaciona, teniendo en cuenta las características que presenta y su posible aplicación.

El uso del recurso suelo en Colombia en actividades propias de la agricultura, ha traído consigo una serie de beneficios en lo social, económico y ambiental; a raíz de esto la propuesta de monografía que se plantea, tiene como enfoque las afectaciones en el suelo derivadas de las distintas técnicas de siembra y cultivo empleadas por los agricultores de la cual no siempre son apropiadas para él, y de esto se mencionaran algunas de las prácticas agrícolas de mayor relevancia para minimizar o recuperar los parámetros biológicos y fisicoquímicos óptimos en el suelo afectado, y en gran parte por el uso excesivo de productos nocivos que según su composición pueden llegar a ser persistentes o de baja degradabilidad en el medio ambiente.

En este trabajo se pretende conocer mediante fuentes bibliográficas reconocidas que perjuicios medioambientales tienen las malas prácticas agrícolas en el recurso suelo. Por otra parte, es importante entender las técnicas de remediación según la afectación antropogénica o de orden natural. A nivel local es necesario conocer los casos puntuales de contaminación y degradación de suelos, para que Colombia en un futuro de mediano a largo plazo cumpla a cabalidad con la normatividad nacional e internacional para lograr un desarrollo responsable en cuanto a la utilización de los recursos naturales.

Este documento monográfico consta de cinco capítulos: I) El suelo y sus características físicas, químicas y biológicas, y su aprovechamiento en Colombia, tal como el secuestro de CO<sub>2</sub>, producción de biomasa y oxígeno. II) Alteración y degradación del suelo. Incluye los factores determinantes para su degradación, contaminantes orgánicos e inorgánicos, la agricultura intensiva y extensiva en Colombia. III) Normatividad ambiental en relación a los suelos y a la agricultura en un contexto internacional y nacional. IV) Técnicas para la recuperación de los suelos degradados por prácticas agrícolas. V) Buenas prácticas agrícolas desde un punto de vista de la ingeniería ambiental mencionando a su vez algunos casos de estudio.

## **JUSTIFICACIÓN**

La agricultura sea intensiva o extensiva ha generado daños a los suelos colombianos, principalmente por su uso exagerado y por la falta de implementación de eficientes sistemas de explotación, lo cual se traduce en la pérdida de productividad del territorio. Se puede encontrar que en el año 2012 el Instituto Geográfico Agustín Codazzi – IGAC, publicó que hay 22 millones de hectáreas que tienen vocación agrícola, y en la página virtual del Sistema de Información Ambiental de Colombia - SIAC menciona que gran cantidad de los suelos donde se desarrolla la agricultura presentan degradación, es decir, conlleva a la disminución de parámetros biológicos y fisicoquímicos, tal como la reducción en la concentración de materia orgánica.

La finalidad del documento monográfico es la recopilación de información de diferentes fuentes bibliográficas, en donde se establezca de forma clara las prácticas de remediación para el suelo afectado por actividades agrícolas sean intensivas o extensivas, en donde se estima que



durante un periodo de mediano a largos plazos estos sean implementadas por las comunidades agricultoras de Colombia. La normatividad brindara ciertos parámetros que proporciona el desarrollo sostenible como la de analizar la iniciativa 4 por mil para la fijación de carbono orgánico en suelos.

## **OBJETIVOS**

### **Objetivo General:**

Identificar el impacto en el recurso suelo por las malas prácticas agrícolas y las estrategias de remediación ambiental de interés para el territorio colombiano.

### **Objetivos Específicos:**

- a. Determinar las causas de la degradación del suelo por actividades agrícolas.
- b. Estudiar la normatividad Nacional e Internacional en cuanto al aprovechamiento y recuperación del recurso suelo para aplicaciones agrícolas en pro de un desarrollo sostenible.
- c. Describir las técnicas para la recuperación de suelos afectados por malas prácticas agrícolas.
- d. Definir el potencial del Ingeniero ambiental en procesos de explotación del recurso suelo en actividades agrícolas.

### **Estado del arte**

La real academia de la lengua define al suelo como un conjunto de materia orgánica e inorgánica que se encuentra en la superficie terrestre siendo capaz de sostener la vida vegetal (Alínquer, 2018) permitiendo el desarrollo de diversas actividades, una de ellas es la agricultura,

se puede encontrar que la realización de ella de forma intensiva afecta la calidad del recurso del suelo y produce otras afectaciones ambientales(Sánchez et al., 2012); en pocas palabras se puede decir que el estudio del suelo se analiza como un cuerpo que está aislado cuyo fin es evaluar sus propiedades físicas, químicas y biológicas entre otras características (Zúñiga Ugalde et al., 2018)permitiendo que se profundice más sobre él para identificar sus características ambientales.

La importancia del recurso natural del suelo derivó de los años 90, reconociéndose en la Cumbre de Río de Janeiro la importancia de implementar un desarrollo sostenible con el fin de proteger los suelos referente a sus usos principalmente los de origen antrópico (Sánchez et al., 2012), a raíz de esto se profundizó más acerca de crear una serie de normas que vinculan la necesidad de preservar la calidad del suelo.

En el “informe Brundtland”,( 1987) define el desarrollo sostenible como la capacidad que el ser humano tiene para satisfacer sus necesidades presentes, sin perjudicar o comprometer las necesidades de las generaciones futuras(Gómez, 2014); Liu, Adams,Cote, Geng, & Li, (2018) mencionan la existencia de tres dimensiones siendo estas la sostenibilidad económica, sostenibilidad ambiental y sostenibilidad social en donde destaca que la prioridad debe ser dada a las necesidades de los pobres sobre las necesidades referidas así como las limitaciones impuestas para analizar la capacidad que tiene el medio ambiente para satisfacer las necesidades presentes y futuras (Rendón López et al., 2019)en pocas palabras no trata solo de preservar y cuidar el ambiente también se relaciona con prepararlo para las futuras generaciones (Escorihuela, Hernández, & López, 2019). Una de las iniciativas que cumple con el desarrollo sostenible es la de 4 por 1000 que busca la fijación de carbono orgánico en el suelo, la idea principal es la de incitar a que se desarrolle una agricultura productiva que sea resistente y adaptable al suelo, generando

empleo sin perjudicar el ambiente (“BIENVENIDOS AL SITIO DE LA INICIATIVA «4 POR 1000» | 4p1000,” n.d.)

En la actualidad se puede encontrar diferentes prácticas agrícolas, según Lampkin, (2001); Raviv, (2010) entre los factores que intervienen en la agregación se encuentra la materia orgánica y las comunidades microbianas siendo fácil de manipular bien sea por agregación de materia orgánica o la aplicación de composta (Espinosa, Calderón, Salazar, Herrera, & Meza, 2018)

En las prácticas de conservación, las enmiendas orgánicas funcionan para mejorar la fertilidad del suelo utilizando residuos orgánicos siendo utilizada durante las dos últimas décadas evidenciándose la mejora de las condiciones edáficas facilitando el desarrollo de la vegetación (Espinosa et al., 2018) en cuanto a la fertilización fosfatada mejora la calidad del suelo y la acumulación de P en las plantas generando beneficios en cuanto a costos y los efectos de productividad de los cultivos (Saucedo Castillo et al., 2015). El desarrollo de adecuadas prácticas agrícolas, brinda a la comunidad opciones de manejo ambiental para la conservación de los suelos, viéndose como un recurso natural de gran importancia y conociendo métodos que vinculen su labor con el desarrollo sostenible siendo una meta para la conservación de ecosistemas.

## **DISEÑO METODOLÓGICO**

### **Descripción del tema o área de estudio**

En Colombia se desarrolla arduamente actividades propias de la agricultura las cuales son esenciales para que se lleve a cabo mejoras en el aspecto social, económico y cultural; pero esta práctica ha desarrollado grandes afectaciones al suelo dejando secuelas en donde estos dejan de ser viables para cultivar en ellos.

Los estudios en Latinoamérica no superan el 6% de los trabajos publicados en el ámbito mundial (Zúñiga Ugalde et al., 2018) debido a esto gran cantidad de información colombiana se basa de investigaciones internacionales como estados unidos, España entre otros; funcionando como una guía en el país, pero no deja de ser cierto que las características de estos suelos difieren con los que posee Colombia.

En el documento monográfico se pretende plasmar aspectos de la agricultura que se desarrolla en Colombia, al tener en cuenta los beneficios, afectaciones y las técnicas de remediación que sean viables para que este se vuelva un suelo nuevamente productivo; se tendrá en cuenta la información de diferentes fuentes bibliográficas (artículos de elevado impacto obtenidos de bases de datos institucionales como scopus, sciencedirect, scielo, etc) los cuales se interpretaran para realizar un documento analítico que sea referente para entender la problemática y sus posibles vías de solución. Por otra parte, se desea obtener un documento (manual práctico para la provincia del alto magdalena y alrededores) accesible para la población campesina siendo ellos los que desarrollan la agricultura en el país, se espera que a su vez atraiga la atención de la comunidad interesada en el tema, de este modo involucrar a los colombianos a desarrollar la agricultura encaminada con prácticas para la recuperación de los suelos que presenten alteraciones negativas en busca de un desarrollo sostenible, es decir que genere ganancias de índole económico y socio ambiental.

### **Métodos, técnicas y/o instrumentos de análisis**

En la recolección de información se utilizará como instrumento de trabajo, diferentes fuentes bibliográficas como libros, revistas científicas, diferentes bases de datos ambientales colombianas, normativa colombiana y la normativa internacional que influye a nivel global; se analizaran algunos casos estudio que funcionen como una base para apoyar las ideas de la

necesidad de desarrollar las prácticas para tener una agricultura sostenible en el territorio colombiano.

En el método de análisis se realizarán comparaciones de diferentes fuentes bibliográficas y autores que mencionen acerca de la agricultura y su relación con el suelo, funcionando como eje para la identificación de aspectos negativos producto de las malas prácticas agrícolas que puedan ser remediados por medio de técnicas y prácticas que no generen impactos ambientales; además esta información se apoyara por las paginas virtuales que comunican acerca de las condiciones de los suelos en Colombia donde presenta una base de datos acompañada por tablas comparativas de años anteriores, para la interpretación de datos se usara gestores bibliográficos como Zotero o Mendeley, siendo esencial en la conformación del trabajo escrito en cuanto a las fuentes de los diferentes documentos.

## **Uso Del Recurso Suelo En La Agricultura Colombiana: Beneficios, Afectaciones Y**

### **Técnicas De Remediación**

#### **CAPITULO 1.**

##### **El suelo**

La concepción del suelo ha ido cambiando a medida que se aumenta el conocimiento y las investigaciones enfocadas en él; la percepción que se tenía hace más de un siglo era diferente según la persona y el oficio que se desarrolle: un claro ejemplo son los agricultores quienes comprendían que era el sitio donde las semillas pueden crecer; para el ecólogo el lugar donde se desarrolla diferentes aspectos de la vida y para el constructor es donde se colocaran los cimientos de su obra (Fassbender, Bornemisza, & Inter-American Institute for Cooperation on Agriculture., 1987); de este modo su comprensión solo derivaba de definiciones básicas centradas en el beneficio de su labor.

Para inicios del siglo XIX se fue formando una definición más práctica enfocada a un aspecto del tipo naturalista como nos dice Frank Fallou en la publicación de su libro en 1862 donde propone considerar al suelo como un ente natural (Rebollo & Brero, 2005) más adelante el geólogo Woldemar Hilgard (1906) mencionó al suelo como el material más o menos suelto que permite brindar a las plantas soporte y nutrientes (A. López, 2005) , mientras que el edafólogo francés Philippe Duchaufour en 1956 definió al suelo como el lugar donde se ha desarrollado horizontes separados entre ellos, que llega hasta las raíces a más de dos metros superficiales y que tienen propiedades distintas al material rocoso. Además el suelo está conformado por una serie de cuerpos naturales en su superficie terrestre permitiendo que funcione como soporte para las plantas (INAFED, 2008).

En la década de los 90 se dio comienzo al desarrollo de una conciencia ambiental lo cual vinculo era dar importancia y un significado más concreto del suelo encontrándose definiciones como la que lo identifica como una capa superficial no consolidada de la superficie terrestre, encontrándose conformada principalmente por compuestos inorgánicos – hasta más del 97% -, con un porcentaje variable de sustancias orgánicas (Fassbender et al., 1987), mientras que en el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA, 1998) establece que el suelo se basa en una serie de propiedades difiriendo entre una fase sólida, líquida y gaseosa, que permite que se desarrolle los horizontes presentando características que pueden ser medible y observable en campo (INAFED, 2008).

Actualmente se puede definir el suelo como la capa que cubre la superficie terrestre, permitiendo el desarrollo de procesos biogeoquímicos que proporcionan nutrientes a las plantas, a su vez el suelo funciona como soporte de diferentes seres vivos, (“Definiciones | Portal de Suelos de la FAO | Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura,” 2019), en Colombia según el IGAC (2019) el suelo se considera como la capa que cubre la superficie de la tierra en donde contiene materia viviente, sostiene y alimenta las plantas (IGAC, 2019).

### **1.1 Características Físicas, Químicas y Biológicas.**

En la actualidad se conoce que las propiedades del suelo (físicas, químicas y biológicas) han interactuado entre sí para abrir paso al desarrollo y crecimiento de diferentes plantas, teniendo a las características físicas como el factor más fácilmente identificable, dado que permite conocer a simple vista el estado de fertilidad estimado en el suelo las condiciones que este presenta. Según Jaramillo (2002) físicamente el suelo se encuentra en tres fases: líquida 25%, gaseosa 35% sólida (materia orgánica en un 5% y minerales 45%), siendo estos las

condiciones ideales estimadas para un suelo de buena calidad agronómica (Jaramillo, Rodriguez, & Diaz, 2002) , teniendo en cuenta que esta repartición puede variar según las condiciones climáticas que se presenten en un determinado territorio junto a otros aspectos ambientales que pueden influenciar la capacidad que permite soportar el crecimiento radicular de las plantas (Singh & Sainju, 1998).

Carvajal (1997) afirma que las propiedades físicas son “fundamentales”, es decir que no se deriva de otras y nacen de la interacción entre el color, la textura, la consistencia, la temperatura, porosidad, densidad aparente y real, (Carvajal, 1997); de lo anterior se logra identificar que cada propiedad física es determinante para establecer la condición del suelo referente a la retención de nutrientes , la capacidad de drenaje y de almacenamiento de agua, la facilidad de penetración de las raíces y la plasticidad (Rucks et al., 1981), en donde influyendo finalmente en la productividad y las prácticas de manejo para uso y planificación del suelo (Panayiotopoulos, Kostopoulou, & Hat, 2004).

En cuanto a las características químicas del suelo, hay que destacar la determinación y cuantificación de sustancias orgánicas e inorgánicas y las diferentes transformaciones a la que están sujetas para la formación del suelo difiriendo en cada uno de sus fases participando en el desarrollo del perfil desde el material parental hasta su etapa final (Luengas & Sc, 2009); encontrándose la reacción del suelo (pH), el contenido de materia orgánica, la capacidad de intercambio catiónico (CIC), la saturación de aluminio, la conductividad eléctrica (CE), la saturación de las bases intercambiables y la identificación del contenido de los elementos que son esenciales en la producción de nutrientes para las plantas o que impide su desarrollo debido a su toxicidad (Carvajal, 1997).



Para comprender las propiedades biológicas del suelo, es necesario saber que esta es la ciencia que se encarga de estudiar la interacción entre los organismos que actúan sobre el suelo (materia orgánica y las partículas minerales), generando la modificación de él, en cuanto a su estructura, composición y funcionamiento (Carvajal, 1997); se asume que los colonizadores iniciales del suelo son los organismos que poseen la capacidad de realizar una serie de procesos que facilita el desarrollo de la fotosíntesis en las plantas y la fijación de nitrógeno siendo esenciales para el desarrollo y dinámica de la vida, donde la vegetación actúan como uno de los principales modificadores dado que permite cambiar de forma drástica las propiedades en el suelo (Luengas & Sc, 2009) .

## **1.2 Aprovechamiento del suelo en Colombia**

Dentro de la clasificación de suelos, Colombia cuenta con 8 clases, siendo la 1, 2 y 3 las indicadas para el desarrollo de la agricultura como los cultivos transitorios y la ganadería intensiva que tenga pastos de alto rendimiento; en su totalidad ocupa el 3,1% del territorio que se establece en 231 mil hectáreas y su distribución está dada en zonas del Caribe de la región Andina (como la Sabana de Bogotá) y los valles interandinos. La clase 5 que representa el 7,4% un total de 8,4 millones de hectáreas establecidos en las Planicies inundables de la Orinoquia, áreas bajas del Caribe, depresiones del río Magdalena y rondas de los ríos Guaviare, Apaporis, Caquetá, Putumayo, Vaupés y Vichada, los cuales debido a sus características como pedregosidad y encharcamiento no se presta al desarrollo de actividades agropecuarias a largo plazo (Revista Ambiental, 2017).

El 22 de abril del año 2017 Juan Nieto Escalante, Director general del IGAC, presento un panorama acerca de la situación de los suelos colombianos mencionando que el suelo más dominante pertenece a la clase 7, que vienen a ser terrenos de fácil degradación encontrándose

41.2 millones de hectáreas, que debido a sus características debe de ser empleado para conservación y reforestación, perteneciendo a la Amazonia y Orinoquia, en las regiones Andina y Pacífica (como Chocó) y en La Guajira. Entre las clases de suelos para la agricultura se encuentra la clase 6 para cultivos densos, semiperennes y perennes siendo utilizable 29,9 millones de hectáreas, ubicándose en el centro y oriente de la Amazonia, Pacífico y piedemontes Andinos; la clase 4 con 14,5 millones de hectáreas son suelos de baja fertilidad pero que se puede implementar la agricultura teniendo en cuenta que se requiere de prácticas de manejo agropecuario ubicándose la Altillanura plana, departamentos como Magdalena, Sucre y Córdoba, y algunas zonas de la región Andina (IGAC, 2017).

La clase 8 se consideran como terrenos que no deben de ser tocados habiendo 12,5% siendo 14,2 millones de hectáreas, para conservación y protección por su fauna y capacidad para regular el agua se encuentra distribuido por la sierra nevada de santa marta y departamentos como vichada y amazonas (Revista Ambiental, 2017); pero debido a que las propiedades de ellos son apropiadas para el cultivo algunas comunidades se han instaurado para implementar diferentes tipos de siembra, pero afectando gravemente el ecosistema que interceptan.

## **CAPITULO 2.**

### **Alteración y degradación del suelo**

Se define la degradación del suelo como “un cambio en el estado del mismo pero el cual resulta en una disminución de su capacidad inicial para proveer bienes y servicios” (Piscitelli, 2015) ocurre cuando se presenta alguna modificación que cambie o afecte de forma negativa su función (Iniestra, Ramírez, Berenice, Arriaga, & López, 2013) como la pérdida de fertilidad alterando en gran medida las características físicas y químicas siendo relevante para afectar la cobertura vegetal del suelo (Cereda, Biox, Soriano, Calvo, & Imeson, 1995).

El deterioro ambiental, amerita en gran medida a la degradación del suelo producto de las diferentes actividades para el desarrollo de un país, debido a que se vuelve necesario explotar directamente los recursos naturales llevando como resultado el afectar los ecosistemas en el que el ser humano se adentra (Zurrita, Badii, Guillen, Lugo, & Aguilar, 2015).

Cuando se han presentado situaciones en el que se degrada el suelo y en donde se mira el tipo de uso de suelos se aprecia que el principal cambio ocurre en la cobertura vegetal produciendo una disminución en ella, en donde los efectos que aparecen son la reducción de la porosidad, la pérdida de estabilidad de los agregados, el aumento de la densidad aparente y formación de costras. Estos procesos pueden ser ocasionados por una reducción del contenido en materia orgánica, un parámetro que está fuertemente relacionado con la estructura del suelo. La materia orgánica mejora la estructura del suelo y a su vez esta menos sujeta a la degradación y pérdida por lixiviación o erosión en suelos con una mejor estructura y a su vez esta menos sujeta a la degradación y pérdida (Iniestra et al., 2013).

Alteraciones mínimas en las prácticas agrícolas (manejo, rotación de cultivo, falta o exceso de riego, falta o exceso de fertilización etc.) pueden desencadenar una serie de desajustes y resultar en una degradación de los suelos (Panettieri, 2013).

Una de las publicaciones realizadas en la página del Sistema de Información Ambiental en Colombia (SIAC), afirma que la degradación del suelo ocurre en tres aspectos físico, químico y biológico como se muestra en la figura 1, y esto se vincula con la situación actual en el país; según mencionan que cuando ocurre degradación física se presenta erosión, desertificación, el sellamiento, compactación entre otros; mientras que la degradación química se presenta desbalance en el suelo, cambios de pH, pérdida de los nutrientes y contaminación; mientras que en la degradación biológica se encuentra determinada por variables naturales como el clima y el relieve o bien por acciones antropogénicas como deforestación, uso y manejo no sostenible entre otros causando pérdida y disminución de la materia orgánica y el carbono de los suelos (SIAC, 2019a).

En el caso de la agricultura se presenta una disminución en el rendimiento de los cultivos afectando también sectores como el económico y el ambiental, según informes de la FAO del año 2008, mencionan que en las tierras agrícolas la degradación se presenta en un veinte por ciento generando inquietud y la necesidad de vincular medidas de desarrollo sostenible, por otra La Convención de Naciones Unidas de Lucha Contra la Desertificación; define que la desertificación ocurre debido a las actividades humanas y a las variaciones climáticas presentándose en zonas donde la precipitación anual y evapotranspiración potencial se comprende entre 0,05 y 0,65 mm (Red Ambiental de Asturias, 2019).

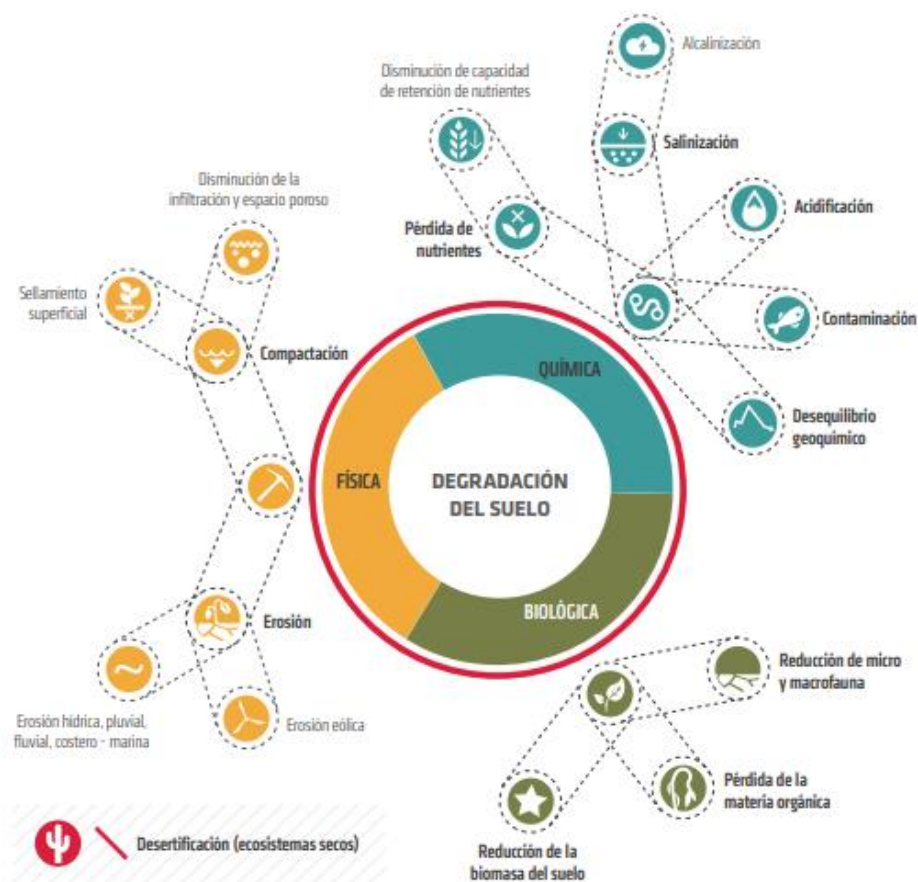


Imagen 1. Degradación del suelo en cada una de sus propiedades  
Tomado de (IDEAM; U.D.C.A, 2015)

Hoy en día se menciona al suelo como un recurso no renovable y por lo tanto frágil, a esto se debe a la dificultad que hay para recuperarlo siendo muchas veces costosas las técnicas especializadas en restaurarlo por medio de la tecnología. A esto se le suma el nivel de degradación que presenta, que puede ser debido al viento, lluvias o actividades del ser humano, produciendo que a futuro este suelo no pueda sostener los ecosistemas naturales dificultando la producción de alimentos, el almacenamiento de minerales y todas aquellas funciones sociales, económicas, ambientales y culturales en las que se encuentra plenamente relacionado.

A nivel mundial se estima que aproximadamente dos mil millones de hectáreas, calculado para un 15% de la superficie terrestre se encuentra sufriendo algún tipo de degradación edáfica

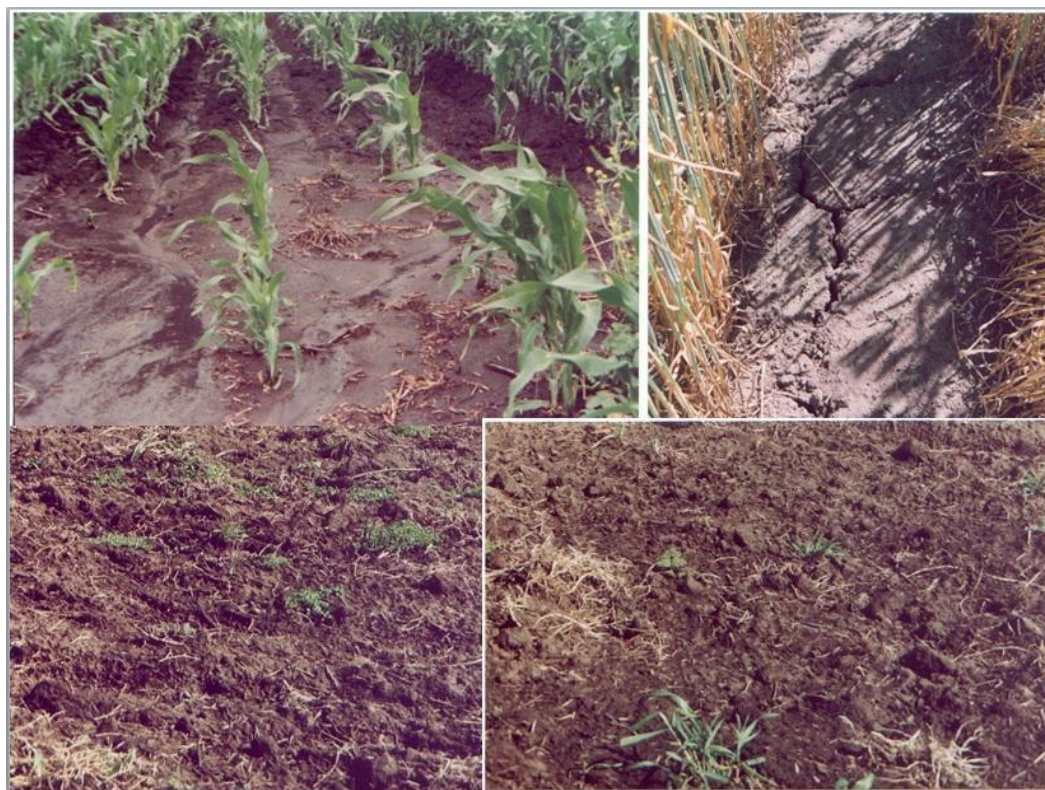
(Zurrita et al., 2015). Los procesos de degradación que se desarrollan en mayor magnitud en Colombia son la erosión, el sellamiento de suelos, la contaminación, la pérdida de materia orgánica, la salinización, la compactación y la desertificación afectando las regiones del Caribe, Andina y Orinoquia en mayor medida, ahora se evidencia que en la Amazonia y en el litoral pacífico se presenta degradación por deforestación y explotación petrolera y minera (MINAMBIENTE, 2016). Se estima que 45.377.070 ha (40% de la superficie continental de Colombia), se encuentra degradada por erosión, donde el 20% se encuentran en un grado de erosión ligera, el 17% en grado de erosión moderada y el 3% en grado de erosión severa y muy severa (IDEAM, 2019).

## **2.1 Factores que determinan la degradación del suelo**

Los factores que determinan la degradación del suelo son de dos tipos, los naturales que incluyen el clima, el relieve, la cobertura vegetal, el agua y las características edáficas; mientras que el segundo tipo se vincula con el manejo y uso de los suelos siendo esto por acciones humanas o antrópicas (SIAC, 2019b).

Según Fazla (2012) los factores de degradación se determina de acuerdo a las propiedades del suelo, y el mismo autor menciona que la degradación física puede ocurrir cuando se produce un arado repetitivo: esas labores producen el arrastre de materiales finos, lo que lleva a la formación de una capa dura en la superficie del suelo que al estar en presencia de humedad tiende a hincharse y cuando se seca se agrieta dificultando la entrada del agua al interior del suelo así como la del sistema radicular de las plantas; la degradación química se produce más entorno a la salinización del suelo; esta puede ser por medio natural derivado de las condiciones climáticas siendo aceptables para las plantas, dado que permite una mejor permeabilidad y aireación; pero el problema se origina cuando se excede la cantidad de sales en

él, por medio de la aplicación de fertilizantes o agua que tenga cierta proporción de sales, lo cual lleva a que se destruya la estructura del suelo. Al contrario, la degradación biológica se produce por medio de quemas o uso de agroquímicos que con lleva a que las colonias de microorganismos presentes en el suelo cambie las interacciones entre ellas y, muchas veces, se reduzca el número de individuos activos y el número de especies (Uribe, 2012).



*Imagen 2.* Degradación física del suelo

Arriba derecha: Suelo sellado y agrietado, el agua tiene dificultad para entrar al suelo (infiltrar) y se evapora (se “pierde”) con facilidad. Arriba izquierda: Compactación superficial, el agua de lluvia no infiltra, se genera escurrimiento de agua y transporte de suelo por la superficie (erosión hídrica). Ambas abajo: Pastura arada, suelo sellado después de una lluvia. Tomado de (Piscitelli, 2015).

A esto una de las publicaciones del “International Journal of Good Conscience”, menciona que los factores que influyen en la degradación desde un punto de vista general, son el crecimiento de la población y urbanización, las actividades agrícolas, ganaderas y de pesca, el transporte, la industrialización y la tala inmoderada de árboles. La agricultura se encuentra ligada

a producir afectaciones ambientales de forma directa e indirecta, dado que este para proveer alimentos al ser humano se realiza una fuerte presión sobre un ecosistema en el momento de usar fertilizantes y químicos de forma inadecuadas sin tener en cuenta las condiciones que el suelo presenta empobreciendo no solo la calidad del suelo si no también la calidad de vida de los campesinos (Zurrita et al., 2015).

## **2.2 Contaminación orgánica y sus efectos**

Los contaminantes orgánicos son moléculas que contienen carbono, se originan de actividades humanas como las practicas agricultura, control de plaga, minería, transporte, industrialización entre otras; muchos hacen uso de compuestos orgánicos derivados de petróleo, aceites, lubricantes, disolventes, gasolina etc. (Universidad de Florida, 2006); en uno de los informes de vigilancia y tecnología, afirma que los compuestos orgánicos vienen a ser una de las contaminaciones más frecuente en la actualidad, debido a que se usan de forma excesiva en los suelos para diferentes procesos. Algunos de estos compuestos que pueden repercutir en la salud humana y en el ambiente son los hidrocarburos monoaromáticos, hidrocarburos policíclicos aromáticos, hidrocarburos alifáticos, hidrocarburos policlorados, fenoles, nitroaromáticos, alcoholes, éteres, disolventes clorados, isocianatos, cianuros orgánicos, carbonilos de metales, etc. (Irene, Juan, Dorado Valiño, & Villar Fernández, 2007).

Las actividades agrícolas hacen uso de diferentes compuestos orgánicos como los plaguicidas y herbicidas durante cada instancia en su siembra, debido a esto los suelos se ven afectados con cierto grado de toxicidad que puede repercutir en diferentes afectaciones, como la reducción o aumento de la actividad microbiana, perdida de biomasa, crecimiento irregular y muerte en las plantas e incluso resistencias para ciertos plaguicidas, que con lleva riesgos en la salud humana provocando cáncer, neuropatía, mutaciones y muerte y contaminación las



diferentes fuentes hídricas como el agua subsuelo (Galán, Gómez, Bellinfante, & Aparicio, 2003).

Los procesos químicos, físicos y biológicos son determinantes para el movimiento potencial o la transferencia de los compuestos orgánicos, y su degradación al llegar a los suelos; siendo los mecanismos como los procesos de acumulación, degradación y procesos de transporte los que rigen la evolución del contaminante en los suelos (Universidad de Florida, 2006).

### **2.3 Contaminación inorgánica y sus efectos**

Los contaminantes inorgánicos se forman principalmente por medio de una serie de procesos físicos y químicos que se desarrollan de forma natural en concentraciones que pueden ser regulada por medio de los ciclos biogeoquímicos; en los diferentes ecosistemas sin causar ninguna alteración, el problema radica que ciertas propiedades inorgánicas también se encuentran presentes en algunos plaguicidas que tienen como ingredientes activos diversos elementos, como As (arsénico), Ba (bario), Cr (cromo), Ni (níquel), Pb (plomo) y V (vanadio) (Zuñiga-Violante, 2015); que al ser adicionado al suelo desestabiliza las propiedades que hay en él, aumentando las concentraciones de los compuestos y el grado de toxicidad perjudicando a la micro flora y provocando alteraciones a los ciclos. Sin embargo, la gestión de los residuos la minería y las actividades humanas como la agricultura presenta un elevado riesgo de aportar contaminantes inorgánicos en los suelos, sobre todo metales pesados que pueden presentar una elevada toxicidad.

La agricultura se categoriza por ser una de las actividades generadoras de contaminantes inorgánicas por la adición de compuestos químicos como los plaguicidas, fertilizantes con altos contenidos de nitratos y abonos fosfatados sobrecargando al suelo con estas sustancias (Martinez, 2014); describe que por lo general son sensibles cuando se producen cambios en el

pH y las condiciones redox en el suelo. Por lo general el impacto más importante se presenta en el agua, que por medio de escorrentía transporta los contaminantes a fuentes de agua superficial y subterránea afectando la salud humana al consumirla. (Kumar et al., 2016)

#### **2.4 Agricultura intensiva y extensiva en Colombia: Efectos ambientales**

La agricultura ha sido una de las actividades que se realizan desde hace 10 mil años. A medida que se ganó conocimiento acerca de los métodos de siembra y el cultivo de plantas comestibles se desarrolló a mayor escala, volviéndose una de las actividades de mayor importancia proporcionando los alimentos para la subsistencia individual, familiar o para una gran población. Con el pasar del tiempo se le atribuyó a la agricultura el papel principal de producir un bien económico trayendo la necesidad de expandirse para aumentar los cultivos; en un comienzo no se consideraba el impacto que se podía generar, pero debido a ciertas características de degradación del suelo se empezó a visualizar a la agricultura como una labor que al tener un manejo inadecuado no solo se degradaban los suelos si no que a su vez se aumentó la deforestación debido al alto grado de fertilidad que poseían estos suelos (“Impactos ambientales de la agricultura moderna,” 2018).

Si bien la agricultura ha sido beneficiosa para la economía y la alimentación también se ha vuelto un serio problema al generar impactos ambientales. Según el grado de aprovechamiento del suelo, se encuentran la agricultura intensiva que tiene como fin obtener un rendimiento máximo de los cultivos, requiriendo el uso de múltiples herramienta y mano de obra utilizando plaguicidas, abonos y fertilizantes químicos; mientras la agricultura extensiva busca extender y ocupar más terreno para el cultivo no necesita de constante mano de obra.

En Colombia coexisten los dos mecanismos de agricultura intensiva y extensiva a esto se vincula el problema de uso de suelos; Juan Nieto, Director General del Instituto Geográfico

Agustín Codazzi (IGAC), informó que “A pesar de contar con ocho clases de suelos para realizar tanto actividades productivas como de conservación ambiental, el uso inadecuado en el territorio nacional coge cada vez más fuerza” (IGAC, 2017); como claro ejemplo se proporciona datos en el que el área potencial en el país para actividades agrícolas representa el 19.3% pero solo se emplea el 4.7%; datos más precisos dicen que solo se aprovecha el 24 % de las 22 millones de hectáreas con vocación de uso agrícola, siendo un contraste negativo de uso improductivo o subutilización de la tierra en actividades extensivas. (Perfetti & Hernández, 2013)

Entre los efectos ambientales en torno al suelo (Tabla 1) que provocados por la agricultura intensiva se encuentra la degradación, produciendo salinización y pérdida de materia orgánica; mientras que la extensiva con lleva a la erosión y el agotamiento de los nutrientes (The World Bank, 2008). Sin embargo, el paso de una agricultura extensiva a una intensiva conlleva a una serie de factores negativos que perjudican el ambiente, produciendo la muerte de microorganismos benéficos para el suelo, resistencia de las plagas a químicos después de un determinado tiempo, contaminación de los suelos y ríos, desaparición de la fauna y flora por el uso de los herbicidas, aumentos de los niveles de polución química y salinización (Union Europea, 2014).

*Tabla 1 . Problemas ambientales de la agricultura causados desde diferentes sitios.*

<b>Tipo de Agricultura</b>	<b>Efectos en el sitio agrícola</b>	<b>Efectos fuera del sitio agrícola (externalidades)</b>	<b>Efectos globales(externalidades)</b>
Intensiva (áreas de alto potencial)	Degradación del suelo (salinización, pérdida de materia orgánica)	Agotamiento de aguas subterráneas Contaminación por agroquímicos Pérdida de la diversidad biológica local (natural y agrícola)	Emisiones de gases de efecto invernadero Enfermedades de animales Pérdida de la diversidad genética in situ de cultivos y animales.

Extensiva (áreas menos favorecidas)	Agotamiento de nutrientes, efectos de la erosión del suelo en el sitio agrícola.	Efectos de la erosión del suelo (sedimentación de reservorios) en las tierras bajas (rio abajo) Cambios hidrológicos; por ejemplo, pérdida de la retención de agua en las tierras altas (rio arriba) Degradación de pastizales en áreas comunales.	Reducción del secuestro de carbono (almacenamiento por fijación) por la deforestación y las emisiones de dióxido de carbono en los incendios forestales Pérdida de la diversidad biológica.
-------------------------------------	--	--	--

Se mencionan los efectos ambientales que puede provocar la agricultura sea intensiva o extensiva desde el sitio hasta un nivel global. (The World Bank, 2008)

otro problema que se produce en Colombia; se refiere a que las 5 millones de hectáreas en el país donde se emplea labores agrícolas no todas son aptas, ocupándose las zonas de paramo, terrenos de alta montaña y las zonas cercanas a los ríos (IGAC, 2017) cambiando las características que presentaba el suelo inicialmente. Según Hofstede (1997), todas las prácticas agrícolas durante un tiempo determinado con llevan a la desaparición superficial de la vegetación y su biodiversidad que actúa como una capa protectora contra el viento y el agua previniendo la erosión produciendo un efecto altamente significativo en los suelos (Robert, 1997).

La revista Semana Sostenible, publicó que actualmente hay 14 millones de hectáreas afectadas al presentar grados de salinidad altos en los suelos, originados en su mayoría por acciones humanas destacando como una de ellas la agricultura intensiva en la agregación excesiva de fertilizantes en los cultivos. Entre los departamentos que viven mayormente esta circunstancias se identifican el Magdalena, Atlántico, la Guajira y Cesar (Barros, 2018); siendo también departamentos representativos para la agricultura extensiva que se encuentran categorizadas por grado de erosión severo y muy severo, incluyendo además los departamentos del Santander y meta (SIAC, 2019b).

## CAPITULO 3.

### Normatividad ambiental en relación a los suelos y a la agricultura

Desde que se vio la necesidad de preservar los recursos naturales, se ha reconocido entre ellos el suelo y su importancia para sostener toda forma de vida. Por ello, se llegó a implementar normas guiadas por convenios, protocolos, programas, acuerdos, tratados, cumbres y leyes cuyo fin se centra en promover el desarrollo sostenible, velando para que los recursos se mantengan en condiciones aceptables para desarrollar actividades y conservar las propiedades ambientales.

La agricultura es una de las actividades que se practica a nivel mundial que ha producido daño a la capa de la superficie terrestre. Debido a esto, la normatividad ambiental establecida para los suelos busca la recuperación, conservación y protección de ellos, así como promover el uso de prácticas sostenibles en donde se relaciona con una serie de normas e instancias que se vinculan de forma internacional y en las que cada país adapta su propia normatividad. De este modo, se intenta promover un aprovechamiento optimizado del potencial productivo, aumentando la equidad económica y la equidad social sin dejar de lado el aspecto ambiental.

#### 3.1 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS)

La expresión de Desarrollo Sostenible, fue dada por uno de los informes que presento la Comisión Mundial sobre Ambiente y Desarrollo en 1987, el cual es conocido como el *Informe Brundtland*; en este informe, se afirma que la “sostenibilidad significa literalmente la habilidad para sostener, o un estado que puede ser mantenido a un cierto nivel” (de Segura, 2014), analizando la importancia de que un país trabaje en armonía con los recursos que provee el ambiente, reconociendo a la economía que actúa como un subsistema que se encuentra estrechamente relacionada con la naturaleza quien viene a ser la progenitora. De esta manera el

desarrollo sostenible se define como “el desarrollo capaz de satisfacer las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las futuras generaciones para satisfacer sus propias necesidades” (Naciones Unidas, 2019).

Para septiembre del año 2015, se presentó la Agenda 2030 sobre el Desarrollo Sostenible en donde incluye 17 objetivos y 169 metas, abarcando una dimensión que integra aspectos económicos, sociales y ambientales, en ella se menciona las principales prioridades de la comunidad nacional para los siguientes 15 años (Naciones Unidas, 2018). Esta agenda demostró ser una guía al vincular los objetivos como una oportunidad para que los países puedan mejorar la calidad de vida de cada ser vivo funcionando como una guía que va desde la eliminación de la pobreza hasta combatir al cambio climático (ONU, 2018); debido a lo anterior esta agenda fue aprobada y dio inicio a su implementación en el año 2016.

Los objetivos de desarrollo sostenible (figura 2) abarca tres importantes factores universales y aplicables a todos los países, transformadores al centrarse en las personas y el planeta y civilizatorios donde se contempla “un mundo de respeto universal hacia la igualdad y la no discriminación”, buscando proteger el cumplimiento de los derechos humanos sin importar la edad, sexo, raza, color, idioma, religión entre otros (CEPAL, 2015).



*Imagen 3.* Logo representativo de cada objetivo de desarrollo sostenible obtenido de Naciones Unidas, (2016).

Continuando según la publicación de Naciones Unidas, (2016) los objetivos son:

1. Poner fin a la pobreza en todas sus formas en todas partes; siendo uno de los aspectos más importantes dado que la Asamblea de Naciones Unidas reconoció que el mayor desafío para los países en la actualidad es la de erradicar la pobreza, afirmando que al momento en que ocurra, será más fácil cumplir con las metas y el resto de objetivos del desarrollo sostenible

2. Poner fin al hambre, lograr la seguridad alimentaria y mejorar la nutrición y promover una agricultura sostenible; se tiene en cuenta la necesidad de realizar de forma adecuada actividades como la agricultura, la silvicultura y las piscifactorías; con el fin de buscar forma de evitar que se sigan degradando los diferentes recursos naturales y a su vez generar empleo siendo funcional para evitar el hambre y la pobreza.

3. Asegurar vidas saludables y promover el bienestar para todos en todas las edades; se vincula con la necesidad de tener acceso de agua potable, saneamiento y el acceso a los servicios de salud como a medicamentos; con el fin de disminuir la tasa de muertes y enfermedades.

4. Asegurar una educación de calidad inclusiva y equitativa y promover oportunidades de aprendizaje a lo largo de toda la vida para todos; busca que haya instalaciones adecuadas, así como igualdad en la educación de niños como las niñas, aumentando el nivel de alfabetización.

5. Lograr la igualdad de género y empoderar a todas las mujeres y niñas; trata de evitar que se siga subyugando los derechos a las niñas y mujeres, permitiendo que puedan acceder a educación, servicios de salud y un trabajo digno sin discriminación por parte del género masculino.

6. Asegurar la disponibilidad y la gestión sostenible del agua y el saneamiento para todos; cuando hay poco saneamiento y una baja calidad del agua que se consume puede afectar de manera negativa la salud de los consumidores, que en su mayoría vienen a ser las personas de bajos recursos de los países más pobres.

7. Garantizar el acceso a una energía asequible, confiable, sostenible y moderna para todos; implementar y hacer uso de fuentes energéticas sostenibles en busca de mejorar el rendimiento y aumentar el uso de fuentes renovables beneficiando al ambiente y mejorar los ingresos de los ciudadanos.

8. Promover el crecimiento económico sostenido, inclusivo y sostenible, el empleo pleno y productivo y el trabajo decente para todos realizando estrategias para brindar empleos de calidad a la población trabajadora.

9. Construir infraestructura resistente, promover la industrialización inclusiva y sostenible y fomentar la innovación, permitiendo que los países en desarrollo puedan avanzar en pro de implementar el mejoramiento de la infraestructura y el desarrollo de la industrialización



sostenible, para la generación de empleo constituyendo en mejoras para el país y la calidad de vida.

10. Reducir la desigualdad dentro y entre los países; se refiere a que la desigualdad no solo aplica entre los países si no también dentro de cada uno de ellos, donde las mejoras en educación y recursos vienen dadas para las poblaciones de mayor estrato social, mientras se ignora al resto produciendo que la pobreza no disminuya; debido a esto se busca combatir esta desigualdad e implementar medidas y políticas que promuevan la igualdad social.

11. Hacer que las ciudades y los asentamientos humanos sean inclusivos, seguros, resilientes y sostenibles; al ser las ciudades el principal punto para el avance de un país es necesario mejorar el acceso a servicios básicos, energía, vivienda, transporte y que sea de mayor facilidad hacer uso de ellos, a esto se relaciona la necesidad de avanzar sin ejercer presión sobre los recursos de la tierra.

12. Asegurar patrones de consumo y producción sostenibles; ese objetivo busca realizar más con menos recursos, incrementando las ganancias netas y disminuyendo futuros impactos ambientales, promoviendo una competencia sana y permitiendo acceder a servicios básicos, empleos ecológicos y decentes, y una mejor calidad de vida para todos.

13. Tomar medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus impactos; debido a que las consecuencias del cambio climático actúan como una amenaza para la vida, se busca que el gobierno de cada país promueva la aplicación de políticas que miren a implementar una economía que reduzca el carbono.

14. Conservar y utilizar de manera sostenible los océanos, los mares y los recursos marinos para el desarrollo sostenible; vincula la importancia de las fuentes hídricas, y la manera

en que se llevará a cabo un control más fuerte para evitar la pesca ilegal y excesiva siendo dañinas para estos ecosistemas; de este modo se pretende prevenir el agotamiento de las especies marinas y la pérdida de biodiversidad y a futuro restaurar la pesca mundial y el empleo.

15. Proteger, restaurar y promover el uso sostenible de los ecosistemas terrestres, gestionar de forma sostenible los bosques, combatir la desertificación, detener y revertir la degradación de la tierra y detener la pérdida de biodiversidad; se estima que durante el año se pierden alrededor de 13 millones de hectáreas de bosque y otras 3600 millones de hectáreas presenta degradación por desertificación, esto provocado por actividades del ser humano y el cambio climático, de este modo las metas planteadas giran en torno a la rehabilitación de suelos que presenta afectaciones, la implementación de medidas que procure reducir la degradación de ellos y la protección de especies amenazadas para prevenir su futura extinción.

16. Promover sociedades pacíficas e inclusivas para el desarrollo sostenible, brindar acceso a la justicia para todos y crear instituciones eficaces, responsables e inclusivas a todos los niveles; al presentarse casos de inseguridad, violencia y corrupción se ve la necesidad de fortalecer el estado para que se cumplan los derechos del ser humano y promoviendo la participación de la población para lograr cumplir con las metas estipuladas dentro de este objetivo.

17. Fortalecer los medios de implementación y revitalizar la Alianza Mundial para el Desarrollo Sostenible; se requiere de alianzas entre los gobiernos, el sector privado y la sociedad civil siendo esencial para el cumplimiento de la agenda de desarrollo sostenible, además de la implementación de políticas para manejar las deudas en los países desarrollados buscando a su vez promover las inversiones y aumentar las exportaciones.

### 3.2 Revisión internacional

Antes de 1970 la contaminación solo se atribuía al aire y agua; pero luego cuando se presentó la “carta Europea de suelos” en 1972, se le dio un mayor grado de importancia siendo indispensable para el desarrollo de la vida. Solano (2005) reitera que debe ser protegido contra la erosión y del daño que ocasiona diferentes actividades que se realizan sobre él, como agricultura, expansión urbanística, ganadería etc. (Silva & Correa, 2009).

Dentro de un marco normativo que brinde las regulaciones para la protección del recurso suelo se dio comienzo para el año 1992 en la conferencia de Naciones Unidas sobre medio ambiente y el desarrollo en Rio de Janeiro, conocida como “Cumbre de la tierra de Rio”, donde se presentaron tres tratados internacionales; uno de ellos es el Convenio Para La Diversidad Biológica, cuyo objetivo principal fue el de promover medidas que lleven a un futuro sostenible en sus aspectos naturales y biológicos recalcando que una de las causas de la perdida de la biodiversidad se encamina en malas prácticas en el uso de los suelos (NACIONES UNIDAS, 2019). El segundo tratado lleva como nombre la “Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático”, aunque su tema central abarca sobre los gases de efecto invernadero y su actuación en el cambio climático también menciona que los países en vía de desarrollo que tengas suelos con desertificación o zonas áridas son vulnerables a los efectos que puede causar (Naciones Unidas, 1992). Por último la “Convención de Lucha contra la Desertificación” que consiste en que se preparen programas para prevenir los suelos degradados luchando contra la sequía y la desertificación (Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial -MAVDT-, 2007).

Esos tratados sirvieron sirvió como el primer paso para instaurar las bases para el desarrollo sostenible, se organizó una serie de programas y estrategias para disminuir los efectos

de degradación ambiental, además se realizó una declaración de los 15 principios forestales, que dictaminan un mejor uso y conservación de cualquier tipo de bosque, vinculando cada uno de estos aspectos con la mejora de la calidad del suelo (Departamento de Territorio y Sostenibilidad, 2009).

Más adelante en la Conferencia General de la Organización Internacional del Trabajo que se llevó a cabo en Ginebra, se presentó el Convenio sobre la seguridad y la salud en la agricultura (2001), donde se toma temas sobre las plantaciones y se hace algunas recomendaciones acerca de los productos químicos que se utilizan en actividades agrícolas por medio de dispersión (convenio 184, 2003). Seguidamente en una Conferencia celebrada en Estocolmo (Suecia) se adoptó el Convenio de Estocolmo sobre reducción y eliminación de contaminantes orgánicos persistentes (COPs), donde su objetivo radica en proteger la salud humana y el medio ambiente. Debido a que los contaminantes orgánicos son muy tóxicos, se requiere especial cuidado y más cuando varios de ellos provienen de plaguicidas, insecticidas lo cual se emplea en gran medida en zonas de cultivos (Ramírez, García, & Barrera, 2003)

Todo lo anterior funciona como un método para afianzar y reforzar los pilares que sirven como guía donde los países principalmente los que están en vía de desarrollo puedan implementar medidas acordes a la recuperación de suelos que presenten signos o ya estén degradados.

### **3.3 Iniciativa 4 por 1000. Fijación de carbono orgánico en suelos.**

La iniciativa 4 por 1000 fue impulsada en el gobierno de Francia y presentada en la cumbre de París con el nombre de “Iniciativa 4 por 1000: Suelos para la seguridad alimentaria y el clima”, que tiene como objetivo, que la agricultura haga parte de implementar mecanismos para la mitigación y adaptación al cambio climático (Ministerio de Agricultura y pesca, 2018).

En una de las publicaciones de la embajada de Francia en Madrid explica que la alternativa 4 por mil, busca mejorar la retención de C en el suelo, debido a que este representa fertilidad, una mayor duración en sus nutrientes y adaptabilidad a los cambios. Esto se planea lograr por medio de las buenas prácticas agrícolas, que contribuyen en preservar las riquezas de los suelos y dirigir a restaurar los que se encuentren desertizados y frágiles por intensas actividades que han sobrellevado (Embajada de Francia en Madrid, 2016).

Lo que se busca con esta iniciativa es aumentar la materia orgánica en un 0,4% al año y de este modo detener las emisiones de CO<sub>2</sub> en la atmósfera con el fin de disminuir las emisiones que provocan el efecto invernadero (Burbano, 2018). De hecho, los microorganismos del suelo se encargan de degradar los residuos que la cubierta vegetal aporta al suelo, en forma de partes sólidas (hojarasca, raíces muertas, ramas caídas, etc.) y en forma de exudados radicales. Estos ciclos son responsables de metabolizar las moléculas orgánicas produciendo CO<sub>2</sub> que vuelve a la atmósfera y aumentar la biodisponibilidad de nutrientes que pueden ser absorbidos por las plantas solo cuando son en forma inorgánica.

Las actividades agrícolas, considerando sólo la respiración de los suelos, son responsable de más de un 10% del CO<sub>2</sub> emitido a nivel mundial. A esto hay que sumar el gasto en combustible de las maquinarias y la emisión de otros gases de efecto invernadero como el metano producido por el ganado o los óxidos de Nitrógeno originados de la fertilización química.

Está claro que pequeños ajustes en el sector agropecuario pueden producir cambios importantes en el ciclo del Carbono y la iniciativa 4 por 1000 se propone como objetivo un cambio de paradigma hacia una agricultura como manera de mitigar el cambio climático (Panettieri, 2013).

### **3.4 Normatividad colombiana, país en vía de desarrollo.**

Colombia representa un país con múltiples posibilidades de riquezas por la variedad en sus suelos, pero debido a la debilidad en los procesos de seguimiento a la calidad de los suelos, desarticulación institucional y carencia de normas e instrumentos para su gestión sostenible no se ha sabido manejar adecuadamente la gestión de él, siendo necesario instaurar prácticas de recuperación, rehabilitación y restauración que deben ser tenidas en cuenta en los procesos de planeación y ordenamiento territorial. Por lo anterior se hace necesario crear y poner en funcionamiento políticas que vinculen el desarrollo sostenible con las necesidades diarias de los bienes y servicios buscando la conservación de la biodiversidad y promover una gestión sostenible de los suelos colombianos.

La constitución política colombiana, establece en el artículo 80 que el manejo y aprovechamiento de los recursos naturales deberá ser planificado por el estado, además de que se debe de prevenir y controlar el deterioro ambiental y la importancia de exigir Sanciones legales como la reparación de los daños causados al medio siendo el caso del suelo como un recurso de importancia en todo su ámbito (Constitución Política de Colombia, 1991); mas adelante con el Decreto 879 de 1998; que reglamenta todo lo relacionado con planes de ordenamiento territorial establece para el suelo la clasificación para sus uso, así como el orientar y administrar el desarrollo físico del territorio y la utilización del suelo para sus diferentes actividades (Velandia, 1998).

El ministerio de ambiente y desarrollo territorial elaboró el Plan de Acción Nacional de lucha contra la desertificación y la sequía en Colombia en el año 2004, que utilizó el documento de la Convención de Lucha contra la Desertificación de Naciones Unidas como una guía. De este modo se menciona acerca de las áreas que se encuentran afectadas y se propone implementar

acciones contra la degradación de tierras, por medio de la aplicación de prácticas que ayuden a revertir los procesos degradativos encaminados al desarrollo sostenible (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2008).

Más adelante en el año 2017 en Colombia se implementó la primera Política Para La Gestión Sostenible Del Suelo, donde se incluyen herramientas para manejar de forma adecuada este recurso, conservar la biodiversidad y de esta forma establecer un adecuado ordenamiento en el territorio y en la gestión del riesgo (Minambiente, 2019b). Además el ministerio de ambiente y desarrollo sostenible cuenta también con el plan Nacional de Restauración Ecológica que tiene como principal objetivo que en un tiempo de 20 años brindar orientación y promover procesos que sirvan para la restauración de áreas degradadas (Minambiente, 2019a).

Dentro de un marco de políticas para el desarrollo de la agricultura colombiana, es importante que en el País se adopte una estructura acorde a lo que el suelo pueda brindar teniendo en consideración sus limitaciones: es decir no todos los suelos son aptos para el cultivo aunque tenga las propiedades adecuadas para actividades agrícolas, debido a que cierta cantidad de ellos se ubican en zonas de protección, por eso es eficaz impulsar el desarrollo de la agricultura en los sitios aptos para ella velando por el bienestar de los productores y del ambiente (Perfetti & Hernández, 2013).

## **CAPITULO 4.**

### **Recuperación de suelos degradados por prácticas agrícolas**

Para la eliminación de los contaminantes en el suelo se dice que es necesario que haya un aumento en la solubilidad de los mismos, mientras que los contaminantes orgánicos se pueden tratar por medio de los microorganismos que provocan su degradación (Perfetti & Hernández, 2013), Alguacil y Merino (2010) argumentan que la mayoría de los contaminantes inorgánicos no pueden ser degradados aunque se puede alterar su transporte de una localización a otra. Debido a esto es necesario implementar tratamientos que cumplan con este requisito los cuales son biotratamientos, entre ellos se encuentran: inmovilización, movilización y transformación de los contaminantes por métodos de bioacumulación, bioadsorción, oxidación y reducción, metilación y desmetilación, complejación, degradación y fitoeliminación (Alguacil & Merino, 2010)

#### **4.1 Contenido y función de la materia orgánica en el suelo.**

La materia orgánica (MO), presente en el suelo es un indicador clave para mantener su productividad y mejorar ciertos aspectos de la calidad en el para el funcionamiento de los agrosistemas. Según una publicación de la revista Técnica Especial en Siembra Directa son pocos los casos en que se ha demostrado una relación directa entre la MO con la productividad. Esto se debe al hecho que la pérdida de MO puede producir una mayor disponibilidad de los nutrientes del suelo que se encontraran en forma inorgánica apta para la captación de las raíces, siendo benéfico para los cultivos. Pero más adelante, cuando se alcance un límite inferior, este beneficio empieza a dar un efecto adverso produciendo lixiviación de los nutrientes que resulta en un efecto indirecto y debilitando la productividad a comparación de los resultados iniciales (Galantini, Landriscini, & Hevia, 2007). Sin embargo, el equilibrio entre acumulación y



degradación de la MO es un elemento clave para dirigir la fertilidad de los suelos, su resistencia a la erosión y el ciclo de los nutrientes necesarios para las plantas. La variabilidad del suelo y de los sistemas productivos puede originar resultados contrastantes, debido también a la naturaleza de los inputs de MO que se incorporan al suelo (enmiendas, restos de cosechas, compost, lodos de depuradora etc.).

Según Chistensen (1996), el contenido de la materia orgánica del suelo se relaciona de forma directa e indirecta con las propiedades físicas, químicas y biológicas (Zagal & Córdova, 2005).

Edward (2000) menciona que la importancia de la MO en el suelo radica en que mejora las condiciones físicas, explicando que los suelos arcillosos se hacen menos pesados siendo positivo para mejorar la labranza, mientras para los suelos arenosos se presenta un aumento en la retención de agua y de nutrimentos. Por otro lado, Navarro (2000) afirma que la MO es el reservorio principal de estos nutrimentos, mientras que Sustaita et al., (2000) y Caravaca et al., (2001), refieren a que la MO es un indicador de fertilidad, contribuye a la mejora de la estructura edáfica que se relaciona en la formación de macroagregados ( $> 250 \mu\text{m}$ ) y microagregados ( $\leq 250 \mu\text{m}$ ), la infiltración de agua a todo el perfil y con la continuidad de poros hasta la superficie. Kirkby y Morgan (1984) hacen énfasis que entre mayor MO presente halla en el suelo la erosión se reduce de forma considerable (Castillo et al., 2007).

Smith (1999) dice que la MO en el suelo se encuentra “en un continuo estado de transformación, donde no existen límites definidos y desde el punto de vista conceptual es importante fijarlos”, a esto refiere que los factores ambientales se relaciona con la capacidad, tamaño y velocidad de descomposición donde el proceso puede ser lento entre más MO este presente (Galantini et al., 2007); De esta manera el cultivo se ve como un medio que favorece de

forma más rápida la descomposición de la MO debido a que estimula la actividad microbiana y mejora la aireación del suelo (Zagal & Córdova, 2005), pero también aporta materia orgánica gracias a los restos de cosecha que se quedan en el suelo y a los exudados que producen las raíces (Panettieri, 2013).

#### **4.2 Impacto del laboreo sobre la materia orgánica en el suelo.**

Según la FAO (2013) el laboreo es una actividad que requiere de herramientas y maquinarias para acondicionar un terreno en la siembra de algún producto, esto facilita las labores para el campesino en cuestión que eliminan malezas, nivela la superficie y es más rápido acceder a los cultivos a este tipo de laboreo se le conoce como convencional (Haro, 2014).

El impacto que el laboreo convencional produce se encamina a la destrucción de la estructura del suelo, aumento de las emisiones de CO<sub>2</sub> a la atmósfera, disminución y pérdida de la materia orgánica; el suelo se compacta dificultando la aireación y por lo tanto disminuyendo la eficiencia en las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo después de un tiempo afectando la proclividad del cultivo (Martín-Martín, Jerez-Mompies, & Moreno-Lucas, 2016). Debido a esto, se sugiere la implementación de la agricultura de conservación que busca el cumplimiento de tres principios: no alterar el suelo por cualquier forma mecánica, tener una cobertura permanente en el suelo e implementar la rotación de cultivos (Martín-Martín et al., 2016).

#### **4.3 Sistemas agroforestales y rotaciones de cultivos.**

Los sistemas agroforestales son un grupo de prácticas para la conservación del suelo que hacen parte a los sistemas de cultivos más antiguos del mundo (Montagnini 1992). A partir de los años 70, cuando se dio mayor importancia a la protección del ambiente y a la necesidad de

implementar prácticas de uso sostenible fue que se dio a conocer con una mayor relevancia de este tipo de prácticas (Calles, Smeltekop, & Villca, 2011), Para desarrollarse con una mayor organización, los sistemas agroforestales deben de estar diseñados en un plan de manejo de la finca, teniendo en cuenta diferentes aspectos del lugar como las características del suelo, las plantas que se emplearan y los campesinos que se vincularan.

La agroforestería consiste en una combinación de siembra de cultivos agrícolas y arboles forestales aprovechando el espacio y el suelo. Se puede aplicar de dos formas: la primera prevé una siembra sin aplicar laboreo, siendo innecesario despejar las malezas y la vegetación alrededor para sembrar las semillas dado que esta puede crecer en un ambiente donde haya más plantas; la segunda forma se vincula a plantar los arboles forestales teniendo en cuenta la distancia la cual se estima entre 40 y 60 árboles/ha, en forma de hileras o alrededor de los cultivos de este modo no habrá una lucha entre los cultivos y los arboles por nutrientes ni luz solar (figura 3).



*Imagen 4.* Esquema de un sistema agroforestal obtenida de G. López, 2008

Según Ramírez (2005), proporciona una lista de los principales arboles forestales que se adaptan mejor en los suelos de Ecuador como un ejemplo; siendo los siguientes: la *Inga edulis* (guaba); *Cordia alliodora* (laurel); *Ochroma lagopus* (balsa); *Chizolobium parahybum*

(pachaco); *Gliricidia sepium* (gliricidia); *Alnus acuminata* (aliso); *Fraxinus americana* (fresno); conociendo las características de los árboles se procede con identificar los cultivos que serían acorde para implementar en este sistema como *Musa spp.* (plátano); *Annona comosus* (piña); *Phaseolus spp.* (fréjol); *Manihot esculenta* (yuca); *Solanum quitoense* (naranjilla), *Pssiflora edulis* (maracuya) (Ramirez, 2005).

Este sistema agroforestal es aplicable para ecosistemas frágiles y estables a escala grande o pequeña a lo que López (2008) menciona “El interés por este tipo de sistemas de debe a la necesidad de encontrar mejores opciones para los problemas de baja producción de degradación de la tierra”; los principales beneficios al implementar esta práctica radican en los siguientes:

- Controlar la agricultura migratoria
- Aumentar el nivel de materia orgánica en el suelo
- Fijar el nitrógeno atmosférico
- Reciclar nutrimentos
- Modificar el microclima
- Optimizar la producción del sistema, respetando el principio de sistema sostenido.

A medida que pase el tiempo se puede realizar una rotación de cultivos que también funciona como una alternativa para recuperar ciertas propiedades del suelo que se pierdan con la anterior cosecha este se puede realizar también para mantener la fertilidad y evitar la aparición de plagas, se sugiere que la rotación de cultivo sea con plantas de diferentes familias para un adecuado funcionamiento de este sistema.

#### **4.4 Aprovechamiento de residuos orgánicos para la fertilización de los suelos.**

##### ***4.4.1 Mantillo***

El mantillo se puede producir de manera natural encontrándose en los primeros 10 o 15cm de la superficie del suelo; el mantillo se forma cuando se dejan en parcelas diferentes productos con contenido de MO, el cual después de un tiempo este se ira descomponiendo dejando una tierra con alta capacidad de fertilidad (Chocobar et al., 2013) El proceso de elaboración del mantillo puede tener similitudes con el compost, pero varía de acuerdo a la forma que se obtiene el producto, donde se determina una zona para dejar la MO que se descompone para dar como resultado un abono orgánico.

(Masabni & Patrick, 2014) explican que la aplicación de mantillo al suelo debe de hacerse antes del cultivo, para esto el suelo debe de estar limpio sin presencia de maleza, luego se le agregara una capa de mantillo; se sugiere que antes de que se inicie un cultivo se aplique al suelo el abono orgánico. Esta práctica favorece la incorporación de nutrientes al suelo, protege el suelo de la erosión causada por el impacto de las gotas de lluvia y favorece la actividad microbiana que puede aumentar de diversos grados la temperatura en la superficie del suelo. Este último efecto puede ayudar a combatir las semillas de malezas, impidiendo su germinación y acelerando su degradación.

#### ***4.4.2 Compost.***

Ramos y Terry (2014), indican que anualmente en los campos agrícolas se produce una gran cantidad de desechos orgánicos, del cual solo se provecha un pequeño porcentaje que viene a ser para la alimentación, mientras el resto es quemado o enviado a rellenos sanitarios (Agüero & Elein, 1979), produciendo una gran pérdida de materia orgánica. Este recurso desaprovechado, con un debido tratamiento funciona para diferentes prácticas agrícolas como es el caso de la elaboración del compost, que según Atlas y Barta (1997) es un proceso microbiológico que tiene la capacidad de convertir los residuos orgánicos en un producto que puede mejorar las condiciones y calidad del suelo (Hernández, Ojeda, López, & Arras, 2010).

El método más conocido y empleado fue desarrollado por Sir Albert Howard, a lo que Romero (2004) explica que consiste en formar una pila con diferentes capas de suelo, estiércol, residuos vegetales de forma alterna en donde se le realizara un volteo manual de una o dos veces a la semana según las características del entorno como temperatura, humedad, relación de N/C, entre otras que pueden acelerar o ralentizar el proceso de maduración del compost (Hernández et al., 2010); El aprovechamiento de estos residuos brinda múltiples beneficios como la producción de nutrimentos, el abono orgánico producido ayuda al crecimiento de la planta sin generar grandes afectaciones al suelo y contribuye con la mejora de las propiedades presentes del mismo (Agüero & Elein, 1979).

Realizar este tipo de práctica es económico debido a que los requerimientos para el compost se encuentran en la misma finca o granja, como el caso del excremento que puede ser de gallinas, vaca, cerdos, desperdicios vegetales como los sobrantes de alimento y otros materiales orgánicos como las hojas caídas de los árboles. Al pasar por el proceso de compost el nitrógeno será fijado mientras la MO se descompone, luego se obtendrá abono orgánico que puede ser

empleado para el cultivo, trayendo una serie de mejoras al suelo en cuanto a su fertilidad, estructura, aireación, porosidad, estabilidad, capacidad de retención de agua, infiltración y conductividad hidráulica (Orozco, 2017).

#### ***4.4.3 Enmiendas procedentes de ganadería intensiva***

La ganadería se ha vuelto una actividad extensiva, es decir se ocupa cada vez más espacio para acomodar grandes cantidades de ganado, por esto se produce un incremento en la cantidad de excremento el cual puede ser aprovechable para implementarlo como abono en los suelos. Para hacer aprovechamiento del estiércol del ganado se puede realizar un compost adicionando material vegetal de este modo se aprovechará el nitrógeno que tiene este estiércol.

Del mismo modo se aplica directamente al suelo cuando ya esté listo, actúa como un abono al mejorar la fertilidad y aumentar la cantidad de nutrientes del suelo como el nitrógeno de forma controlada, dado que, si se aumenta de forma de forma excesiva la cantidad del N del suelo, puede afectar la micro fauna y las propiedades físico-químico del suelo (Negro, Villa, R, & Ciria, 1999)

#### **4.5 Biochar.**

El biochar o también conocido como biocarbón se define como “un material sólido obtenido de una conversión termoquímica de biomasa en un ambiente limitado de oxígeno” (IBI, 2015); es conocido por su capacidad de retención de carbono además de ser un subproducto que se obtiene a través de un proceso conocido como pirolisis que funciona en un medio con poco o sin oxígeno y la descomposición de residuos orgánicos se logra a temperaturas entre 250 y 750 °C, donde el objetivo final es la producción de biogás con fines energéticos.

El material resultante mantiene gran parte de sus elementos y micronutrientes, pero ha transformado la mayor parte de sus moléculas orgánicas en un retículo de anillos aromáticos condensados, menos sujeto a la degradación microbiana. Por lo tanto, se logra transformar el Carbono del material de partida en un material más resistente, limitando las emisiones de CO<sub>2</sub> netas. Escalante (2016) indica que el punto crucial es recuperar la fertilidad del suelo y secuestrar el carbono a lo que el biochar ha sido efectivo presentando resultados acordes al objetivo de mejorar las condiciones del suelo en cuanto sus propiedades físicas, químicas y biológicas, siendo una de las prácticas más rentable para suelos que presenta algún grado de contaminación por metales pesados. Beesley (2015) indica que gracias a su elevada porosidad y a la presencia de grupos funcionales que pueden actuar como quelantes, el biochar tiene una elevada capacidad de intercambio catiónico y puede inmovilizar, adsorber y secuestrar los siguientes metales: Cr, Pb, Cu, Cd, Zn, Ni, y metaloides As (Kumar et al., 2016).

Para la elaboración del biocarbón, se puede utilizar residuos orgánicos como hojas, ramas, pasto o material de cobertura vegetal, restos de cultivos, excremento de animales, entre otros que luego del proceso de pirolisis se obtiene una masa o tierra negra como el polvo de carbón, el cual actúa como un biofertilizante que puede ser agregado de forma directa al suelo a tratar; no se establece cantidades exactas para un terreno determinado debido a que este no afecta las condiciones de la superficie terrestre ni las plantas, y su importancia también se centra en que es capaz de retener agua mejorando las condición del suelo a largo plazo y disminuye las emisiones de CO<sub>2</sub>.

#### **4.6 Fertilización fosfatada.**

Rahman (2010), afirma que el fosforo (P) hace parte de los 17 nutrientes que requiere las plantas para su crecimiento, pero también clasifica como un elemento mayor, a lo que explica



que se necesita de cantidades altas, siendo la concentración total para cultivos agrícolas aproximadamente entre 0,1 y 0,5% (Rahman, 2010). Es importante conocer la cantidad de P debido, que un exceso de él puede producir efectos negativos al ambiente, mientras una cantidad limitada disminuye la productividad del cultivo.

Los fertilizantes fosfatados se elabora a partir de roca fosfórica siendo de origen natural, pero Murphy y Sanders mencionan que el principal problema con esta técnica radica en que solo entre el 20 y 30% del fertilizante agregado al cultivo se absorbe durante las primeras etapas en que se aplique, el resto de P que no fue absorbido permanece en la superficie y puede llegar a provocar efectos negativos si este se relaciona con cambios del pH, temperatura y los efectos que causan la erosión o su lixiviación en aguas subterráneas o ríos (Murphy & Sanders, n.d.)

#### **4.7 Enmiendas calcáreas.**

La implementación de enmiendas calcáreas se produce como una alternativa para los suelos que presentan acidez que puede afectar al crecimiento de las plantas y aumentar la tasa de degradación de la materia orgánica. Entre los tipos de enmiendas se encuentran el óxido de calcio ( $\text{CaO}$ ) que se conoce como cal viva, que origina una reacción rápida al momento en que se aplique al suelo y se usa cuando se espera efecto a un corto plazo, el hidróxido de calcio ( $\text{Ca(OH)}_2$ ) conocido como cal apagada, que reacciona en presencia de agua en el suelo casi que de inmediato, y la cal agrícola o calcita que es uno de los más utilizados, identificándose en ella el carbonato de calcio ( $\text{CaCO}_3$ ) siguiendo la dolomita tiene una reacción más lenta debido al magnesio que hay en ella (Alfaro & Bernier, 2008).

## **CAPITULO 5.**

### **Una mirada desde la Ingeniería Ambiental en los procesos de Buenas Prácticas Agrícolas.**

Se puede encontrar una relación entre la ganadería y la agricultura, siendo la ganadería una de las actividades de gran auge, extendiéndose en áreas donde ha llegado a ocupar territorio que no le corresponde siendo muchos de ellos derivados para las actividades agrícolas, causando un efecto negativo en la fauna y flora al ser necesario deforestar un mayor terreno y generar cercas donde se ubicara el ganado, el cual produce impactos negativos en el ambiente afectando el suelo al erosionarlo y aumentando los gases de efecto invernadero en la producción de metano.

Uno de los aspectos de Colombia, es que se abastece de alimentos provenientes de los pequeños campesinos, quienes se han visto en la tarea de producir una mayor cantidad de cultivos en poco tiempo destacando el uso excesivo del suelo y utilizando productos químicos provocando el deterioro de él y perdiendo su producción inicial; siendo las buenas prácticas agrícolas recomendables al permitir que se recupere y restaure sus propiedades garantizando resultados aceptables.

Conocer la situación actual de un suelo en donde se desarrolla actividades agrícolas es de gran importancia, debido a que sus propiedades pueden variar con el paso del tiempo y el análisis de esto puede indicar que práctica de remediación se puede emplear para restablecer aspectos como su calidad y estructura. Las buenas prácticas agrícolas no solo funcionan como una herramienta para mejorar las cualidades del suelo, también brindan una metodología para que el agricultor ahorre cierta cantidad monetaria que utiliza en la compra de abonos y fertilizantes. Las practicas recomendadas en sí resultan en el aprovechamiento de abonos orgánicos que pueden ser empleados en el lugar o comercializados para producir ganancias, garantizando al agricultor

que las técnicas de remediación no siempre son costosas, por lo contrario, pueden ser auto sostenibles al generar una entrada económica.

Entre las prácticas de remediación cada una aporta una recuperación similar, pero en diferentes escenarios, es decir el proceso para adquirir los bioabonos o fertilizantes es diferente teniendo como ejemplo: el compost el cual se realiza en un espacio donde se hacen volteos en un ambiente húmedo y fuera de la luz solar; el mantillo se origina por medio de la descomposición natural de la MO, mientras que el biochar se emplea poniendo la MO a una temperatura alta para la producción del biocarbón como residuo de la producción del biogás.

Si comparamos las anteriores técnicas con las de rotación de cultivo, las enmiendas calcáreas y los fertilizantes fosfatados se puede comprender que cada una de estas prácticas son antiguas y se han desarrollado aproximadamente en el año 1000; pero debido a la producción de grandes cantidades de fertilizantes químicos en 1970, estas prácticas fueron olvidadas y retomadas más adelante para la década de los 90 debido a la necesidad de idear formas para remediar los suelos afectados adaptándolas como prácticas sostenibles.

La agricultura contribuye al cambio climático, se ve afectada por él, y además tiene la capacidad de mitigarlo. La mayor parte de las emisiones generadas por la agricultura están relacionadas con prácticas en el ámbito agrario, como la deforestación, el agotamiento de los suelos agrícolas por una sobre explotación y excesivo laboreo del suelo, cambio de prados, manejo inadecuado de turberas y zonas húmedas; mientras que otras prácticas, por el contrario, son susceptibles de almacenar carbono, tanto en los suelos como en la biomasa.

La manera cómo interactúan las fases del suelo especifica el campo de actividad de la Física que se produce en ellos; al determinar la composición y la organización de la fase sólida,

queda definido, también, el espacio que van a ocupar las otras dos fases. Al entender las relaciones planteadas se puede, entonces, hacer un uso y un manejo racional del agua, de la aireación y del espacio para las raíces, evitándose problemas de compactación y de erosión, es decir, de degradación física del suelo. De este modo se busca preservar las propiedades del suelo que pueda soportar las condiciones requeridas para preservar su nivel ecosistémico adecuado.

### **5.1 Optimización de procesos agrícolas en Colombia.**

La optimización de procesos agrícolas en Colombia, se debe a la creciente demanda de alimentos para satisfacer a una población que se encuentra en constante crecimiento mostrando cada vez un consumo mayor, esto ha causado que aumente la presión sobre los recursos naturales para la producción alimentaria; si no se maneja de forma pertinente las exigencias de una población en cuento a lo que se puede producir a futuro conllevara a un desequilibrio ambiental, dado que la producción no será igual al consumo.

Las buenas prácticas agrícolas no se establecen solo para mostrar; debido a que estas han existido desde mucho tiempo atrás y han demostrado su validez para recuperar o remediar suelos, permitiendo que las comunidades biológicas no mueran por uso de agroquímicas por lo contrario puede aumentar su dinámica para que los nutrientes del suelo sean aprovechados por las plantas cultivadas.

Hoy en día son más los campesinos que han puesto en marcha la implementación de prácticas de remediación del suelo al darse cuenta que esta le garantiza más ganancias que pérdidas y al dar a conocer lo fácil que se puede producir un abono que sea 100% natural y amable con el ambiente garantiza mayor participación de los ciudadanos desde las zonas rurales

en los campos de cultivo, como en las zonas urbanas con las pequeñas áreas dispuestas para realizar labores de agricultura.

### **5.3 Casos de estudio.**

La agricultura urbana dio comienzo a raíz de la violencia que se presentaba en las zonas rurales en la década de los 50, esto hizo que los campesinos abandonaran sus hogares para ubicarse en un ambiente diferente como las ciudades. Más adelante se dio origen a lo que se conoce como huertos urbanos, que se define como “pequeñas parcelas en las que se desarrollan tareas agrícolas con métodos de cultivos ecológicos donde se combinan las funciones productivas y sociales” (Francisco Santana Fuentes, 2010). Este tipo de actividad demostró un potencial para mejorar diferentes perspectivas como las funciones ecológicas, paisajística y culturales en una determinada zona, dando a entender que las actividades agrícolas no se limitan solo a la zona rural, debido a esto es vital contar con un suelo o un substrato apto para la producción de plantas; esto se puede ver que ocurre en Bogotá, Medellín a una escala pequeña.

Aunque el biochar ya sea conocido, cabe destacar que en Boyacá para el año 2015 se utilizó como una técnica para restaurar un suelo, dando resultados visibles de la mejora que este presentaba y de cómo las plantas sembradas, en este caso alfalfa, crecían sin presentar ningún deterioro o lentitud; antes esto se vio que las condiciones del suelo eran tan bien recibidas que la alfalfa floreció en un menor tiempo y la altura aumentó siendo indicador de que las propiedades del suelo se encontraban en óptimas condiciones. En la segunda siembra de alfalfa los resultados mejoraron presentando mayor adaptabilidad de la planta con el suelo a su vez aumentó la cobertura vegetal; este trabajo de investigación demuestra que el uso de biocarbón mejora la calidad del suelo para más de una siembra (Fiallos-Ortega et al., 2016).

Los techos verdes se rigen en Colombia por el acuerdo 418 de 2019 el cual promueve la implementación de tecnologías arquitectónicas sustentables, como techos o terrazas verdes entre otras, donde la Secretaria Distrital de Ambiente y el Jardín Botánico José Celestino Mutis brindaran un acompañamiento técnico cuando de solicite para cuando se desee conocer acerca de las diversas especies vegetales adecuados para implementarlas por este medio (Tamayo & Morales, 2009).

Debido al acuerdo se prosigue con la creación de una serie de guías que indican la importancia y beneficios de los techos verdes en especial para las áreas urbanas contribuyendo a mejoras en cuanto a lo social, económico y ambiental (Tabla 2), donde se considera que según la aplicación de estos techos sean verticales u horizontales los beneficios pueden ser diferentes. A partir del año 2010 que se llevó a cabo este proyecto se realizaron diferentes investigaciones en el sector de Bogotá donde los resultados fueron pertinentes con los beneficios mencionados en la tabla 2; además de que promueve nuevas prácticas en torno a este tema.

*Tabla 2.* Beneficios de la implementación de los techos verdes

<b>Ambiental</b>	<b>Económico</b>	<b>Social</b>
Retienen el agua lluvia. orgánicos.	Mantienen la comodidad térmica al interior de las edificaciones, evitando el uso de calefactores.	Mejoran el paisaje urbano.
Permiten aprovechar residuos	Valorizan el predio.	Aumentan el área verde de la ciudad
Mitigan el efecto isla de calor	Optimizan espacios para la agricultura urbana.	Generan jardines consumibles
Reutilizan y reciclan materiales.	Permiten integrarse con sistemas de aprovechamiento de agua lluvia, ahorrando consumo de agua.	Son Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible
Aumentan el área verde para la promoción de la biodiversidad.	Permiten integrarse con sistemas de aprovechamiento de agua lluvia, ahorrando consumo de agua.	Generan un espacio de intercambio de saberes e intercambio tecnológico
Absorben el ruido.	Generan puntaje en el reconocimiento en el	Mejoran la calidad de vida

Programa Bogotá Construcción Sostenible.	
Generan conectividad con la Estructura Ecológica Principal.	Brindan sensación de bienestar
Cumplen servicios ecosistémicos	Activan los sentidos olfativos, táctiles y visuales.
Aumentan el área verde de la ciudad	
Capturan carbono durante el día.	

Hace referencia a los aspectos positivos de implementar los techos verdes y jardines verticales en áreas urbanas según aspectos económicos, sociales y ambientales. Información tomada (Urrego, Petro, Yamhure, & Hurado, 2015) tabla elaboración propia.

En una publicación de la secretaria distrital de ambiente menciona que, “actualmente existe un amplio espectro de tecnologías de vegetalización de cubiertas y numerosos sistemas que se encuentran en desarrollo y estudio”. (Secretaria Distrital del Ambiente, 2011 p.13).

De lo que se identifican cinco tipos siendo el primero los de multicapa elevado, donde las capas especializadas se apoyan sobre pedestales dando una forma horizontal continuo; sistema tipo receptáculo donde se emplean recipientes impermeabilizados donde pueden tener la forma de materas, sacos o cajones funcionando como un techo verde; Sistema tipo monocapa donde se emplean tapete presembrados fijándose le techo impermeabilizado y sistemas aeropónicos donde no se tiene ningún tipo de sustrato que funcione como soporte de las plantas, debido a lo anterior se utiliza un sistema de irrigación directa a las raíces que se encuentran expuestas. (Secretaria Distrital del Ambiente, 2011).

## CONCLUSIONES

El principal problema de la agricultura colombiana, se relaciona con el afán de producir a mayor escala alimentos, agravando la situación del uso de suelo e incentivando a que se cultive de forma excesiva sin dar oportunidad a que el suelo descanse, las comunidades agricultoras no

identifican el problema hasta que la fertilidad y productividad del suelo baja y la solución más viable es extender los cultivos hacia una zona con mejores condiciones y hacer uso de fertilizantes y abonos con contenidos químicos, que solo mejoran la situación a corto plazo pero no garantiza soluciones a futuro.

Las prácticas de remediación de suelo que actúan de forma amigable con el ambiente, han dado resultados viables y acorde con el cumplimiento de desarrollo sostenible, siendo autosuficientes debido a que son los subproductos dejados en las áreas de cultivos y con un proceso pueden dar como resultados bioabonos que pueden mejorar las características del suelo con su aplicabilidad creando un ciclo de productividad y en alimentos como en el suelo.

Técnicas tan simples como la rotación de cultivo, aplicación de fertilizantes ricos en fosfatos, enmiendas calcáreas, entre las otras prácticas mencionadas pueden recuperar las características casi que iniciales del suelo, además de que los resultados se ven desde la primera aplicación en cuanto al crecimiento y desarrollo de las plantas su constante implementación puede perdurar a largo plazo.

Cada recurso natural se encuentra interconectado con los ciclos biogeoquímicos el cual permite que se regule el clima, por ende, el suelo hace parte de ello, donde su alteración afecta de forma directa e indirecta este aspecto atribuyéndose la importancia de ser necesario recuperar por medio de prácticas sostenibles las características del suelo que ha dado resultados aceptables.



## **RECOMENDACIONES**

Colombia cuenta con una legislación aún muy débil, debido a la falta de estudio e investigaciones para los suelos, siendo la mayor parte de información de la USDA. Aun conociendo que no todos los suelos son iguales; es necesario vincular programas que sea de índole para el estudio de los suelos del país y conocer la realidad de la situación actual.

Aunque ya se han establecidos proyectos para que el agricultor implemente en su finca de como preservar el suelo, sería importante que se realizaran esta labor más a menudo debido a que no todos los campesinos se involucran y por lo general lo que ellos consideran como “basura o desechos”, puede ser su sustento económico.

El ambiente se encuentra conectado con lo que nos rodea, si el suelo se afecta, todo a su alrededor se ve influenciado cambiando de este modo las características de un ecosistema, la flora fauna serán los principales perjudicados; debido a esto es importante tener en cuenta los parámetros para usos del suelo y no adentrarse en áreas de conservación.

## REFERENCIAS

- Agüero, D., & Elein, T. (1979). Cultivos tropicales : CT. In *Cultivos Tropicales* (Vol. 35). Retrieved from [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0258-59362014000400007&lng=es&nrm=iso&tlng=pt](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0258-59362014000400007&lng=es&nrm=iso&tlng=pt)
- Alfaro, M., & Bernier, R. (2008). *enmiendas calcareas.pdf*. Chile.
- Alguacil, F. J., & Merino, Y. (2010). Biotratamiento de contaminantes de origen inorgánico. *Revista de Metalurgia*, 34(5), 428–436. <https://doi.org/10.3989/revmetalm.1998.v34.i5.810>
- Barros, J. (2018). Degradación en suelos de Región Caribe. Retrieved April 10, 2019, from Semana Sostenible website: <https://sostenibilidad.semana.com/impacto/articulo/degradacion-en-suelos-de-region-caribe/39620>
- Calles, V., Smeltekop, H., & Villca, R. (2011). Journal of the Selva Andina Research Society. In *Journal of the Selva Andina Research Society* (Vol. 2). Retrieved from [http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2072-92942011000100008&lng=es&nrm=iso&tlng=es](http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2072-92942011000100008&lng=es&nrm=iso&tlng=es)
- Carvajal, R. (1997). *Propiedades físicas químicas y biológicas de los suelos*. Retrieved from <http://bibliotecadigital.agronet.gov.co/bitstream/11348/6636/1/083.pdf>
- Castillo, I., Corral, R., Ariel, J., Garnica, F., Germán, J., Diego, R., & Latinoamericana, T. (2007). *DE LOS SUELOS AGRÍCOLAS DE ZAPOPAN , JALISCO Spatial Distribution of Organic Matter Content in Agricultural Soils of Zapopan , Jalisco*. 187–194.
- CEPAL. (2015). Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS). Retrieved May 7, 2019, from Comisión Económica para América Latina y el Caribe website: <https://www.cepal.org/es/temas/agenda-2030-desarrollo-sostenible/objetivos-desarrollo-sostenible-ods>
- Cereda, A., Biox, C., Soriano, M. D., Calvo, A., & Imeson, A. (1995). Degredacion del suelo en una Cetena sobre Margas Afectada por el Abandono del Cultivo en un Ambiente Semiárido. *Cuaternario y Geomorfología*, Vol. 9, pp. 59–74.
- Chocobar, A., Cox, R. A., Fonteyne, S., Govaerts, B., Jaspers, N., & Kienle, F. (2013). El mantillo guía útil para comparar las prácticas de manejo de cultivo. *Mas Agro*.
- Constitución Política de Colombia. (1991). Artículo 80. Retrieved April 21, 2019, from <http://www.constitucioncolombia.com/titulo-2/capitulo-3/articulo-80>
- convenio 184. (2003). *CONVENIO SOBRE LA SEGURIDAD Y LA SALUD EN LA AGRICULTURA*.
- de Segura, R. B. G. (2014). Del desarrollo sostenible según Brundtland a la sostenibilidad como biomimesis. In *Del desarrollo Sostenible según Brundtland a la sostenibilidad como biomimesis*. Retrieved from [http://publ.hegoa.efaber.net/assets/pdfs/315/Sostenibilidad\\_DHL.pdf?1399365095](http://publ.hegoa.efaber.net/assets/pdfs/315/Sostenibilidad_DHL.pdf?1399365095)

- Definiciones | Portal de Suelos de la FAO | Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2019). Retrieved April 1, 2019, from <http://www.fao.org/soils-portal/about/definiciones/es/>
- Departamento de Territorio y Sostenibilidad. (2009). La Cumbre de Río (1992). Retrieved May 20, 2019, from Generalitat de Catalunya website: [http://mediambient.gencat.cat/es/05\\_ambits\\_dactuacio/educacio\\_i\\_sostenibilitat/desenvolupament\\_sostenible/cimeres\\_internacionals/la\\_cimera\\_de\\_rio\\_1992/](http://mediambient.gencat.cat/es/05_ambits_dactuacio/educacio_i_sostenibilitat/desenvolupament_sostenible/cimeres_internacionals/la_cimera_de_rio_1992/)
- Fassbender, H. W., Bornemisza, E., & Inter-American Institute for Cooperation on Agriculture. (1987). *Química de suelos con énfasis en suelos de América Latina*. Retrieved from [https://books.google.es/books?id=SqlGvAwjApEC&printsec=frontcover&hl=es&source=gs\\_bse\\_ge\\_summary\\_r&cad=0#v=onepage&q&f=false](https://books.google.es/books?id=SqlGvAwjApEC&printsec=frontcover&hl=es&source=gs_bse_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false)
- Galán, E., Gómez, J., Bellinfante, N., & Aparicio, P. (2003). *Contaminación de suelos por compuestos orgánicos*. 1–165.
- Galantini, J., Landriscini, M., & Hevia, C. (2007). Contenido y calidad de la materia orgánica particulada del suelo. *Revista Técnica Especial En SD: Sistemas Productivos Del Sur y Sudoeste Bonaerense.*, pp. 36–40.
- Haro, J. (2014). *EFFECTO DEL LABOREO SOBRE LA CALIDAD DEL SUELO Y LA PRODUCCIÓN DE QUINUA (Chenopodium quinoa Wild), BAJO DOS SISTEMAS DE SIEMBRA EN LA PARROQUIA SANTIAGO DE QUITO, EN LA PROVINCIA DE CHIMBORAZO*. ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO.
- Hernández, O. A., Ojeda, D. L., López, J. C., & Arras, A. M. (2010). Abonos orgánicos y su efecto en las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo. *Tecnociencia Chihuahua*, 4(1), 1–6.
- IBI. (2015). Standardized Product Definition and Product Testing Guidelines for Biochar That Is Used in Soil. *International Biochar Initiative*, (November), 23. <https://doi.org/http://www.biochar-international.org/characterizationstandard>. 22
- IDEAM; U.D.C.A. (2015). *Estudio nacional de la degradación de suelos por erosión en Colombia*.
- IDEAM. (2019). Erosión. Retrieved March 28, 2019, from Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de Colombia website: <http://www.siac.gov.co/erosion>
- IGAC. (2017). Colombia, un país con una diversidad de suelos ignorada y desperdiciada | Noticias. Retrieved April 10, 2019, from INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI - IGAC website: <https://noticias.igac.gov.co/es/contenido/colombia-un-pais-con-una-diversidad-de-suelos-ignorada-y-desperdiciada>
- IGAC. (2019). Glosario | Instituto Geográfico Agustín Codazzi. Retrieved March 1, 2019, from <https://www.igac.gov.co/es/contenido/glosario>
- Impactos ambientales de la agricultura moderna. (2018). Retrieved April 9, 2019, from CIENCIAS DE LA TIERRA Y DEL MEDIO AMBIENTE website: <http://www4.tecnun.es/asignaturas/Ecologia/Hipertexto/06Recursos/121ImpactAmbAgr.htm#POBLACION>

- INAFED. (2008). *Enciclopedia Inafed* (Vol. 03). Retrieved from <http://siglo.inafed.gob.mx/enciclopedia/EMM30veracruz/municipios/30044a.html>
- Iniestra, D. J. M., Ramírez, M. F., Berenice, I., Arriaga, E., & López, J. (2013). RELACIÓN ENTRE LA COBERTURA DEL TERRENO Y LA DEGRADACIÓN FÍSICA Y BIOLÓGICA DE UN SUELO ALUVIAL EN UNA REGIÓN SEMIÁRIDA. *Terra Latinoamericana*, 201–210. Retrieved from <http://www.scielo.org.mx/pdf/tl/v31n3/2395-8030-tl-31-03-00201.pdf>
- Irene, O. B., Juan, S. G., Dorado Valiño, M., & Villar Fernández, S. (2007). Técnicas de recuperación de suelos contaminados. *Madrimsd*, 109. Retrieved from <http://scholar.google.com/scholar?hl=en&btnG=Search&q=intitle:Técnicas+de+reucperación+de+suelos+contaminados#0%5Cnhttp://scholar.google.com/scholar?hl=en&btnG=Search&q=intitle:Técnicas+de+recuperación+de+suelos+contaminados%230>
- Jaramillo, D., Rodriguez, E., & Diaz, K. (2002). Introducción a la ciencia del suelo. *Facultad de Ciencias. Universidad Nacional de Colombia*, 619. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Kumar, A., Schreiter, I. J., Wefer-Roehl, A., Tsechansky, L., Schüth, C., & Graber, E. R. (2016). Production and Utilization of Biochar From Organic Wastes for Pollutant Control on Contaminated Sites. *Environmental Materials and Waste*, 91–116. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-803837-6.00005-6>
- López, A. (2005). *Manual De Edafología*. 143.
- López, G. (2008). Sistemas Agroforestales Tropicales. *Secretaria de Agricultura, Ganaderia, Desarrollo Rural Pesca y Alimentacion*, 1, 8. Retrieved from <http://www.sagarpa.gob.mx/desarrolloRural/Documents/fichasCOUSSA/SistemasAgroforestales.pdf>
- Luengas, A. P., & Sc, B. (2009). *DE SU FERTILIDAD EN LA ESTACIÓN EXPERIMENTAL del campus nueva granada , CAJICÁ ( CUNDINAMARCA ,. 82–104.*
- Martín-Martín, R., Jerez-Mompies, E., & Moreno-Lucas, F. (2016). Influencia del laboreo en algunas propiedades hidrofísicas del suelo y en la extracción de nutrientes por el trigo (*Triticum durum* L.). *Cultivos Tropicales*, 37(4), 136–144. <https://doi.org/10.13140/rg.2.2.10597.19680>
- Martinez, A. (2014). TEMA 9: CONTAMINANTES INORGÁNICOS - 33096: Toxicología Ambiental y Salud Pública - StuDocu. Retrieved May 2, 2019, from Universidad de Valencia website: <https://www.studocu.com/es/document/universitat-de-valencia/toxicologia-ambiental-y-salud-publica/apuntes/tema-9-contaminantes-inorganicos/2524514/view>
- Masabni, J., & Patrick, L. (2014). Valor de los mantillos. *Texas y Agrilife Extension*.
- Minambiente. (2019a). La conservación y protección del suelo es otro de los logros ambientales de Colombia | Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Retrieved May 21, 2019, from Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible website: <http://www.minambiente.gov.co/index.php/noticias/3998-la-conservacion-y-proteccion-del->

suelo-es-otro-de-los-logros-ambientales-de-colombia

Minambiente. (2019b). Por primera vez Colombia cuenta con una política integral para la gestión del suelo | Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Retrieved April 21, 2019, from Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible website: <http://www.minambiente.gov.co/index.php/noticias/2744-por-primera-vez-colombia-cuenta-con-una-politica-integral-para-la-gestion-del-suelo>

MINAMBIENTE. (2016). *Política para la Gestión Sostenible del Suelo*. Ministerio de Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente. Retrieved from [http://www.andi.com.co/Uploads/Política\\_para\\_la\\_gestión\\_sostenible\\_del\\_suelo\\_FINAL.pdf](http://www.andi.com.co/Uploads/Política_para_la_gestión_sostenible_del_suelo_FINAL.pdf)

Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial -MAVDT-. (2007). *Tercer Informe Nacional de Implementación de la Convención de las Naciones Unidas de Lucha contra la Desertificación y la Sequía*. 64.

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2008). Plan de acción Nacional: Lucha contra la desertificación y la sequía en Colombia. In *Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible* (Vol. 1). <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2005000300009>

Murphy, D. L., & Sanders, L. (n.d.). *Fosforo Fosforo*.

Naciones Unidas. (1992). *Doc Convencio Marco de las Naciones Unidas sobre el CC 1992 ONU.pdf*. 62301.

Naciones Unidas. (2018). Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible Una oportunidad para América Latina y el Caribe Gracias por su interés en esta publicación de la CEPAL. In *Publicación de las Naciones Unidas*. Retrieved from [https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/40155/24/S1801141\\_es.pdf](https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/40155/24/S1801141_es.pdf)

Naciones Unidas. (2019). La Agenda de Desarrollo Sostenible - Desarrollo Sostenible. Retrieved April 7, 2019, from <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/development-agenda/>

NACIONES UNIDAS. (2019). *Día Internacional de la Diversidad Biológica*. Retrieved from <https://www.un.org/es/events/biodiversityday/convention.shtml>

Negro, M., Villa, F., R, A., & Círia, P. (1999). *Produccion Y Gestion Del Compost*. (2 1), 31. Retrieved from <http://digital.csic.es/bitstream/10261/16792/1/2000 Compost CIEMAT.pdf>

ONU. (2018). Desarrollo Sostenible. Retrieved April 7, 2019, from Naciones Unidas website: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/>

Orozco, M. J. A. (2017). Abonos orgánicos como alternativa para la conservación y mejoramiento de los suelos. *Corporación Universitaria Lasallista*, 55. Retrieved from [http://repository.lasallista.edu.co/dspace/bitstream/10567/2036/1/Abonos\\_organicos\\_alternativa\\_conservacion\\_mejoramiento\\_suelo.pdf](http://repository.lasallista.edu.co/dspace/bitstream/10567/2036/1/Abonos_organicos_alternativa_conservacion_mejoramiento_suelo.pdf)

Panayiotopoulos, K. P., Kostopoulou, S., & Hat, E. (2004). *Variation of physical and mechanical properties with depth in Alfisols*. 55–63.

Panettieri, M. (2013). Secuestro de carbono y mejora de la calidad del suelo bajo laboreo de

- conservación en condiciones mediterraneas (SO de Andalucía). *Universidad de Sevilla*, 8.
- Perfetti, J. J., & Hernández, A. (2013). *agricultura en Colombia*.
- Piscitelli, M. (2015). Degradación de suelos. Retrieved May 5, 2019, from UNICEN Universidad Nacional Del Centro De La Provincia De Buenos Aires website:  
<https://www.unicen.edu.ar/content/degradación-de-suelos>
- Rahman, Z. A. (2010). *El papel del fósforo en el desarrollo sostenible de la palma de aceite ( Elaeis Guineensis , Jacq .) Producción en suelos tropicales*. 31, 205–218.
- Ramírez, M. A. Y., García, A. G., & Barrera, J. (2003). El Convenio de Estocolmo sobre contaminantes orgánicos persistentes y sus implicaciones para México. *Gaceta Ecológica*, (69), 7–28. <https://doi.org/10.1351/goldbook.S06019>
- Ramirez, W. (2005). *Manejo de Sistemas Agroforestales en Fincas Cafetaleras*. 1–11.
- Rebollo, T. Y., & Brero, V. (2005). *Aproximación a La Historia Y Epistemología Del Concepto De Suelo: Implicaciones Didácticas*. (1993), 1–5.
- Red Ambiental de Asturias. (2019). Artículo : Factores de degradación de suelos. - Portal de Medio Ambiente. *Gobierno Del Principado de Asturias*. Retrieved from  
<https://www.asturias.es/portal/site/medioambiente/menuitem.1340904a2df84e62fe47421ca6108a0c/?vgnextoid=35673dd094de1210VgnVCM10000097030a0aRCRD#>
- Revista Ambiental. (2017). Las 8 clases de suelos que tiene Colombia y para qué sirven. Retrieved May 1, 2019, from Catorce 6 website:  
<https://www.catorce6.com/investigacion/11727-las-8-clases-de-suelos-que-tiene-colombia-y-para-que-sirven>
- Robert, H. (1997). La Importancia Hídrica del Páramo y Aspectos de su Manejo. *Conferencia Electrónica “Estrategias Para La Conservación y Desarrollo Sostenible de Páramos y Punas En La Ecorregión Andina: Experiencias y Perspectivas,”* 1–5.
- Rucks, L., García, F., Kaplán, A., Ponce de León, J., Hill, M., Donahue, R., ... Schickluna, J. (1981). *Introducción a los Suelos y al Crecimiento de las Plantas*. 68.
- Secretaria Distrital del Ambiente. (2011). *GUIA DE TECHOS VERDES*.
- SIAC. (2019a). Erosión - IDEAM. Retrieved April 11, 2019, from Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de Colombia website: <http://www.siac.gov.co/erosion>
- SIAC. (2019b). Erosión - IDEAM. Retrieved March 20, 2019, from Minambiente website: <http://www.siac.gov.co/erosion>
- Silva, S., & Correa, F. (2009). ANÁLISIS DE LA CONTAMINACIÓN DEL SUELO: REVISIÓN DE LA NORMATIVA Y POSIBILIDADES DE REGULACIÓN ECONÓMICA. *Semestre Económico*, 12(23), 13–34. Retrieved from  
<http://www.scielo.org.co/pdf/seec/v12n23/v12n23a2>
- Singh, B. P., & Sainju, U. M. (1998). Soil physical and morphological properties and root growth. *HortScience*, 33(6), 966–971. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.33.6.966>

- The World Bank. (2008). *Informe sobre el Desarrollo Mundial: La Agricultura y el Medio Ambiente*. 2.
- Union Europea. (2014). *Producción Respetuosa en Viticultura*. 11. Retrieved from [http://www.lifesinergia.org/formacion/curso/03\\_impactos\\_ambientales\\_en\\_agr.pdf](http://www.lifesinergia.org/formacion/curso/03_impactos_ambientales_en_agr.pdf)
- Universidad de Florida. (2006). 3. Revisión de normativas. Umbrales de contaminación 165 3.2.- . *World Contaminación y Remediación de Suelos*, 165–166.
- Uribe, F. (2012). *Factores en la degradación del suelo - Hortalizas*. Retrieved from <https://www.hortalizas.com/cultivos/factores-en-la-degradacion-del-suelo/>
- Urrego, Petro, G., Yamhure, K., & Hurado. (2015). *Techos verdes y jardines verticales*.
- Velandia, C. (1998). *SINTESIS DECRETO 879 DE 1998. REGLAMENTARIO DE POT*. 12.
- Zagal, E., & Córdova, C. (2005). Indicadores de Calidad de la Materia Orgánica del Suelo en un Andisol Cultivado. *Agricultura Técnica*, 65(2), 186–197. <https://doi.org/10.4067/S0365-28072005000200008>
- Zuñiga-Violante, E. et al. (2015). *Distribución de contaminantes orgánicos e inorgánicos en el valle agrícola de Maneadero , Baja California , México*. 13–24.
- Zurruta, A., Badii, M., Guillen, A., Lugo, O., & Aguilar, J. (2015). Factores Causantes de Degradación Ambiental. *Daena: International Journal of Good Conscience*, 10(3), 1–9. Retrieved from [http://www.spentamexico.org/v10-n3/A1.10\(3\)1-9.pdf](http://www.spentamexico.org/v10-n3/A1.10(3)1-9.pdf)