

**Estado del Arte del Uso de Biosólidos para la Restauración de Suelos Afectados
por los Cultivos Ilícitos**



Diego Alejandro Rojas Quiñonez

**Corporación Universitaria Autónoma del Cauca
Facultad de Ciencias Ambientales y Desarrollo Sostenible
Programa de Ingeniería Ambiental y Sanitaria
Popayán, Cauca**

2023

**Estado del Arte del Uso de Biosólidos para la Restauración de Suelos Afectados
por los Cultivos Ilícitos**



DIEGO ALEJANDRO ROJAS QUIÑONEZ

**Trabajo de Investigación en la Modalidad de Monografía como Requisito para
optar al Título de Ingeniero Ambiental y Sanitario**

Asesor

Esp. Arnol Arias Hoyos

**Corporación Universitaria Autónoma del Cauca
Facultad de Ciencias Ambientales y Desarrollo Sostenible
Programa de Ingeniería Ambiental y Sanitaria
Popayán, Cauca**

2023

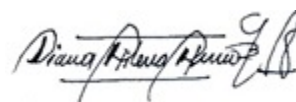
Nota de aceptación

El asesor y los jurados evaluadores del trabajo de grado titulado “**Estado del arte del uso de biosólidos para la restauración de suelos afectados por los cultivos ilícitos**” presentado por **Diego Alejandro Rojas Quiñonez**, hacen constar que ha sido evaluado y aprobado por la Corporación Universitaria Autónoma del Cauca, como requisito para optar por el título de Ingeniero Ambiental y Sanitario.



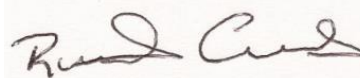
Especialista Arnol Arias Hoyos

Director



Ph. D. Diana Milena Muñoz Solarte

Jurado



Mg. Ronald Édison Cerón

Jurado

Popayán, septiembre de 2023

Dedicatoria

Con amor a:

Melba Quiñonez, mi madre;

Rosa Urbano, mi abuela

Jaime Cuajiboy, mi tío

Agradecimientos

Primeramente, agradecer a Dios, desde muy temprana se me inculco el amor y respeto ante su omnipotencia, agradecer por las bendiciones recibidas que me han permitido seguir este camino.

A la persona más importante en mi vida, mi guía, mi ejemplo de vida y principal responsable de que día a día con esfuerzo amor y paciencia yo como autor intelectual de este proceso haya tenido la fortaleza y ganas de llevar a cabo este sueño que no solo es mío si no también tuyo Melba Quiñonez Urbano.

A mi abuela Rosa Urbano, fuente de amor y valores que influyeron en mi crecimiento personal y mi tío Jaime Cuajiboy el cual admiro mucho siendo una base importante en mi proceso estudiantil, en general gracias a mi familia por su amor, su apoyo incondicional y confianza depositada en mi para hacer mis sueños realidad.

A mi tutor Arnold Arias Hoyos, por sus enseñanzas en mi proceso estudiantil desde el primer semestre hasta el último cursado, gracias por el tiempo dedicado en este proyecto, a sus observaciones y sugerencias para efectos de un trabajo de investigación con rigor académico.

A la comunidad de Llorente, por sus opiniones y aportes para el desarrollo de este trabajo investigativo.

A la Corporación Universitaria Autónoma del Cauca, representada en sus colaboradores, directivos y docentes, por la oportunidad ofrecida para formarme como profesional de la Ingeniería Ambiental y Sanitaria.

A todas aquellas personas que directa e indirectamente han estado involucrados en mi proceso de formación profesional.

Tabla de contenido

	Pág.
INTRODUCCIÓN	17
1.3. Objetivos.....	22
1.3.1. Objetivo General	22
1.3.2. Objetivos Específicos	22
1.4. Justificación	23
Capítulo 2. Estado del Arte	25
2.1. Antecedentes.....	25
2.2. Aspectos Conceptuales	26
2.3. Aspectos Legales	27
Capítulo 3. Metodología	29
3.1. Diseño de la Investigación	29
3.2. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Información.....	29
3.2.1. Revisión Bibliográfica	29
3.2.2. Revisión Bibliométrica	30
3.2.3. Revisión Sistemática	30
3.2.4. Entrevista	31
3.2.5. Método EPM de Evaluación de Impactos	32
3.2.6. Taller	32
3.3. Procedimiento.....	32
3.3.1. Fase 1. Evaluación del Estado actual de la Implementación de Cultivos de Coca en la Zona de Llorente.....	33

3.3.2. Fase 2. Descripción de Resultados de la Implementación de los Biosólidos en la Restauración de Suelos.	35
3.3.3. Fase 3. Identificación de la Viabilidad de la Implementación de los Biosólidos para la Restauración de los Suelos Afectados por los Cultivos Ilícitos en la Zona de Llorente en el Municipio de Tumaco, Nariño	37
3.4. Población y Muestra	39
Capítulo 4. Resultados	41
4.1. Evaluación del Estado Actual de la Implementación de Cultivos de Coca en la Zona de Llorente.....	41
4.1.1. Diagnóstico de los Cultivos Ilícitos	42
4.1.2. Descripción de Impactos Ambientales de los Cultivos Ilícitos sobre el Suelo	50
4.1.3. Percepciones Comunitarias sobre las Afectaciones del Suelo.....	62
4.1.4. Análisis de Impactos sobre el Suelo con Método EPM o Método Arboleda .	65
4.2. Efectividad de los Biosólidos en la Restauración de Suelos en los Contextos Internacional y Nacional	69
4.2.1. Revisión de Antecedentes Internacionales	69
4.2.2. Revisión de Antecedentes Nacionales.....	74
4.2.3. Efectividad de los Biosólidos en Enmienda de Suelos.....	78
4.2.4. Análisis de la Información	82
4.3. Viabilidad de la Implementación de los Biosólidos para la Restauración de Suelos Afectados por los Cultivos Ilícitos en Llorente del Municipio de Tumaco.....	84
4.3.1. Requerimientos para la Viabilidad Técnica	84

4.3.2. Identificación de Viabilidad Social	87
4.3.3. Identificación de la Viabilidad Económica	91
4.3.4. Guía de Orientación a la Comunidad para el Uso de Biosólidos.....	93
Capítulo 5. Conclusiones y Recomendaciones	99
5.1. Conclusiones	99
5.2. Recomendaciones	100
Referencias Bibliográficas.....	102
Anexos	124

Lista de tablas

	Pág.
Tabla 1 <i>Normatividad Relacionada con el Suelo y uso de Biosólidos</i>	27
Tabla 2 <i>Fase 1: Evaluación del Estado actual de la Implementación de Cultivos de Coca</i>	33
Tabla 3 <i>Palabras Clave y Operadores Booleanos para Revisión Bibliométrica</i>	34
Tabla 4 Criterios de Inclusión y Exclusión para la Revisión Bibliométrica de Impactos de los Cultivos Ilícitos sobre el Suelo.....	34
Tabla 5 Criterios de Inclusión y Exclusión para Entrevista de Personas de Llorente....	35
Tabla 6 Fase 2: Descripción de Resultados de la Implementación de los Biosólidos en la Restauración de Suelos	35
Tabla 7 Preguntas Orientadoras para Búsqueda de Artículos sobre uso de Biosólidos en la Restauración de Suelos	36
Tabla 8 Palabras Clave y Operadores Booleanos para Revisión Sistemática	36
Tabla 9 Criterios de Inclusión y Exclusión para Búsqueda de Artículos sobre uso de Biosólidos en la Restauración de Suelos	37
Tabla 10 Fase 3: Evaluación de Viabilidad de la Implementación de los Biosólidos para la Restauración de Suelos afectados por Cultivos ilícitos en Llorente	38
Tabla 11 Criterios de Inclusión y Exclusión para Participantes del Taller de Identificación de Viabilidad de Implementación de Biosólidos en Llorente	39
Tabla 12 Indicadores de Impactos de los Cultivos Ilícitos sobre el Suelo	58
Tabla 13 Formato de Evaluación de Impactos Ambientales del Método EPM-Arboleda	66
Tabla 14 Efectividad de Biosólidos en Enmienda de Suelos en el Mundo.....	78

Tabla 15 Efectividad de Biosólidos en Enmienda de Suelos en Colombia	80
Tabla 16 Requerimientos de Insumos, Equipos y Maquinaria para la Implementación de Biosólidos en Suelos de Llorente	85
Tabla 17 Parámetros Físicos, Químicos y Biológicos de los Biosólidos.....	86
Tabla 18 Requerimientos Económicos para la Implementación de Biosólidos como Enmienda de Suelos en Llorente	92
Tabla 19 Generalidades de la Guía de Orientación de Implementación de Biosólidos .	93
Tabla 20 Fase de Capacitación a la Comunidad de Llorente sobre Biosólidos.....	94
Tabla 21 Fase de Diseño de Proyecto de Restauración de Suelos de Llorente por medio de Biosólidos.....	95
Tabla 22 Fase de Implementación de Restauración de Suelos de Llorente por medio de Biosólidos.....	96

Lista de figuras

	Pág.
Figura 1 Hectáreas Sembradas de Coca en Colombia 2001-2021	42
Figura 2 Hectáreas Sembradas de Coca según Tipo de Área	43
Figura 3 Hectáreas Sembradas de Coca en la Región Pacífica	44
Figura 4 Distribución de la permanencia de los cultivos de coca 2011-2020	45
Figura 5 Principales Enclaves Productivos de Hoja de Coca	46
Figura 6 Hectáreas de Bosques Deforestadas en Colombia 2010-2021	48
Figura 7 Superficie de Cultivos de Coca y Deforestación 2013-2018	49
Figura 8 Distribución de Publicaciones según Base de Datos	50
Figura 9 Distribución de Publicaciones Relevantes según Base de Datos	51
Figura 10 Número de Publicaciones Anuales sobre Impactos Ambientales de los Cultivos Ilícitos sobre el Suelo	51
Figura 11 Publicaciones Anuales sobre Impactos Ambientales de los Cultivos Ilícitos sobre el Suelo según Países de Origen	52
Figura 12 Publicaciones de Impactos Ambientales de los Cultivos Ilícitos sobre el Suelo según Países de Origen en Redalyc	53
Figura 13 Publicaciones de Impactos Ambientales de los Cultivos Ilícitos sobre el Suelo según Países de Origen en Scielo	53
Figura 14 Publicaciones de Impactos Ambientales de los Cultivos Ilícitos sobre el Suelo según Países de Origen en Dialnet	53
Figura 15 Publicaciones de Impactos Ambientales de los Cultivos Ilícitos sobre el Suelo según Países de Origen en Repositorios	54

Figura 16 Publicaciones de Impactos Ambientales de los Cultivos Ilícitos sobre el Suelo según Idioma.....	55
Figura 17 Número de Publicaciones según Tipo de Impactos Ambientales de los Cultivos Ilícitos sobre el Suelo	58
Figura 18 Número de Artículos sobre Uso de Biosólidos en la Restauración de Suelos	69
Figura 19 Número de Artículos Relevantes sobre Uso de Biosólidos en la Restauración de Suelos	70
Figura 20 Número de Artículos Relevantes sobre Uso de Biosólidos en la Restauración de Suelos según Idioma.....	71
Figura 21 Número de Artículos Relevantes Anuales sobre Uso de Biosólidos en la Restauración de Suelos	71
Figura 22 Número de Artículos Relevantes sobre Uso de Biosólidos en la Restauración de Suelos según País de Origen.....	72
Figura 23 Número de Artículos Relevantes sobre Uso de Biosólidos según Propiedad de los Suelos.....	73
Figura 24 Número de Artículos sobre Uso de Biosólidos en la Restauración de Suelos en Colombia	74
Figura 25 Número de Artículos Relevantes sobre Uso de Biosólidos en la Restauración de Suelos en Colombia	75
Figura 26 Número de Artículos Relevantes sobre Uso de Biosólidos en la Restauración de Suelos según Idioma en Colombia.....	76

Figura 27 Número de Artículos Relevantes Anuales sobre Uso de Biosólidos en la Restauración de Suelos en Colombia	76
Figura 28 Número de Artículos Relevantes sobre Uso de Biosólidos según Propiedad de los Suelos.....	77

Lista de anexos

	Pág.
Anexo 1. Entrevista sobre Percepciones de la Comunidad frente al Deterioro y Restauración de Suelos en Zona de Cultivos de Coca	125
Anexo 2. Formato de Consentimiento Informado para Entrevista a Personas de la Comunidad de Llorente.	127
Anexo 3. Formato de Evaluación de Impactos Ambientales Método EPM-Arboleda .	129
Anexo 4. Formato de Guion para Realización de Taller sobre Uso de Biosólidos	131
Anexo 5. Formato de Consentimiento Informado para Taller con Integrantes de las Juntas de Acción Comunal de Llorente.	133
Anexo 6. Enlace de Video: Biosólidos - Documental sobre la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Seapal Puerto Vallarta.....	135
Anexo 7. Enlace de Video sobre Tratamiento y Desinfección de Biosólidos.....	136

RESUMEN

Se presentan los resultados de un estudio cuyo objetivo fue analizar el estado del arte del uso de los biosólidos en los procesos de restauración de suelos como posible alternativa en la zona de Llorente afectada por los cultivos ilícitos de coca. Es una investigación que se basa en una ruta cualitativa basada en técnicas como la revisión bibliométrica, la revisión sistemática, la entrevista, el taller y el método de valoración de impactos ambientales de las Empresas Públicas de Medellín (EPM). Los resultados muestran que los cultivos de coca son un fenómeno que afecta en la actualidad a los suelos de 204 mil hectáreas, dando como resultados impactos tales como la deforestación, la erosión, pérdida de fertilidad, contaminación por sustancias químicas, alteración del pH, reducción de actividad bacteriana, entre otros. Así mismo, se existe abundante literatura representada en 2036 publicaciones que describen indicadores de eficiencia en la enmienda de suelos, principalmente sobre aumento de contenido de macro nutrientes como nitrógeno, fósforo, potasio; micro nutrientes como magnesio, boro, cobre, azufre y otros; de materia orgánica, estabilización del pH, entre otros. A ello se suma una guía de orientación consistente en cinco componentes sobre generalidades, actividades para una capacitación a la comunidad de Llorente, pasos para el diseño de un proyecto de implementación de los biosólidos para la restauración de los suelos. Finalmente, se concluye que los biosólidos son una biotecnología que puede aportar a la enmienda de suelos afectados por la siembra de cultivos de coca y su viabilidad desde el punto de vista técnico y social.

Palabras clave: impactos ambientales, suelos, biosólidos, cultivos de coca.

ABSTRACT

The results of a study whose objective was to analyze the state of the art of the use of biosolids in soil restoration processes as a possible alternative in the Llorente-Colombia area affected by illicit coca crops are presented. It is an investigation that is based on a qualitative route based on techniques such as bibliometric review, systematic review, interview, workshop and the method of assessing environmental impacts of the Public Companies of Medellin (EPM). The results show that coca crops are a phenomenon that currently affects the soils of 204,000 hectares, resulting in impacts such as deforestation, erosion, loss of fertility, contamination by chemical substances, alteration of pH, reduction of bacterial activity, among others. Likewise, there is abundant literature represented in 2036 publications that describe indicators of efficiency in soil amendment, mainly on the increase in the content of macronutrients such as nitrogen, phosphorus, potassium; micro nutrients such as magnesium, boron, copper, sulfur and others; organic matter, pH stabilization, among others. To this is added an orientation guide consisting of five components on generalities, activities for training the Llorente community, steps for the design of a project for the implementation of biosolids for soil restoration. Finally, it is concluded that biosolids are a biotechnology that can contribute to the amendment of soils affected by the planting of coca crops and their viability from the technical and social point of view.

Keywords: environmental impacts, soils, biosolids, coca cultivation.

INTRODUCCIÓN

El suelo es uno de los recursos ambientales más importantes, ya que de este dependen las diversas especies de flora y fauna y las comunidades humanas para su supervivencia y el desarrollo de las actividades sociales, económicas, culturales y políticas (Manjarres et al., 2018). Sin embargo, ante las prácticas humanas inadecuadas, sus condiciones edáficas han sufrido graves alteraciones que han causado pérdida de capacidad productiva de flora, con lo cual se ha puesto en riesgo a las especies animales que se nutren de esta y en algunos casos se ha llegado hasta su extinción (Jiménez y Vega, 2021).

Entre las diversas prácticas que modifican negativamente las condiciones está la siembra de cultivos ilícitos, pues al ser de carácter ilegal no se realizan bajo métodos que permitan hacer mantenimiento o enmiendas con las cuales sea posible una explotación sostenible, dejando como resultado áreas con alteraciones en sus propiedades edáficas consistentes en pérdida de nutrientes, cambio en su textura, porosidad, drenaje, color, entre otras que dificultan el buen desarrollo de las plantas (Chan et al., 2015; Brutti y Vallejos, 2016).

Uno de los cultivos ilícitos de mayor dinamismo en Colombia es el de coca, el cual se implementa principalmente en zonas de selva, causante de graves afectaciones sobre los suelos. Uno de los principales productores es el Departamento de Nariño y al interior de este, municipios como Barbacoas, Maguí Payán, Francisco Pizarro, El Charco, Tumaco, son los que sobresalen (UNODC-SIMCI, 2021). Sin embargo, Tumaco es el que más área sembrada tiene, específicamente en la zona del Corregimiento de Llorente, lo

que le ha valido el reconocimiento del lugar con mayor producción de estupefacientes derivados de esta hoja (UNODC, 2015).

En esta zona, los suelos se han visto afectados por la siembra de coca, sea porque las prácticas agrícolas ilegales no son las adecuadas, como el hecho de ser objeto de contaminación por químicos como el glifosato utilizado para su erradicación por las autoridades, entre otras que han modificado sus propiedades físico-químicas y biológicas (Erasso y Vélez, 2020).

Por otra parte, como alternativa de restauración de suelos o de enmienda, en la actualidad se cuentan con tecnologías como los biosólidos, los cuales son compuestos ricos en nutrientes de procesos en las denominadas plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR) (Escobar, 2010). Se trata de sustratos que bajo la forma de lodos en un principio y sólidos posteriormente por efecto de la deshidratación, secado y desinfección contribuyen a devolverle a los suelos sus propiedades edáficas, incluso a mejorarlas (Manjarres et al., 2018; Chang et al., 2019).

En tal sentido, el presente estudio está orientado a analizar el estado del arte del uso de los biosólidos en los procesos de restauración de suelos como posible alternativa en la zona de Llorente afectada por los cultivos ilícitos de coca. Es un ejercicio investigativo pertinente en tanto describe la problemática que representan estas plantaciones para los suelos y las consecuencias que se derivan sobre la comunidad, además de ofrecer información sobre la efectividad de experiencias internacionales y nacionales sobre el uso de los biosólidos para enmendar suelos. Además, describe una serie de actividades para una aproximación a la viabilidad de restaurar los suelos afectados a través de una guía metodológica.

La metodología es de tipo cualitativo apoyada en la revisión sistemática de antecedentes sobre impactos ambientales de los cultivos ilícitos y de investigaciones de la implementación de biosólidos para la enmienda de suelos, todos sobre una ventana temporal entre 2010 y 2022. Además, se implementan técnicas como la entrevista y un taller con personas de la comunidad de Llorente para conocer de impactos ambientales y beneficios de este tipo de plantaciones.

Capítulo 1. Planteamiento del Problema

Las actividades antrópicas impactan sobre los recursos naturales de diversas maneras, al punto que en algunos casos pueden ser irreversibles y en otros susceptibles de restaurarse mediante tecnologías, algunas convencionales y otras alternativas que son resultado de la exploración de mecanismos y métodos que procuran una remediación ambiental (Barraoui y Labrecque, 2021). Al respecto, uno de los recursos más afectados son los suelos al ser depósito de residuos sólidos y de sustancias líquidas, así como por causa de prácticas agrícolas inadecuadas.

Sobre tales prácticas, el cultivo de coca con fines ilícitos en Colombia es uno de los fenómenos que más impactos negativos genera sobre el ambiente (UNODC, 2015) (Tobon y Restrepo, 2009), sobretodo deforestación, contaminación del suelo y el agua (SIMCI, 2020) y afectaciones en la biodiversidad (UNODC, 2021). Según el IDEAM (2021), la deforestación por causa de este cultivo aumentó en el 44% entre los años 2019 y 2020 al pasar de 158.894 a 171.685 hectáreas de bosques destruidos, con lo cual, los suelos de áreas selváticas cuya capa vegetal es muy delgada quedan expuestos al deterioro (IDEAM, 2021).

Se trata de un fenómeno presente en las zonas de clima cálido tropical, entre las que se encuentra el municipio de Tumaco en el Departamento de Nariño y el Corregimiento de Llorente, el cual desde finales de los años 90 se convirtió en zona cocalera muy reconocida por el alto nivel de área sembrada (Borrero, 2004; Sierra, 2002). En esta zona, los impactos ambientales obedecen a la tala y quema de bosques, además de un proceso deficiente de restauración a causa de la poca fertilidad y al abandono después de dos siembras ante la baja productividad y la evasión a los operativos de las autoridades (Jiménez y Vega, 2021) (UNODC, 2010) dado el agotamiento de sus

nutrientes y contaminación por el uso de sustancias tóxicas tales como cemento, permanganato de potasio, hidróxido de amonio, gasolina, ACPM o petróleo, ácidos sulfúrico y clorhídrico, acetona, metil-etil cetona y acetato de etilo, además del glifosato usado en la erradicación (Landínez, 2017).

Sin embargo, existen investigaciones acerca de tecnologías innovadoras que contribuyen a la restauración de los suelos, entre ellos los biosólidos, que actúan como fertilizante parcial o total provenientes de la descontaminación de agua y de los rellenos sanitarios, que algunas investigaciones demuestran alta eficiencia para mejorar las condiciones edafológicas, especialmente las de tipo orgánico (Potisek et al., 2015; Brutti y Vallejos, 2016; Martín et al., 2019; González et al., 2021).

Estos podrían ser una alternativa para restaurar suelos afectados por los cultivos ilícitos, principalmente en las zonas donde la población campesina de Llorente que depende cultivos para su alimentación, tales como cacao, arroz, hortalizas, maíz, yuca. Se trata de una tecnología que puede aportar a la restauración de los suelos de manera compatible con el medio ambiente (Ramesh, Kathirvel y Selvaraj, 2021) (Loren, 2021) (Harris, Gardner y Pypker, 2021), sin embargo, en la actualidad o al menos en el ámbito regional de la Costa Pacífica de Nariño no se han aprovechado adecuadamente, razón por la cual se plantea el siguiente interrogante:

¿Cómo el estado del arte del uso de los biosólidos para la restauración de los suelos podría implementarse en la zona afectada por los cultivos ilícitos de coca de Llorente?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo General

Analizar el estado del arte del uso de los biosólidos en los procesos de restauración de suelos como posible alternativa en la zona de Llorente afectada por los cultivos ilícitos de coca.

1.3.2. Objetivos Específicos

- Evaluar el estado actual de la implementación de cultivos de coca en la zona de Llorente en el Municipio de Tumaco de cara a la determinación de los impactos sobre el suelo.
- Describir los principales resultados de la implementación de los biosólidos en la restauración de suelos con base en investigaciones realizadas en los contextos internacional y nacional.
- Identificar la viabilidad técnica, social y económica de la implementación de los biosólidos para la restauración de los suelos afectados por los cultivos ilícitos en la zona de Llorente en el Municipio de Tumaco, Nariño.

1.4. Justificación

Conforme al objetivo propuesto, esta propuesta de monografía se justifica porque el uso de biosólidos como alternativa de restauración de suelos pueden contribuir entre otros aspectos al mejoramiento de las condiciones ambientales, sociales y económicas de los territorios, para lo cual, la identificación de resultados obtenidos a raíz de los ejercicios investigativos en los diferentes contextos pueden constituirse en evidencias que pueden servir como orientadores para su implementación en zonas como las que han sido objeto de afectaciones en Colombia.

En tal sentido, es un estudio que adquiere importancia en tanto ofrecerá información para los diferentes grupos de interés de las zonas afectadas por los cultivos ilícitos, aquellos resultados del uso de los lodos y sólidos resultantes de los tratamientos de aguas residuales y de rellenos sanitarios que evidencian una alternativa para que los suelos recobren sus propiedades edafológicas y físico-químicas. En ese sentido, propende por destacar experiencias investigativas en las cuales puede comprenderse cómo estas biotecnologías pueden aportar al logro de los objetivos del desarrollo sostenible propuestos por la (ONU, 2015; Kumar y Hundal, 2016).

Además, es una propuesta que identifica la necesidad de aportar conocimientos acerca de una alternativa de remediación ambiental como son los biosólidos, con lo cual en términos sociales es pertinente para efectos de contribuir a la identificación de estrategias de saneamiento básico (Potisek et al., 2015), de mejoramiento de los suelos con fines agrícolas de cultivos alternativos (Melo, Rodríguez y González, 2017) para garantizar el bienestar de las comunidades, entre ellos las del municipio de Tumaco y en especial en el corregimiento de Llorente.

Finalmente, es una iniciativa de investigación pertinente porque procura identificar la viabilidad de implementar esta alternativa de restauración de suelos a partir del análisis de las condiciones ambientales, sociales y económicas a partir de la percepción de la comunidad de Llorente, las instituciones gubernamentales y organizaciones involucradas en los procesos comunitarios, además de determinar los recursos humanos, materiales y financieros que permitan hacer factible la implementación futura de esta tecnología innovadora (EPA, 2000).

Capítulo 2. Estado del Arte

2.1. Antecedentes

A nivel internacional puede destacarse el estudio de Basta (Basta, y otros, 2016), que indica que al utilizarse los biosólidos en suelos afectados por la erosión y la aridez, aumentaron las actividades enzimáticas del suelo, así como el índice de diversidad de Shannon-Weaver para las gramíneas. Los resultados indican que las parcelas de control tenían el índice de diversidad más bajo, mientras que en las que fueron objeto de aplicación de biosólidos aumentaron ostensiblemente el índice.

Esta biotecnología incrementó el número lombrices, y enriqueció el suelo en elementos como el fósforo y potasio, siendo una alternativa más eficiente que el compost. Otro estudio que evidencia la viabilidad del uso de biosólidos para la restauración de suelos es el de Brutti y Vallejos (Brutti y Vallejos, 2016), que tras un proceso de extracción de una zona de relleno sanitario demostraron altos contenidos de nutrientes como fósforo y potasio, necesarios para el desarrollo de plantas. Al aplicarse sobre suelos pobres, estos compuestos modificaron los contenidos de macroelementos y mejoraron la textura, porosidad y materia orgánica.

A nivel nacional existen estudios como el estudio de Manjarrés et al. (2018), el uso de esta alternativa de restauración contribuyó a que un suelo alcance mayores niveles de fertilidad y condiciones microbiológicas debido al uso de estos compuestos, con lo cual la vegetación comenzó a desarrollarse con mayor eficacia. A este se suma el de Badillo (Badillo, 2019), que muestran la viabilidad de reducción de los impactos negativos de las actividades agrícolas mediante el uso de los lodos activados que facilitan la remoción de materiales suspendidos responsables de problemas de eutrofización en

las aguas, pero que una vez secados corrigen las alteraciones del suelo devolviéndoles sus propiedades edafológicas.

En el ámbito local de Tumaco y regional en el caso de Nariño, de acuerdo con el proceso de revisión bibliográfica no se encontraron estudios que presenten resultados acerca de la implementación de los biosólidos como alternativa de enmienda de suelos. Sin embargo, a nivel de los departamentos de la Región Pacífica puede destacarse el trabajo de Peñarete (Peñarete, 2012), que a partir de biosólidos de la PTAR Cañaveralejo de Cali logró mejorar las propiedades de suelos en cuanto a la corrección del pH, aumento de fósforo, nitrógeno y potasio, entre otros microelementos.

2.2. Aspectos Conceptuales

Se entiende como un cultivo de uso ilícito, aquel que se realiza con el ánimo de hacer un uso prohibido y contra las leyes y en especial, en Colombia, se hace referencia a una serie de cultivos bajo el argumento que no está autorizado por la ley, lo cual implica que los impactos de este en materia social, económica y ambiental están por fuera del amparo de la ley (Mahecha, 2015; Idrovo, 2015).

En lo ambiental, los suelos son uno de los recursos que requiere restauración, un proceso consistente en devolverle sus propiedades físico-químicas y microbiológicas que han sido alteradas a raíz de las actividades antrópicas, con lo cual es factible que la biodiversidad recobre su dinámica biológica (Brown et al., 2020; Schwartz y Smith, 2016).

Ante ello, al interior de las mismas comunidades de influencia de este tipo de cultivos y en aras de restaurar los suelos, podría ser viable el uso de biosólidos, consistentes en productos obtenidos a partir de procesos de estabilización de residuos orgánicos provenientes del tratamiento de las aguas residuales o de rellenos sanitarios

para reducir su nivel de patogenicidad, su poder de fermentación y su capacidad de atracción de vectores (Melo, Rodríguez y González, 2017; Alvarez y Evanylo, 2019).

Por sus propiedades físico-químicas, los biosólidos se constituyen en compuestos que permiten hacer enmiendas de suelos, pues dependiendo del tratamiento de que hayan sido objeto en su estabilización y esterilización aumentan la fertilidad al contener macroelementos como el potasio, el fósforo y el nitrógeno, así como microelementos como el azufre, aluminio, boro, zinc, molibdeno, magnesio y manganeso (Alvarez y Evanylo, 2019).

2.3. Aspectos Legales

Desde el punto de vista legal, este tipo de alternativas pueden articularse a lo establecido en la Constitución Política de Colombia, la Ley 99 de 1993, el Decreto 1287 de 2014 y la Norma Técnica Colombiana (NTC) 5167, entre otras normas nacionales relacionadas con el medio ambiente, el cuidado y la protección de los recursos naturales, entre las cuales pueden considerarse las que se describen en la tabla 1.

Tabla 1

Normatividad Relacionada con el Suelo y uso de Biosólidos

Normas	Descripción
Constitución Política de Colombia	En especial, en el artículo 79 se promulga el derecho de todas las personas que habitan el territorio nacional a gozar de un ambiente sano, por lo que el Estado debe garantizar la participación de la comunidad en las decisiones que puedan afectarlo (Colombia, 1991).
Ley 23 de 1973	Establece los factores responsables del deterioro del suelo, tales como la contaminación, degradación, erosión, revenimiento, entre otros (Colombia, 1973).
Decreto Ley 2811 de 1974	Define los parámetros para el uso de los suelos con base en sus condiciones y factores constitutivos, además de aquellos que permiten identificar el uso potencial y clasificación conforme a factores físicos, ecológicos, y socioeconómicos de un territorio (Colombia, 1974).
Ley 99 de 1993	Es la ley por la cual se expiden y actualiza la regulación sobre el uso del suelo a nivel nacional y sobre el uso de sustancias

Ley 461 de 1998	químicas y biológicas que puedan afectar este recurso, además de formular recomendaciones para su protección, conservación y restauración, aspectos que debe liderar el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS) (Colombia, 1993). Mediante la cual se aprueba la "Convención de las Naciones Unidas de lucha contra la desertificación en los países afectados por sequía grave o desertificación" (SIAC, 2019)
Resolución 0170 de 2009	Expedida por el MADS y es la declaración del año 2009 como año de los suelos y el 17 de junio como Día Nacional de los Suelos; además se le asigna a esta cartera, entre otras, la obligación de formular políticas y expedir normas, directrices e impulsar programas y proyectos dirigidos a la conservación, protección, restauración, recuperación y rehabilitación de los suelos (SIAC, 2019).
Decreto 1287 de 2014	Es el decreto que establece los lineamientos para el uso de biosólidos resultantes de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales (Colombia, 2014).
NTC 5167	Es la Norma Técnica Colombiana que establece los criterios técnicos de productos para la industria agrícola, entre los que están los productos orgánicos como abonos fertilizantes y enmiendas o acondicionamientos de suelo (ICONTEC, 2011).

Capítulo 3. Metodología

Esta investigación sigue una ruta cualitativa, puesto que se apoya en un proceso de revisión sistemática de alcance descriptivo de publicaciones sobre impactos de los cultivos ilícitos sobre los suelos, de la efectividad de los biosólidos como alternativa de restauración, entre otros. Además, se apoya en información sobre las percepciones de las personas involucradas en la problemática que representan las plantaciones de coca.

3.1. Diseño de la Investigación

En principio se trata de una investigación no experimental con alcance descriptivo, caracterizada por la presentación de información sobre un fenómeno natural o social tal como ocurre, sin intervenir para modificarlo (Hernández, Fernández y Baptista, 2014). No obstante, es un estudio que describe información básica como insumo para futuros ejercicios aplicados que puedan contribuir al diseño e implementación de acciones de remediación ambiental en zonas donde los cultivos ilícitos han deteriorado los suelos.

3.2. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Información

Es un estudio que se apoya en seis técnicas que permiten la obtención de información para una aproximación tanto al estado del arte sobre los cultivos ilícitos, los impactos que estos generan sobre el suelo y la existencia de literatura sobre restauración de los mismos a partir del uso de biosólidos, además de los elementos orientadores para una posible implementación de estas alternativas en una zona afectada por tales cultivos.

3.2.1. Revisión Bibliográfica

Consiste en el acopio de datos sobre un tema a partir de la revisión de documentos, caracterizada por la consulta y síntesis de información para efectos de

enriquecer una investigación, lo cual constituye un aparato crítico para el análisis de hechos investigados a partir de otros autores (Rojas, 2011).

3.2.2. Revisión Bibliométrica

Es un método de búsqueda de publicaciones cuyos resultados son indicadores acerca del número, frecuencia, país de origen, número de trabajos según temáticas o autores, entre otros; los cuales permiten generar un compendio de información acerca de la literatura existente sobre un tema que se ha abordado en los diferentes contextos (Ramos, González y Gutiérrez, 2016). Esta revisión sigue pasos tales como:

- **Formulación de las preguntas orientadoras:** las cuales están encaminadas a delimitar la búsqueda de publicaciones según un tema específico.
- **Definición de palabras clave:** son los términos que son comunes a todas las publicaciones relevantes según el tema seleccionado en la pregunta.
- **Definición de ecuaciones de búsqueda:** es la combinación de palabras con operadores que facilitan la búsqueda.
- **Establecimiento de criterios de inclusión y exclusión:** son las condiciones que permiten delimitar la búsqueda según tiempo, tipo de publicación, temas, entre otros.
- **Búsqueda de publicaciones:** es la ejecución de los pasos anteriores que da como resultado un conjunto de publicaciones relacionadas con los temas.
- **Construcción de indicadores:** es la presentación de indicadores que permiten identificar la literatura según año, país, autor, tema, entre otros.

3.2.3. Revisión Sistemática

Es una técnica similar a la revisión bibliométrica, con la diferencia que profundiza sobre los resultados de las distintas publicaciones que constituyen un estado del arte sobre un tema en particular (Beltrán, 2005). Esta requiere de la implementación de los siguientes pasos:

- **Enunciación clara de las preguntas:** que se refiere a interrogantes que orientan la búsqueda de publicaciones.
- **Definición de palabras clave:** que corresponde a los términos que dan cuenta de las variables o categorías esenciales de las publicaciones.
- **Definición de la ecuación de búsqueda:** es la combinación de las palabras clave con base en operadores que aumentan la precisión de la búsqueda.
- **Definición de criterios de inclusión y exclusión:** se refiere a condiciones que le otorgan pertinencia a cada publicación para considerarse válido para el análisis.
- **Extracción de los datos:** es la síntesis de la información para efectos de dar cuenta de la literatura existente sobre un tema:
- **Análisis de indicadores:** es la presentación de datos que muestran cómo se distribuyen las publicaciones según categorías consideradas por el investigador.
- **Presentación de resultados relevantes:** es decir, una explicación de los resultados sobre la eficiencia de los biosólidos en la restauración de suelos.

3.2.4. Entrevista

Es una técnica esencialmente cualitativa basada en la conversación entre dos personas o de forma grupal para obtener información sobre un tema a partir de un conjunto de preguntas destinadas a profundizar mediante opiniones (Vargas, 2012). En este caso se implementa una de tipo semi-estructurado (ver Anexo 1) que facilita la obtención de información precisa bajo preguntas pre establecidas con las que el entrevistador ejerce un control para lograr datos según los propósitos, evitando que el entrevistado tenga margen de maniobra para hablar sobre aspectos irrelevantes (Lucca y Berríos, 2003). De acuerdo con Yuni y Urbano (2014), para evitar la saturación o repetición de información sobre un tema, se sugiere un número de entrevistados que puede ser entre tres y diez cuando todos conocen del problema que se investiga, por lo que en la presente investigación se implementan preguntas a seis participantes. En tal sentido, se elaboró un consentimiento informado (Anexo 2) para dar a conocer el objetivo

de la entrevista y que al firmarlo expresaron su voluntad de participar. Esta entrevista buscó obtener información sobre impactos que algunas personas de la comunidad de Llorente identifican de los cultivos ilícitos en lo ambiental, social y económico y cultural.

3.2.5. Método EPM de Evaluación de Impactos

Se refiere a una propuesta de Arboleda (Arboleda, 2008) que implementan las Empresas Públicas de Medellín (EPM) para efectos de evaluar de forma directa los impactos ambientales que generan los proyectos, obras o actividades según criterios de clase (positivo o negativo), la presencia (probabilidad de ocurrencia), la duración (tiempo de permanencia del impacto), la evolución (tiempo de rapidez en que se alcanza el mayor impacto) y la magnitud (porcentaje de afectación de áreas de interés directo), para lo cual se asignan calificaciones o puntajes, tal como se describen en el Anexo 3.

3.2.6. Taller

En este se requiere de la participación de personas acerca de un tema, donde no solo se aprenden nuevos conocimientos, sino que se implementan para efectos de demostrar los aprendizajes (Mata, 2020). En este caso se invitó a integrantes de las Juntas de Acción Comunal (JAC) de veredas de la zona de Llorente, de las cuales acudieron integrantes de seis de estas organizaciones y por ende conforman una muestra de conveniencia como se explica en el apartado del numeral 3.4. Se ciñó a un guion (Anexo 4) de preguntas y proyección de videos sobre biosólidos, y contando con la participación al firmar formato de consentimiento informado (Anexo 5).

3.3. Procedimiento

El desarrollo de la investigación requirió de doce actividades agrupadas en tres fases, las cuales combinan las técnicas que permiten acopiar y analizar información transformada para el cumplimiento de los objetivos planteados.

3.3.1. Fase 1. Evaluación del Estado actual de la Implementación de Cultivos de Coca en la Zona de Llorente.

Como puede observarse en la tabla 2, consiste en cuatro actividades que requieren de la implementación de cuatro técnicas para una aproximación al estado actual de la implementación de cultivos ilícitos en cuanto a los impactos sobre los suelos.

Tabla 2

Fase 1: Evaluación del Estado actual de la Implementación de Cultivos de Coca

Actividades	Técnicas	Fuentes	Indicadores
Elaboración de diagnóstico de los cultivos ilícitos	Revisión bibliográfica	IDEAM, UNODC, Ministerio de Defensa, otros	<ul style="list-style-type: none"> • Estadísticas de hectáreas cultivables 2010-2022. • Estadísticas de áreas deforestadas.
Evaluación de impactos ambientales de los cultivos ilícitos	Revisión bibliométrica (Ramos, González, & Gutiérrez, 2016)	Dialnet, Scielo y repositorios digitales	<ul style="list-style-type: none"> • Número de publicaciones en el periodo 2010-2022. • Principales afectaciones de cultivos ilícitos sobre los suelos.
Identificación de percepciones comunitarias sobre impactos en el suelo	Entrevista	Habitantes de Llorente	<ul style="list-style-type: none"> • Consecuencias ambientales, sociales y económicas de las deterioro de suelos de Llorente
Análisis de impactos sobre el suelo	Método EPM-Arboleda	Dialnet, Redalyc, Scielo, repositorios y habitantes de Llorente	<ul style="list-style-type: none"> • Indicadores de calidad ambiental de la zona de Llorente a raíz de los cultivos ilícitos.

Para la revisión bibliométrica sobre impactos ambientales en zonas de cultivos ilícitos se parte de las siguientes preguntas orientadoras.

1. ¿Cuántos artículos se han publicado impactos de los cultivos ilícitos sobre los suelos?
2. ¿Cuántos artículos se han publicado anualmente entre 2010 y 2022 impactos de los cultivos ilícitos sobre los suelos?
3. ¿Cuántos artículos se han publicado impactos de los cultivos ilícitos sobre los suelos según país de origen?
4. ¿Cuáles son las afectaciones sobre los suelos que describen los artículos publicados?

Luego, para dar respuesta a estas se establecen las palabras claves en español e inglés y operadores booleanos como los que se presentan en la tabla 3.

Tabla 3

Palabras Clave y Operadores Booleanos para Revisión Bibliométrica

Palabras clave	Operadores booleanos
Impactos; impacts	AND
Suelos; soils	OR
Cultivos ilícitos; illicit cultivation	“ ”
Cultivos de coca; coca cultivation	

Con base en las palabras clave y los operadores booleanos, las ecuaciones de búsqueda son las siguientes:

1. “Impactos **AND** suelos **AND** cultivos **AND** ilícitos **OR** coca”
2. “Impacts **AND** soils **AND** cultivation **AND** illicit **OR** coca”

Además, para delimitar la búsqueda de los artículos, se establecen como criterios de inclusión y exclusión los que se indican en la tabla 4.

Tabla 4

Criterios de Inclusión y Exclusión para la Revisión Bibliométrica de Impactos de los Cultivos Ilícitos sobre el Suelo

Criterios de inclusión	Criterios de exclusión
Artículos en español e inglés sobre impactos de los cultivos ilícitos sobre los suelos.	Artículos sobre sobre impactos de los cultivos ilícitos sobre los suelos en otros idiomas.
Artículos publicados en el periodo 2010 y 2022.	Artículos publicados antes de 2010 y posteriores a 2022.
Artículos de investigación, revisión y tesis de maestría y doctorado sobre impactos de los cultivos ilícitos sobre los suelos.	Publicaciones diferentes a artículos de investigación, revisión y tesis de maestría y doctorado, así como de otros cultivos.
Artículos con disponibilidad de resumen y/o abstract.	Estudios sin resumen y/o abstract o sin acceso a estos.
Artículos con indicadores de afectaciones de los cultivos ilícitos sobre los suelos.	Artículos sin indicadores de afectaciones de los cultivos ilícitos sobre los suelos.

En cuanto a la entrevista, se realizó con personas de la comunidad que cumplieron con los criterios de inclusión y exclusión descritos en la tabla 5.

Tabla 5

Criterios de Inclusión y Exclusión para Entrevista de Personas de Llorente

Criterios de inclusión	Criterios de exclusión
Personas mayores de 18 años	Personas menores de 18 años
Personas que habitan permanentemente en Llorente	Personas que habitan temporalmente en Llorente
Personas que hayan firmado el consentimiento informado	Personas que no hayan firmado el consentimiento informado

3.3.2. Fase 2. Descripción de Resultados de la Implementación de los Biosólidos en la Restauración de Suelos.

Tal como se muestra en la tabla 6, requiere de la implementación de cuatro actividades apoyadas en la revisión sistemática como técnica principal para la búsqueda de publicaciones en bases de datos.

Tabla 6

Fase 2: Descripción de Resultados de la Implementación de los Biosólidos en la Restauración de Suelos

Actividades	Técnicas	Fuentes	Indicadores
Revisión de antecedentes internacionales		Bases de datos Springer, Scopus, ScienceDirect	•Número de publicaciones en el periodo 2010-2022 en el mundo y en Colombia.
Revisión de antecedentes nacionales	Revisión sistemática (Beltrán, 2005)	Bases de datos (Dialnet, Redalyc, Scielo)	
Efectividad de los biosólidos en restauración de suelos		Bases de datos Springer, Scopus, ScienceDirect	•Indicadores de efectividad de los biosólidos en restauración de suelos.
Análisis de la efectividad		(Dialnet, Redalyc, Scielo)	

Con base en los pasos descritos en el numeral 3.2.3., para la revisión sistemática sobre artículos científicos relacionados con el uso de los biosólidos en restauración de suelos, las preguntas orientadoras son las que se presentan en la tabla 7.

Tabla 7

Preguntas Orientadoras para Búsqueda de Artículos sobre uso de Biosólidos en la Restauración de Suelos

Preguntas	Objetivos
1. ¿Cuál es el número de artículos publicados sobre uso de biosólidos para restauración de suelos?	Identificar el número de artículos publicados sobre uso de biosólidos para restauración de suelos.
2. ¿Cuál es el número de artículos publicados anualmente entre 2010 y 2022 sobre uso de biosólidos para restauración de suelos?	Determinar el número de artículos publicados anualmente entre 2010 y 2022 sobre uso de biosólidos para restauración de suelos.
3. ¿Cuál es el número de artículos se han publicado sobre sobre uso de biosólidos para restauración de suelos según país de origen?	Determinar el número de artículos publicados sobre sobre uso de biosólidos para restauración de suelos según país de origen.
4. ¿Cuál es la eficiencia que presentan los estudios sobre uso biosólidos en la restauración de suelos?	Describir los resultados sobre eficiencia de los biosólidos en la restauración de suelos.

Conforme a las anteriores preguntas, en la tabla 8 se presentan las palabras clave en español, portugués e inglés, así como operadores booleanos que orientan la búsqueda de las publicaciones en los motores de búsqueda de las bases de datos.

Tabla 8

Palabras Clave y Operadores Booleanos para Revisión Sistemática

Palabras clave	Operadores booleanos
Restauración; restauração; restoration	AND
Enmienda; emendas; amendment	OR
Biosólidos; bio-solidos; biosolids	“ ”
Suelos; solos; soils	
Cultivos ilícitos; plantações ilícitas; illicit crops.	
Cultivos de coca, plantações de coca; crops coca	

A partir de las palabras clave y los operadores booleanos descritos en la tabla anterior, las ecuaciones de búsqueda que se digitaron en los motores de búsqueda de las bases de datos son las siguientes.

1. “Restauración **OR** enmienda **AND** suelos **AND** biosólidos **AND** cultivos **AND** ilícitos **OR** coca”
2. “Restauração **OR** emendas **AND** solos **AND** bio-solidos **AND** plantações **OR** ilícitas **OR** coca”
3. “Restoration **OR** amendment **AND** soils **AND** biosolids **AND** cultivation **AND** illicit **OR** coca”

Así mismo, en aras de una delimitación efectiva de los artículos que tratan sobre el uso de biosólidos para la restauración de suelos, se establecen como criterios de inclusión y exclusión los que se indican en la tabla 9.

Tabla 9

Criterios de Inclusión y Exclusión para Búsqueda de Artículos sobre uso de Biosólidos en la Restauración de Suelos

Preguntas	Objetivos
1. ¿ Artículos en español, portugués e inglés sobre uso de biosólidos para restauración de suelos?	Artículos sobre sobre uso de biosólidos para restauración de suelos en otros idiomas.
Artículos publicados en el periodo 2010 y 2022.	Artículos publicados antes de 2010 y posteriores a 2022.
Artículos de resultados de investigación sobre uso de biosólidos para restauración de suelos.	Publicaciones diferentes a artículos de investigación sobre uso de biosólidos para restauración de suelos
Artículos con disponibilidad de resumen.	Estudios sin resumen y/o abstract o sin acceso.
Artículos con indicadores de eficiencia de los biosólidos en restauración de suelos.	Artículos que no describan indicadores de eficiencia de los biosólidos para restaurar suelos.

3.3.3. Fase 3. Identificación de la Viabilidad de la Implementación de los Biosólidos para la Restauración de los Suelos Afectados por los Cultivos Ilícitos en la Zona de Llorente en el Municipio de Tumaco, Nariño

Esta fase requirió de cuatro actividades cuya información fue producto de técnicas como la revisión bibliográfica de trabajos de grado sobre uso de biosólidos para determinar los requerimientos técnicos, así como de estimación de costos. En este caso

se indagó sobre trabajos de grado en la modalidad de maestría o doctorado que se hayan realizado en el país y que hayan demostrado alta eficiencia en la restauración de suelos.

Así mismo, cabe destacar que se realizó un taller con habitantes de la comunidad de Llorente que habitan en zonas de siembra y explotación de cultivos de hoja de coca para la producción de estupefacientes, con lo cual se logró conocer sus disposiciones de participar de un eventual proceso de restauración de los suelos mediante la biotecnología mencionada. Las actividades, técnicas, fuentes e indicadores que han hecho parte de esta fase de la investigación son los de la tabla 10, con lo cual se ha logrado generar una guía de orientación para la comunidad.

Tabla 10

Fase 3: Evaluación de Viabilidad de la Implementación de los Biosólidos para la Restauración de Suelos afectados por Cultivos ilícitos en Llorente

Actividades	Técnicas	Fuentes	Indicadores
Identificación de requerimientos técnicos	Revisión bibliográfica	Repositorios digitales de trabajos de grado	<ul style="list-style-type: none"> •Listado de insumos y equipos. •Mecanismos de obtención de biosólidos.
Identificación de viabilidad social	Taller	Habitantes de Llorente	<ul style="list-style-type: none"> •Opiniones a favor o en contra del uso de biosólidos en Llorente. •Listado de organizaciones dispuestas a participar de la restauración de suelos. •Estimación de costos de biosólidos.
Identificación de la viabilidad económica	Taller Revisión bibliográfica	Habitantes de Llorente Repositorios digitales de trabajos de grado	<ul style="list-style-type: none"> •Estimación de costos de transporte. •Estimación de costos de mano de obra. •Estimación de costos de equipos y materiales.
Elaboración de guía de orientación de uso de biosólidos	Revisión bibliográfica	Repositorios digitales de trabajos de grado	<ul style="list-style-type: none"> •Componentes de la guía •Guía de orientación para uso de biosólidos en restauración de suelos

Para la realización del taller se tuvo en cuenta criterios de inclusión y exclusión como los señalados en la tabla 11.

Tabla 11

Criterios de Inclusión y Exclusión para Participantes del Taller de Identificación de Viabilidad de Implementación de Biosólidos en Llorente

Criterios de inclusión	Criterios de exclusión
Personas mayores de 18 años	Personas menores de 18 años
Personas que habitan permanentemente en Llorente	Personas que habitan temporalmente en Llorente
Personas que hayan firmado el consentimiento informado	Personas que no hayan firmado el consentimiento informado

3.4. Población y Muestra

De acuerdo con las proyecciones del DANE (2020), a finales de 2022 el Distrito de San Andrés de Tumaco¹ contaba con una población de 253.637 habitantes. De estos, 22 mil según Vivian en el Corregimiento de Llorente, distribuidos en siete mil con domicilio en el área urbana y 15 mil en la zona rural (Alcaldía de Tumaco, 2022). De esta población de Llorente, para la realización de la entrevista sobre impactos de los cultivos ilícitos en lo social, ambiental y económico, se contó con la participación de seis líderes, mientras que en el taller de socialización de obtención, estabilización y tratamiento de biosólidos, además de algunos resultados de estudios sobre eficiencia en la restauración de suelos, participaron 16 personas de seis JAC del corregimiento.

Al considerarse este número reducido de personas de una población que supera los 20 mil habitantes, puede afirmarse que se trata de una muestra de intencionada o de conveniencia, que según Romero et al. (2017) son válidas en el sentido que unos pocos individuos conocedores de un problema pueden dar cuenta del mismo y son pertinentes

¹ Oficialmente es un distrito, elevado a tal categoría mediante la Ley 02 de 2018, por la cual Buenaventura y Tumaco se organizan como Distritos Especiales, Industriales, Portuarios, Biodiversos y Ecoturísticos (Colombia, 2018).

por criterios prácticos, tales como la disponibilidad y facilidad de participación, proximidad geográfica, voluntad que presentan las personas y el alcance temporal y espacial para el investigador. Además, según Morales (2012), cuando se trata de implementar técnicas cualitativas como las entrevistas, grupos focales o talleres, se recomienda un número que puede oscilar entre cinco y 10 personas, pues con ello se evita la saturación u obtención de información repetitiva que poco aporta a la comprensión de un fenómeno social.

Capítulo 4. Resultados

Como producto de la implementación de cada una de las actividades de las tres fases descritas en el capítulo anterior, se ha logrado establecer una evaluación del estado actual de los cultivos ilícitos y en específico de coca en Colombia y en Llorente. También se ha identificado en los biosólidos una alternativa biotecnológica para la restauración de los suelos que pueden utilizarse en la mencionada zona afectada por tales plantaciones. Así mismo, se describen aspectos que demuestran la viabilidad de un proceso de enmienda de los suelos mediante una guía de orientación para la comunidad.

4.1. Evaluación del Estado Actual de la Implementación de Cultivos de Coca en la Zona de Llorente.

Desde la década de 1980, tiempo en el cual se comienza a fortalecer la producción de narcóticos en el país, especialmente de cocaína, la extensión sembrada de plantas de coca ha presentado un crecimiento en los territorios, principalmente en las zonas de clima tropical húmedo correspondiente a áreas selváticas (García, 2014).

Se trata de un cultivo que a pesar del accionar de las Fuerzas Armadas para, la interdicción de medios de transporte del alcaloide hacia el extranjero, la erradicación mediante fumigación aérea y manual, la implementación de programas de sustitución, entre otras estrategias, sigue siendo una problemática social, económica y ambiental (Gómez & Sastoque, 2019).

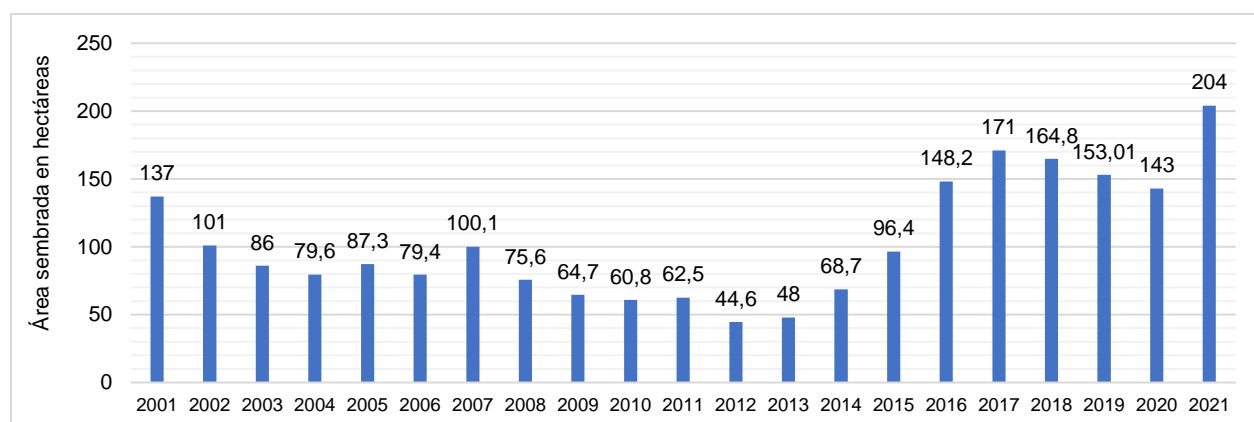
Conforme a ello, a continuación, se presenta una aproximación al estado de estos cultivos desde la perspectiva ambiental y básicamente sobre los impactos que causan sobre los suelos.

4.1.1. Diagnóstico de los Cultivos Ilícitos

De acuerdo con estadísticas de la Oficina de las Naciones Unidas contra la Droga y el Delito (UNODC) y el Sistema Integrado de Monitoreo de Cultivos Ilícitos (SIMCI), el cultivo de coca en Colombia con destino a la producción de estupefacientes ha presentado altibajos en las áreas sembradas, siendo 2012 el año en donde se presentó la mayor reducción y 2021 como el que más creció al alcanzarse 204 mil hectáreas, lo que en los últimos dos años ha generado alertas debido al incremento de la producción de cocaína (ver figura 1).

Figura 1

Hectáreas Sembradas de Coca en Colombia 2001-2021



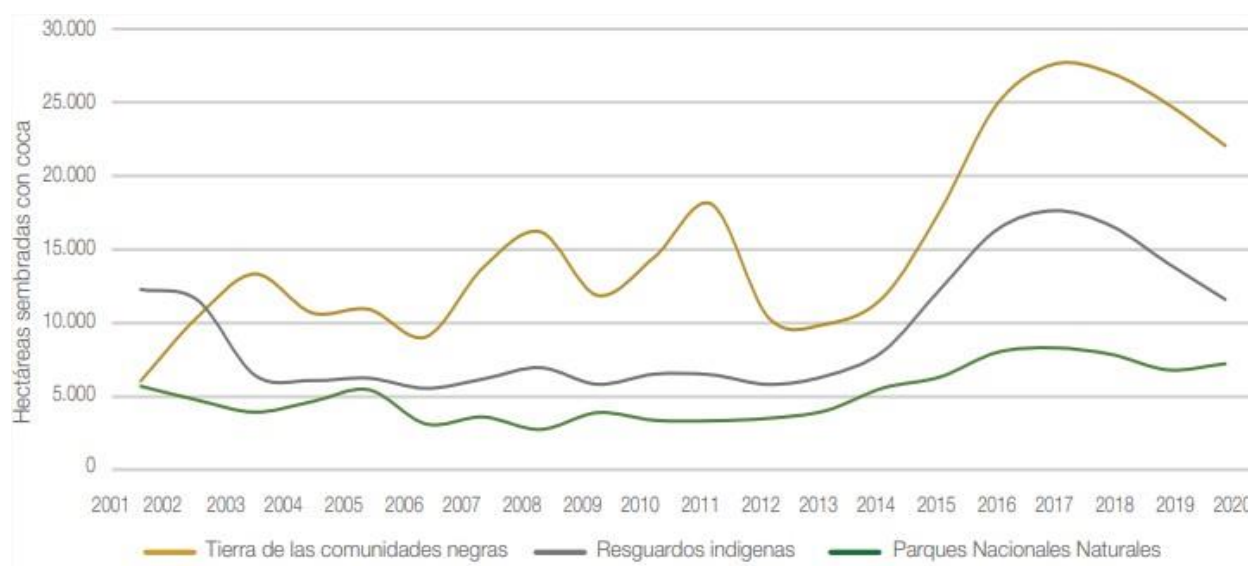
Fuente: elaboración a partir de estadísticas de UNODC y SIMCI (2021)

Los datos anteriores muestran que entre 2012 y 2021 los cultivos experimentaron un crecimiento del 357,4%, representando un grave problema debido a que en las zonas selváticas del país la deforestación para su implantación es la principal consecuencia. La repercusión de esta práctica ilegal y ambientalmente agresiva no es solo sobre los ecosistemas, sino que afecta las condiciones de vida de comunidades vulnerables como las indígenas y negras que habitan en resguardos y reservas naturales de alta importancia en tanto albergan gran parte de la biodiversidad del país.

Como producto de la ampliación de estos cultivos, en Colombia son los territorios de las comunidades negras los que en mayor medida han sido impactados, al punto que en 2017 existían cerca de 28 mil hectáreas sembradas, seguido de las zonas con población indígena con 17 mil y las de parques naturales con 8 mil, tal como se indica la figura 2 en la que muestra la evolución de las hectáreas sembradas según las tres áreas.

Figura 2

Hectáreas Sembradas de Coca según Tipo de Área



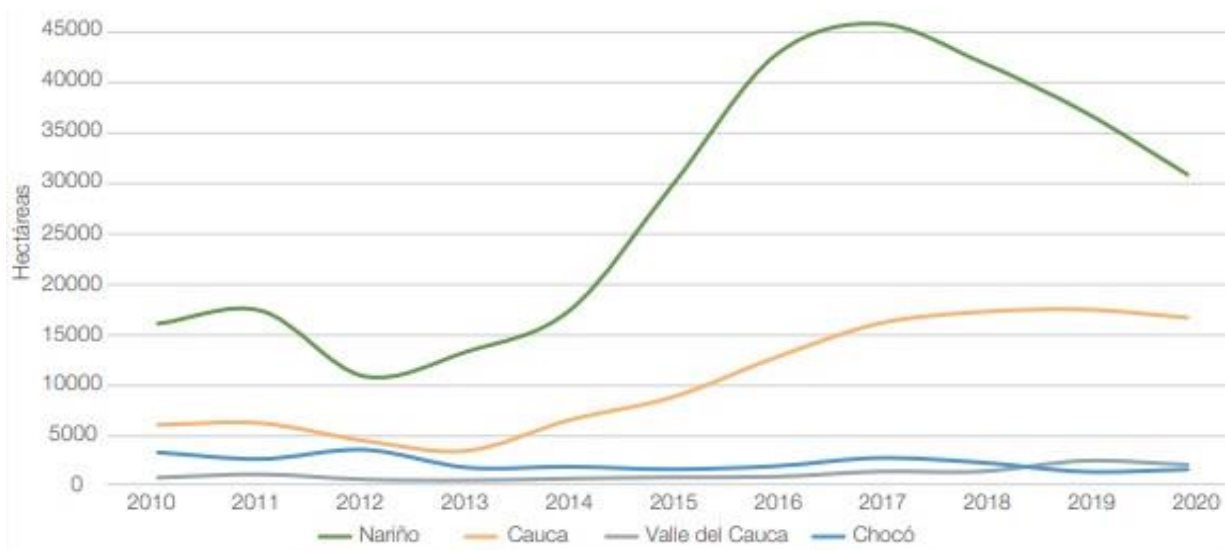
Fuente: UNODC-SIMCI (2021)

En la Región Pacífico, Nariño es el que mayor participación en cultivos de coca presenta entre los cuatro departamentos que la componen. Esto teniendo en cuenta que según las estadísticas de UNODC-SIMCI (UNODC-SIMCI, 2021), la extensión sembrada ha experimentado un crecimiento vertiginoso desde 2012, pues si se compara el área de ese año con la de 2017, la variación es del 266,1% y del 181,3% al tener en cuenta el área de 2020, lo que ha hecho de esta zona del país el mayor productor durante la década de 2010, aunque en la actualidad es superado por Norte de Santander en 10 mil hectáreas, pues cuenta con un total de 41.500.

Otro de los departamentos que ha presentado grandes extensiones es el Cauca que desde 2013 ha mostrado una tendencia que lo ha situado en el segundo lugar en la Región Pacífica y cuarto a nivel nacional, aproximándose a las 18 mil hectáreas detrás de Putumayo con 21 hectáreas.

Figura 3

Hectáreas Sembradas de Coca en la Región Pacífica



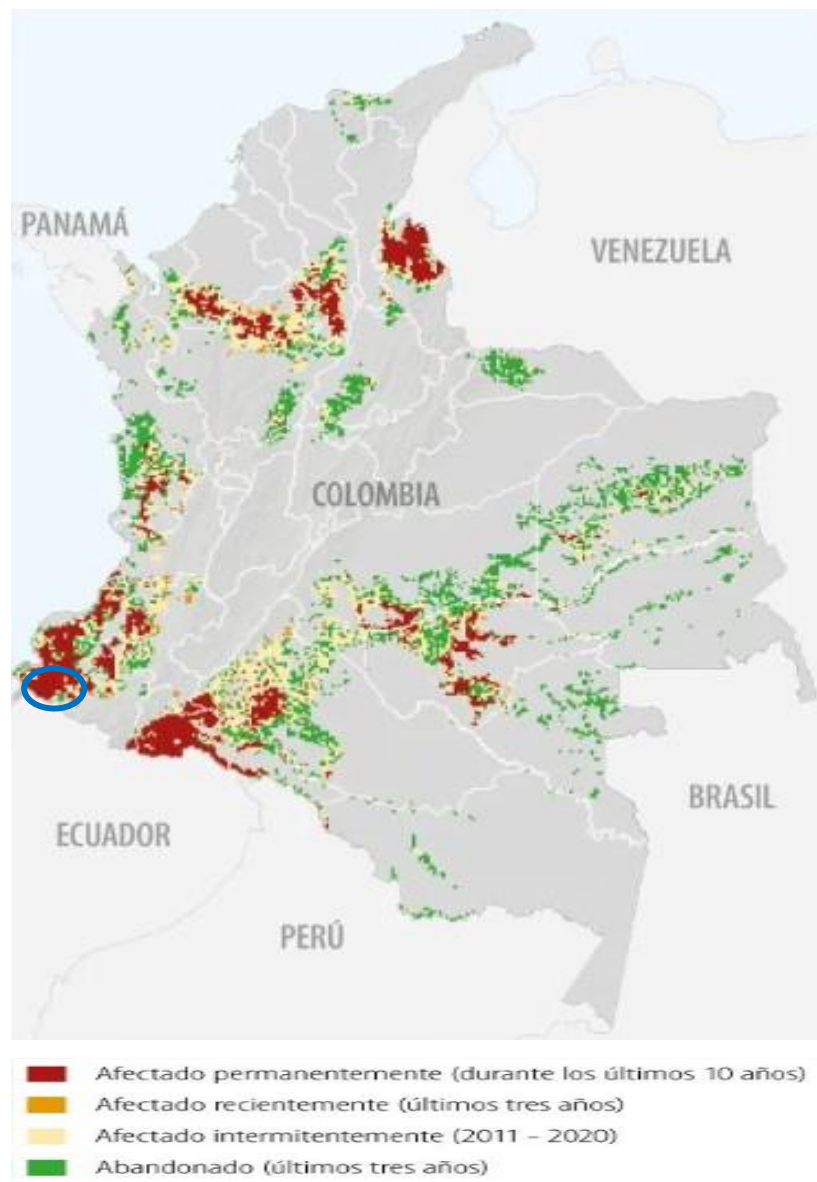
Fuente: UNODC-SIMCI (2021)

Si bien es un cultivo diseminado en gran parte del territorio nacional y sobre todo en las zonas cuyo clima cálido húmedo es apto para el desarrollo de los arbustos de coca, son las zonas de la Costa Pacífica de Nariño Caucana, la del Catatumbo en Norte de Santander, el sur del Putumayo y Caquetá, el noreste de Antioquia y el sur de Bolívar las que mayor extensión presentan, a las que se han sumado áreas en los departamentos del Meta y Guaviare como se indica en la figura 4.

Es una actividad ilegal que ha prevalecido principalmente porque la población campesina la sigue implementando como fuente de ingresos, pero sobre todo como financiadora del accionar de los grupos armados ilegales en los territorios alejados del centro del país (Espitia y González, 2022).

Figura 4

Distribución de la permanencia de los cultivos de coca 2011-2020



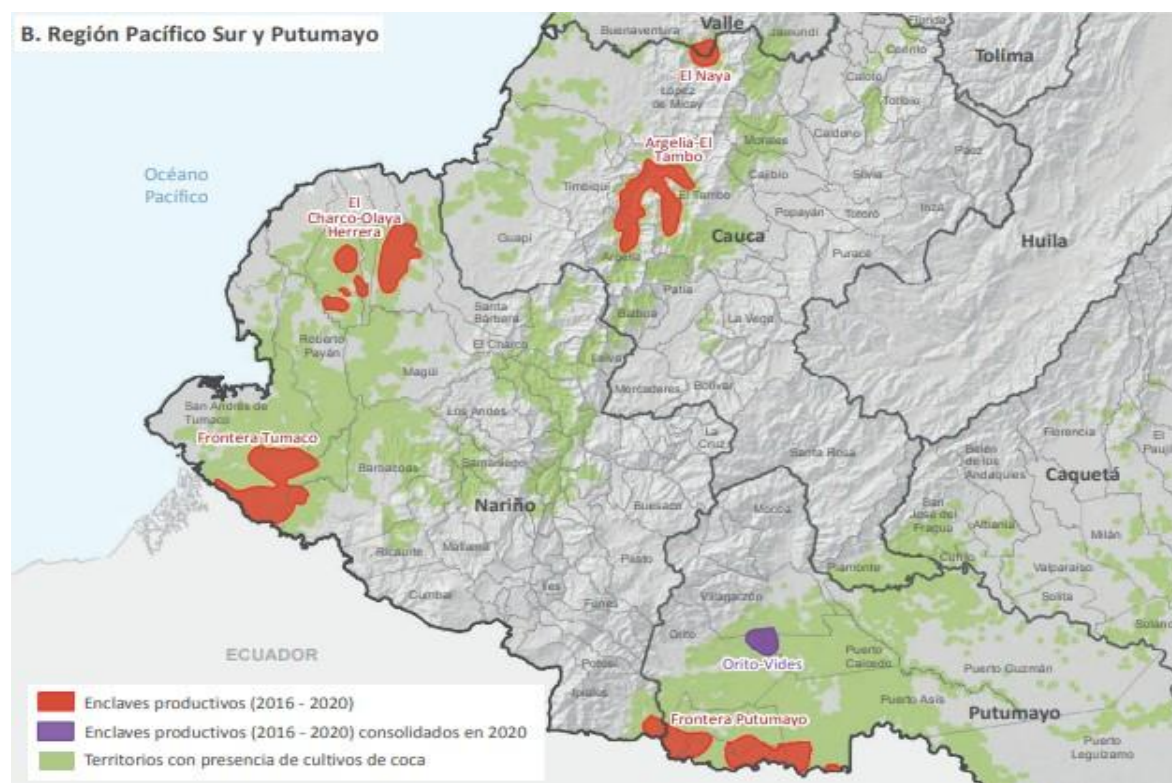
Fuente: UNODC-SIMCI (2021)

Lo anterior permite comprender que la zona de Tumaco (señalada en el círculo azul), es una de las más grandes productoras de hoja de coca, lo que hace de este el segundo ente territorial de tercer nivel que más extensión presenta con 19.526 hectáreas, detrás de Tibú en Norte de Santander con 22 mil.

En cuanto al Corregimiento de Llorente, puede afirmarse que al interior del Distrito de Tumaco es la zona que presenta mayor extensión de siembras de coca (12.325), al punto que los cultivos llegan hasta la frontera con Ecuador, como lo muestra la figura 5.

Figura 5

Principales Enclaves Productivos de Hoja de Coca



Fuente: UNODC-SIMCI (2021)

Los anteriores indicadores muestran un problema que reviste gravedad en lo social, económico, político y principalmente ambiental, ya que la práctica del cultivo de hoja de coca con fines ilícitos altera las condiciones de los ecosistemas, tanto de acuíferos como suelos y la diversidad de flora y fauna (UNODC, 2015; IDEAM, 2021).

En lo social, porque altera el tejido comunitario de la zona en razón a los cambios en la cultura por el flujo de personas foráneas con nuevas prácticas como la prostitución, la ilegalidad, la presencia de grupos armados ilegales, entre otros (Mingorance et al., 2018). En lo económico, porque ha sustituido las fuentes de ingreso lícitas por una de

carácter ilegal que ha acostumbrado a la población local desde hace más de dos décadas a depender de la producción de otras regiones para garantizar su alimentación, con lo cual la autonomía en esta materia prácticamente se ha eliminado en las zonas que antes de la coca producción arroz, plátanos, maíz, yuca y otros (Espitia y González, 2022).

Con respecto al ámbito político, los cultivos de coca con fines ilícitos afectan el ejercicio de las autoridades en la zona, pues al ser una actividad que financia grupos armados ilegales, los alcaldes, los líderes sociales y ambientales no pueden cumplir con sus funciones y las comunidades no logran contar con la presencia de las instituciones del Estado (García, 2014).

Sobre lo ambiental, las afectaciones son múltiples, comenzando por la deforestación, la contaminación de suelos y acuíferos, alteraciones en el desarrollo de las especies de fauna que deben desplazarse a otras áreas, problemas en la cadena trófica, entre otros que hacen que la calidad ambiental sufra cambios negativos significativos (Forero y Polanco, 2021).

La deforestación es uno de los principales impactos, máxime cuando por efecto del accionar de las Fuerzas Militares los cultivadores cada vez se introducen a zonas más alejadas en donde los bosques son vírgenes y la capa vegetal del suelo es delgada debido a su proceso de formación geológica poco desarrollada, dejándolo expuesto a la erosión por causa de las lluvias, el viento y la remoción de masa o deslizamientos a causa de la gravedad y la ausencia de raíces retenedoras (Jiménez y Vega, 2021).

Además, en vista que son suelos sin vocación productiva, que no son objeto de enmienda o de aplicación de suplementos, en la medida que el rendimiento en la producción de hoja de coca se reduce son abandonados, prácticamente inservibles para

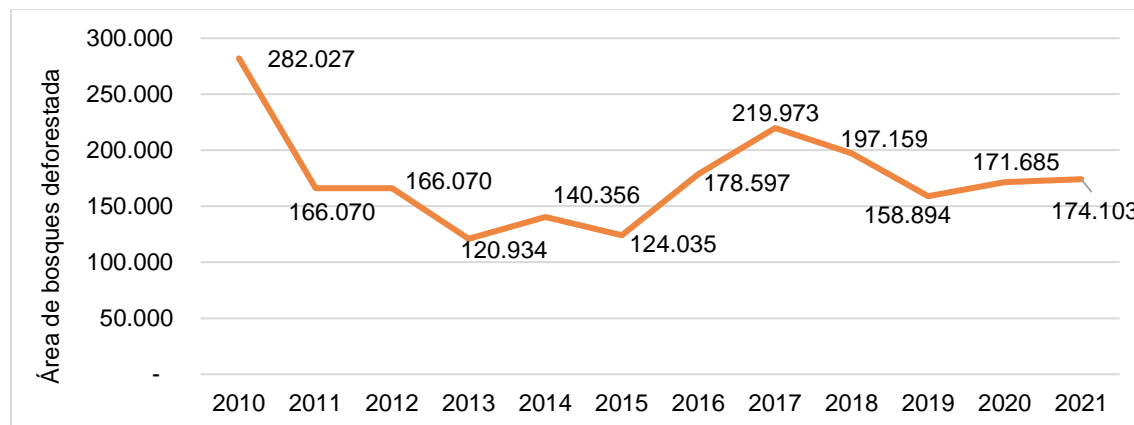
otro tipo de cultivos que permitan reforestarlos, ante lo cual solo plantas de bajo crecimiento son las que sustituyen a los bosques primarios que han sido talados, lo que ambientalmente demora varios años (Tobon y Restrepo, 2009) (García, 2014).

Aunque en Colombia la deforestación no solo se debe a la siembra de cultivos de coca, puede considerarse como la que más contribuye a la problemática, sobre todo porque se ha venido presentando en zonas vulnerables como las selvas del país que albergan ecosistemas vulnerables, además de ser espacios en donde habitan comunidades indígenas y negras cuyo bienestar depende en su mayoría de los recursos naturales (Forero y Polanco, 2021).

De acuerdo con los datos de la figura 6 que corresponde a información del IDEAM (2018), entre 2010 y 2015 se presentó una desaceleración en la superficie deforestada, pues mientras en el primer año se superó las 280 mil hectáreas, en 2015 se alcanzó 124 mil, aunque en adelante presentó un repunte hasta 2017 cuando se deforestaron cerca de 220 mil hectáreas y luego un nuevo descenso hasta llegar a las 174 mil en 2021.

Figura 6

Hectáreas de Bosques Deforestadas en Colombia 2010-2021

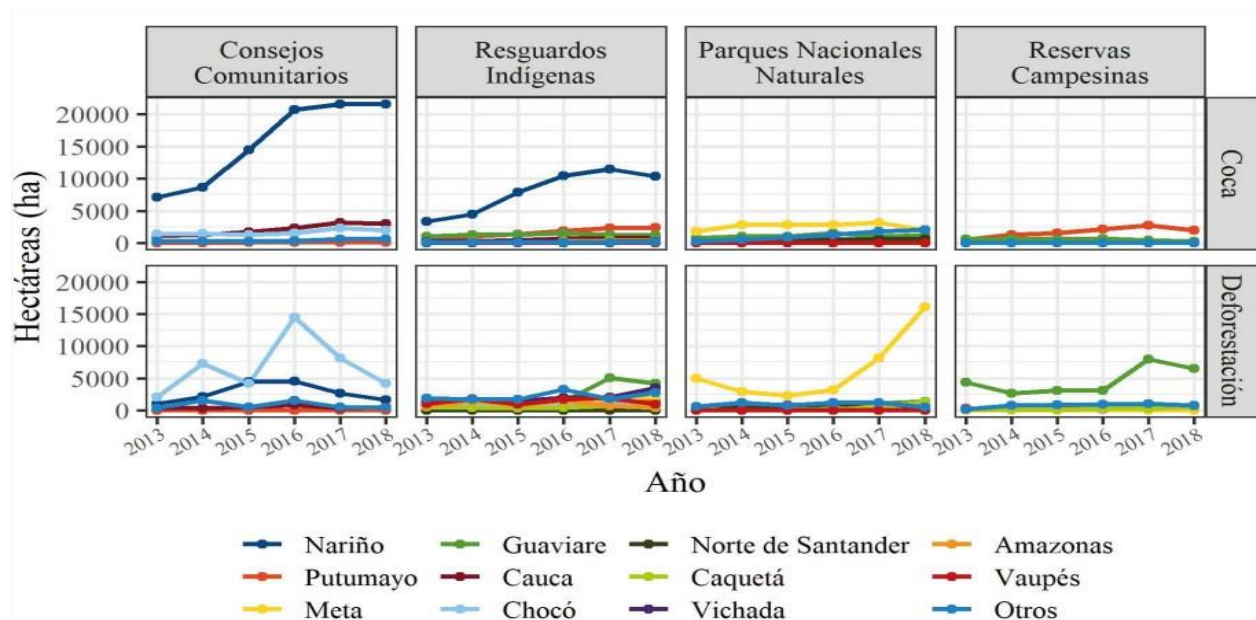


Fuente: IDEAM (2018)

En el caso específico de los cultivos de coca, hasta el año 2018 Nariño ocupaba el primer lugar en áreas sembradas de coca en zonas de resguardos indígenas y consejos comunitarios de las negritudes al superar las 10 mil y 20 mil hectáreas respectivamente (Erasso & Vélez, 2020), y entre 2019 y 2020 13,4 mil y 16,2 mil hectáreas (UNODC-SIMCI, 2021). Mientras que en deforestación ocupa el cuarto lugar, después de Meta, Chocó y Guaviare, tal como lo indica la figura 7.

Figura 7

Superficie de Cultivos de Coca y Deforestación 2013-2018



Fuente: Erasso y Vélez (2021)

Hacia el año 2020, la deforestación causada por los cultivos de coca fue de 13 mil hectáreas, las cuales representan cerca del 8% del total a nivel nacional por las distintas actividades, entre las que pueden destacarse la ampliación de la frontera agrícola para ganadería, la actividad maderera y la minería ilegal como las que en mayor medida afectaron las áreas de bosques naturales en el país y en especial de zonas de selva (Jones, 2021). En general, puede observarse que los cultivos de coca han experimentado crecimiento en el territorio nacional en los últimos tres años, siendo Nariño el segundo

departamento con mayor extensión y Tumaco uno de los entes territoriales que alberga una actividad económica ilegal que impacta sobre el medio ambiente y entre los recursos más afectados el suelo a causa de la deforestación que causan estas plantaciones.

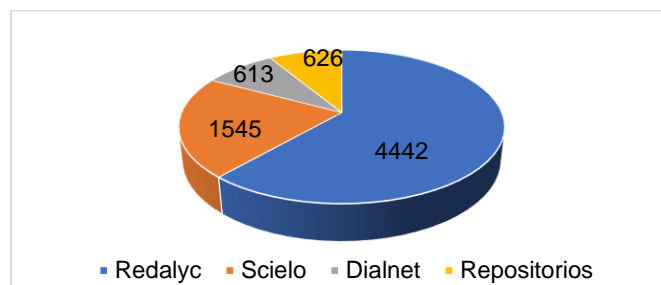
4.1.2. Descripción de Impactos Ambientales de los Cultivos Ilícitos sobre el Suelo

La deforestación es el impacto inmediato que se presenta a raíz de los cultivos de coca, pero de este y de las actividades de explotación y transformación de la hoja con fines ilícitos se derivan otros que a la luz de la literatura existente demuestran la gravedad que representa para los suelos en las zonas de tales plantaciones.

A raíz de la búsqueda en las bases de datos Dialnet, Redalyc, Scielo y repositorios digitales siguiendo las ecuaciones de búsqueda descritas en la primera descrita en el capítulo anterior, inicialmente se encontró un total de 7.226 publicaciones que hacen referencia a impactos de los cultivos sobre los suelos, de las cuales el 61,5% están disponibles en Redalyc, 21,3% en Scielo, 8,7% en repositorios digitales de universidades y 8,5% en Dialnet, los cuales son porcentajes que se derivan del número de trabajos que indica la figura 8 según cada base de datos.

Figura 8

Distribución de Publicaciones según Base de Datos

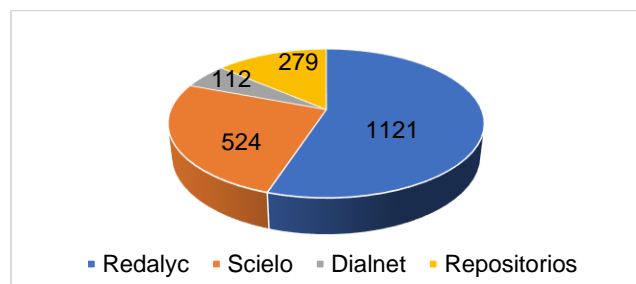


Luego, al aplicarse los criterios de inclusión y exclusión la búsqueda arrojó un total de 2036 publicaciones relevantes, que de acuerdo con el número de trabajos por cada

base de datos de la figura 9, el 55,1% están disponibles en Redalyc, el 25,7% en Scielo, el 5,5% en Dialnet y el 13,7% en los repositorios digitales de universidades bajo la forma de tesis de maestría y doctorado.

Figura 9

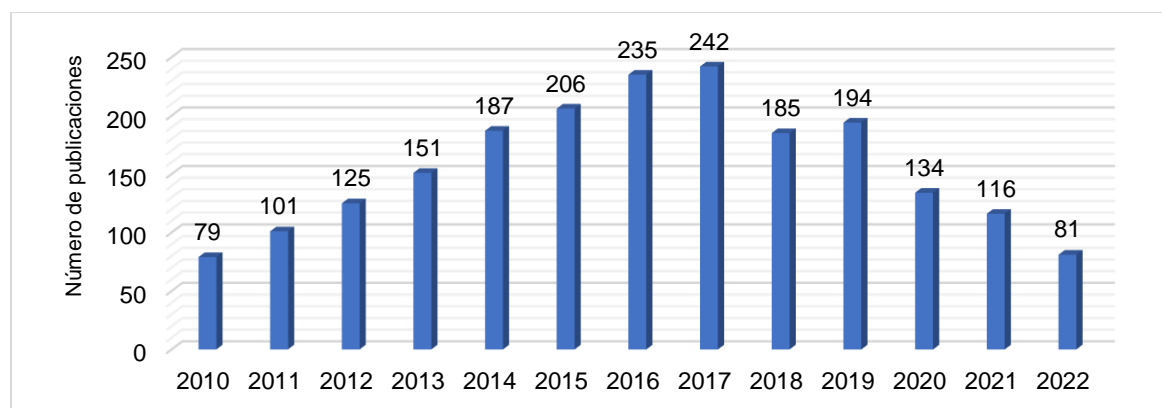
Distribución de Publicaciones Relevantes según Base de Datos



Sobre el número de publicaciones anuales, en la figura 10 puede observarse que entre 2015 y 2017 se concentran el 33,5%, siendo 2017 el año en que más se realizaron investigaciones, las cuales representan el 12% del total del periodo, seguido del año 2016 con el 11,5% y 2015 con el 10,1%. Los datos muestran una tendencia creciente entre 2010 y 2017, luego un descenso que prácticamente igualó al número de trabajos del inicio de la década anterior. De estas publicaciones, los impactos que se han identificado se desarrollan a partir de la síntesis que se presentan en la tabla 12.

Figura 10

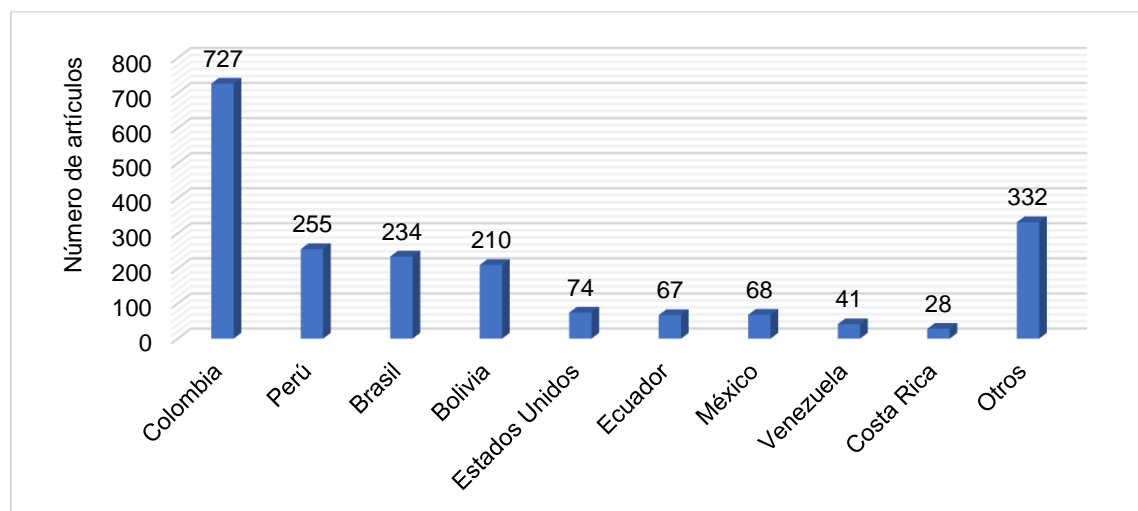
Número de Publicaciones Anuales sobre Impactos Ambientales de los Cultivos Ilícitos sobre el Suelo



En cuanto al país de origen de las publicaciones, puede destacarse Colombia como el líder al contar con el 35,7%, seguido de Perú que cuenta con el 12,5%, Brasil que ha producido el 11,5% de los trabajos y Bolivia el 10,3%, porcentajes que corresponden a los números absolutos de la figura 11. El hecho que Colombia sea el país líder obedece a que es el principal productor de hoja de coca y en el caso de Perú y Bolivia se debe a que son países que han sido productores tradicionales, aunque no a la misma escala de Colombia. En el caso de Brasil y otros que no presentan una tradición en este tipo de cultivos, al revisarse las publicaciones se encuentra que los autores son de origen de los primeros países que han realizado investigaciones en universidades extranjeras.

Figura 11

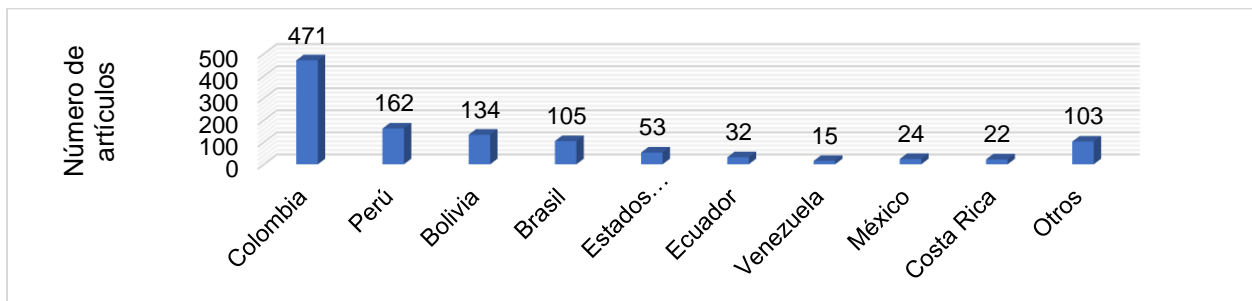
Publicaciones Anuales sobre Impactos Ambientales de los Cultivos Ilícitos sobre el Suelo según Países de Origen



Al desglosarse por cada base de datos, Colombia es el líder en las cuatro que se definieron para la búsqueda de trabajos y le siguen Perú y Bolivia, excepto en Scielo y en los repositorios digitales en los que Brasil ocupa el segundo lugar, tal como se observa en las figuras 12 a 15.

Figura 12

Publicaciones de Impactos Ambientales de los Cultivos Ilícitos sobre el Suelo según Países de Origen en Redalyc



Son datos que demuestran que en los tres principales productores de hoja de coca se indaga sobre los impactos del cultivo y que, por lo tanto, permiten conocer entre otros efectos nocivos, los que ocurren sobre los suelos.

Figura 13

Publicaciones de Impactos Ambientales de los Cultivos Ilícitos sobre el Suelo según Países de Origen en Scielo

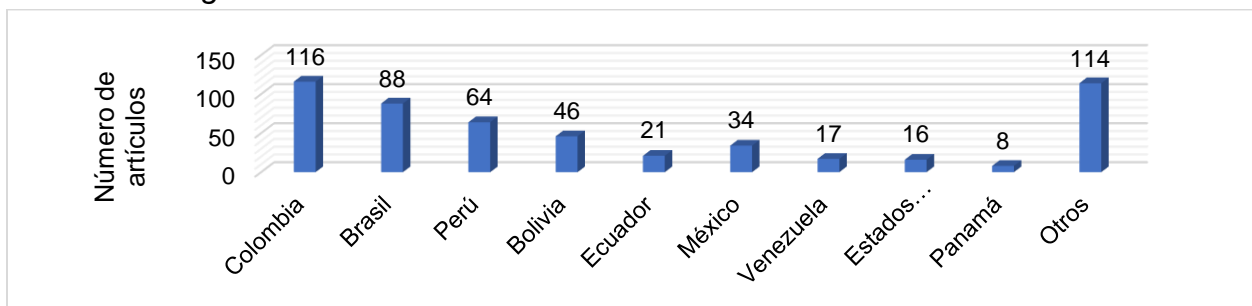


Figura 14

Publicaciones de Impactos Ambientales de los Cultivos Ilícitos sobre el Suelo según Países de Origen en Dialnet

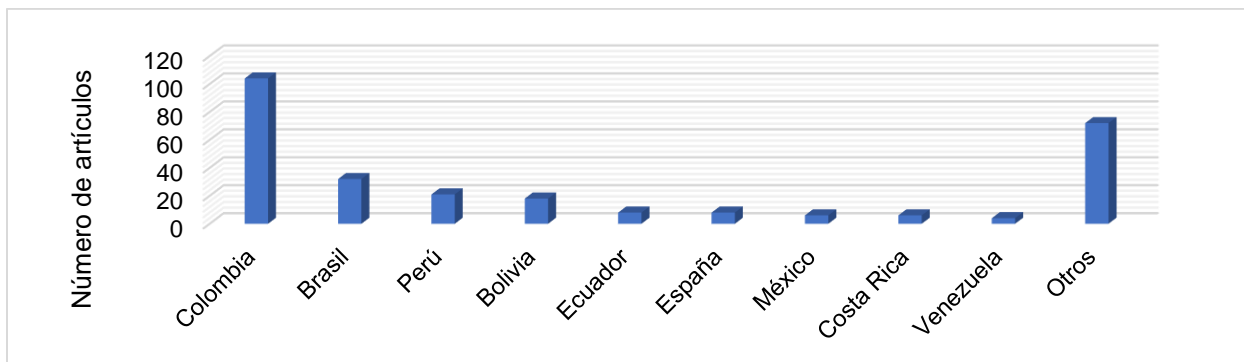
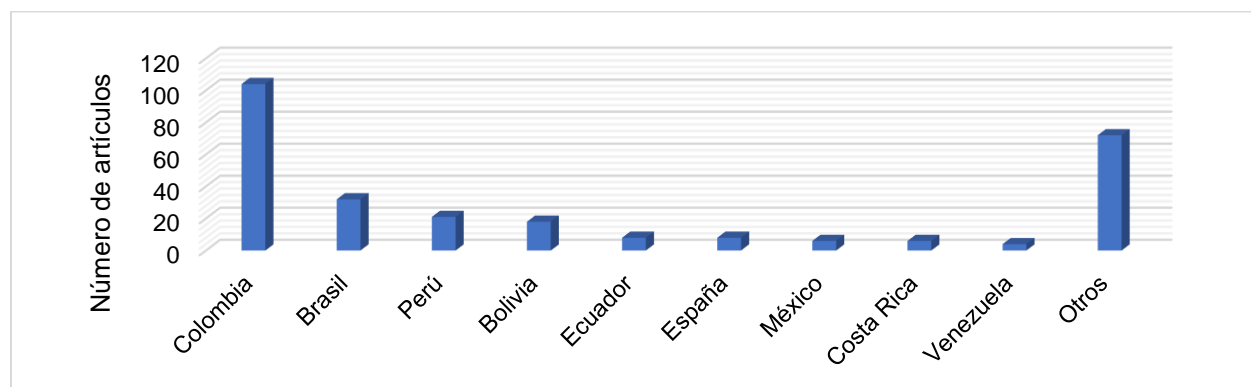


Figura 15

Publicaciones de Impactos Ambientales de los Cultivos Ilícitos sobre el Suelo según Países de Origen en Repositorios



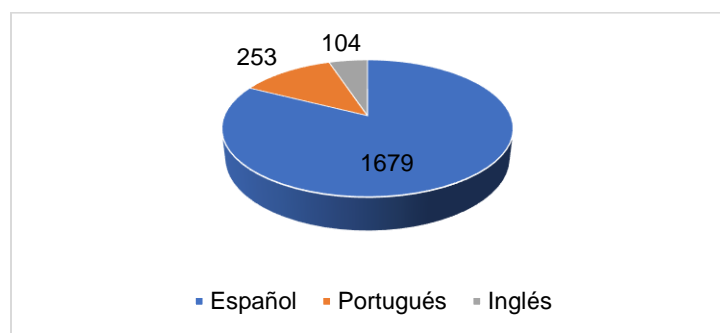
Los anteriores indicadores muestran que, además de Colombia, los países que limitan con esta son los que mayor número de publicaciones presentan, lo cual puede explicarse a raíz del aumento de los cultivos de coca en Perú y Bolivia, especialmente como producto del crecimiento del tráfico de cocaína por los países del sur, tales como Chile, Uruguay y Brasil durante los años comprendidos entre 2012 y 2018 (El Mundo, 2020). En el caso de Brasil, puede señalarse como posible causa el incremento de los cultivos en zonas de frontera con Colombia, pues a raíz del accionar de la fuerza pública los cultivadores han optado por incursionar en zonas limítrofes en donde la erradicación, sobre todo con aspersión aérea se dificulta en tanto está de por medio territorio extranjero (Sorto, 2023). Al igual que en la frontera con Brasil, en las que Colombia comparte con Perú, Ecuador y Venezuela se ha venido presentando un incremento, siendo una posible causa de la existencia de trabajos orientados a examinar los impactos ambientales de tales prácticas (Neira, 2023; Ávila, 2021).

Sobre los idiomas en que se han publicado los trabajos, puede señalarse que la mayoría están en español con un total de 82,5%, luego las que están en portugués que

representan el 12,4% y las que están en inglés con una participación del 5,1%, porcentajes que corresponden al número de estudios que se muestran en la figura 16.

Figura 16

Publicaciones de Impactos Ambientales de los Cultivos Ilícitos sobre el Suelo según Idioma



Los anteriores indicadores bibliométricos demuestran que los impactos de los cultivos ilícitos, principalmente de coca sobre los suelos es un tema de amplio interés en América Latina y El Caribe teniendo en cuenta las bases de datos consultadas que contienen resultados de investigaciones incluyen principalmente estudios realizados en la región. Sin embargo, debido a que Colombia es el principal país en donde se siembran este tipo de plantaciones, puede inferirse que sea la causa por la cual es el que mayor número de publicaciones presenta. Como producto de la búsqueda, se han identificado los siguientes impactos que generan los cultivos ilícitos sobre los suelos:

Deforestación: es el principal impacto de los cultivos ilícitos, ya que para sembrar plantas de coca se requiere la tala de bosques y de esta se derivan otras como la erosión, remoción de masa, polución térmica, entre otros (Cárdenas, 2010).

Erosión: que consiste en el desgaste de las capas superficiales del suelo que contienen la mayoría de los nutrientes esenciales para el crecimiento de plantas (Delgado, 2017).

Polución térmica: dado que la mayoría de los cultivos ilícitos como la coca se desarrollan en climas cálidos, al talarse los bosques y la consecuente quema de material vegetal que es habitual, deja expuestos los suelos a altas temperaturas (Chan et al., 2015).

Remoción de masa: en zonas de ladera y especialmente en épocas de lluvia, se presentan derrumbes, puesto que en las zonas de selva principalmente los suelos son arcillosos y al saturarse de agua suceden derrumbes (Gómez y Sastoque, 2019).

Contaminación por agroquímicos: es la toxicidad a la que se somete el suelo debido al uso de plaguicidas, sean insecticidas, fungicidas o fertilizantes que por su carácter químico alteran las condiciones normales, ocasionando muerte de especies rastreras y de microfauna (Idrovo, 2015).

Derrames de hidrocarburos: debido a que el procesamiento de hoja de coca requiere de insumos como la gasolina, tanto para el funcionamiento de la maquinaria utilizada, así como aditivo, el suelo puede verse contaminado por este tipo de derivados del petróleo, causando afectaciones similares a las de los agroquímicos (Romero, 2021).

Pérdida de materia orgánica: esta ocurre principalmente en los suelos de zonas de selvas como las que mayor cantidad de hectáreas sembradas presentan y resulta que en estas la capa vegetal es muy delgada y se construye a partir de la descomposición de madera, hojas, frutos y demás material de los bosques, de manera que con la deforestación queda expuesta a la erosión, sea por el viento o la lluvia (Mahecha, 2015).

Reducción de la actividad microbiana: en tanto se presenta pérdida de materia orgánica, las poblaciones de bacterias, levaduras y hongos se reducen de manera

significativa, lo cual influye en deficiencias de nutrientes para las plantas y de fauna que se alimentan de material descompuesto (Hernández et al., 2020).

Reducción de la capacidad de intercambio catiónico: es la pérdida de capacidad de los suelos para retener e intercambiar nutrientes, dado que estos son minerales que requieren las plantas para su óptimo desempeño. Con la contaminación y la erosión a causa de la deforestación esta capacidad se reduce ostensiblemente (Díaz, Espinosa y Ortiz, 2018).

Deficiencias de nutrientes: se sabe que la capa vegetal del suelo en zonas de estos cultivos es delgada, por lo que son objeto de aplicación de fertilizantes durante el tiempo de crecimiento de las plantas, pero posteriormente quedan empobrecidos debido a que no son restaurados o no se les hace mantenimiento, lo que dificulta el crecimiento de vegetación nativa, sobre todo de árboles grandes necesarios para mejorar las condiciones edáficas (Villagaray, 2014).

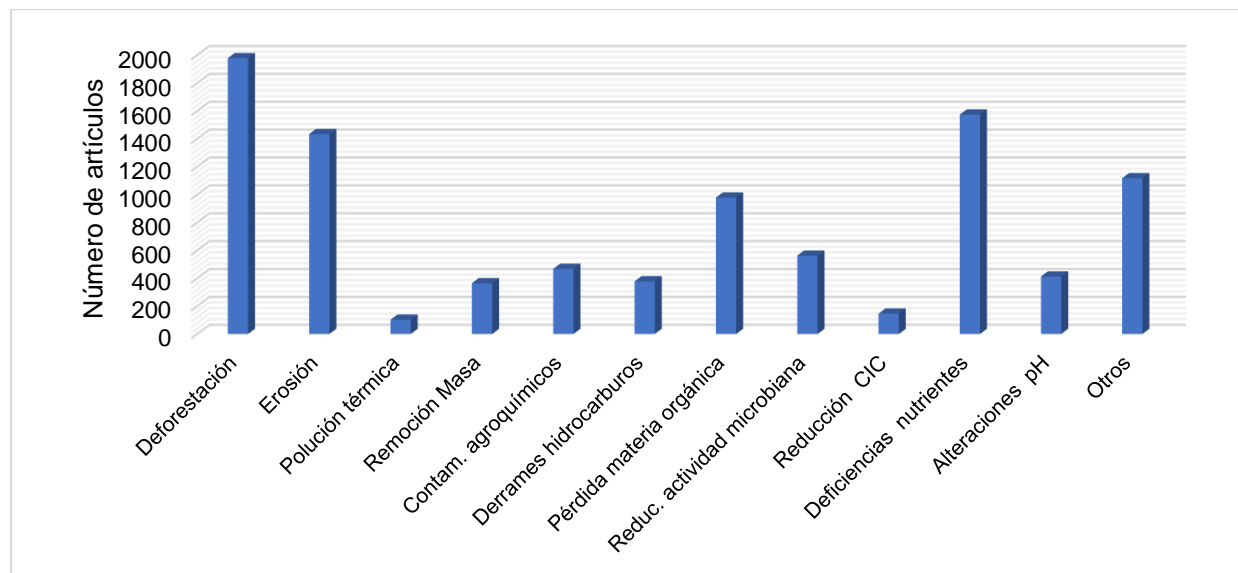
Alteraciones en el pH: al utilizarse agroquímicos, tanto para el crecimiento de las plantas como para erradicarlas por parte de las autoridades mediante fumigación manual o aérea, los niveles de acidez principalmente tienden a incrementarse, lo que posteriormente dificulta la capacidad de absorción de nutrientes por las raíces de las plantas (Jiménez y Vega, 2021).

Otros: además de los anteriores, los suelos sufren alteraciones en la textura, la porosidad, el nivel freático, color y pérdida de capacidad de drenaje (Idrovo, 2015; Mahecha, 2015; Villagaray, 2014)

Conforme a los anteriores impactos, las publicaciones se distribuyen como se indica en la figura 17, aclarándose que existen estudios que dan cuenta simultáneamente de varios de los impactos descritos anteriormente.

Figura 17

Número de Publicaciones según Tipo de Impactos Ambientales de los Cultivos Ilícitos sobre el Suelo



De acuerdo con los datos, puede observarse que la deforestación con 1978 publicaciones y la deficiencia de nutrientes con 1574, así como la erosión con 1434 y la pérdida de materia orgánica con 978 son los impactos más comunes en los estudios realizados en torno a las afectaciones de los cultivos ilícitos. Con respecto a cada impacto de los cultivos ilícitos sobre el suelo, en la tabla 12 se presentan algunos indicadores que demuestran las afectaciones a raíz del cultivo, principalmente en áreas selváticas.

Tabla 12

Indicadores de Impactos de los Cultivos Ilícitos sobre el Suelo

Impactos	Referencias	Indicadores
Deforestación	(Raffo, Castro y Díaz, 2016)	Crecimiento del 6,8% anual de áreas deforestadas entre 1990 y 2009 en Colombia.
	(Sousa, 2010)	Crecimiento de 3,2% de área deforestada en Bolivia entre 1985-2008.

	(García, 2014)	15% de pérdida de áreas selváticas colombianas entre 2000 y 2013.
	(Cárdenas, 2010)	Deforestación del 1% de bosques entre 2001 y 2004.
	(Santacruz y Palacio, 2014)	Aumento de 2,5% en deforestación de bosques de altura en México.
	(Maldonado, 2012)	Tasas de deforestación de 5,5% de bosques de Colombia, 2,3% de Bolivia y 1,2% de Perú a causa de cultivos de coca
	(Erasso y Vélez, 2020)	139 mil hectáreas deforestadas en Colombia, 33 mil en Nariño durante 2015.
Erosión	(Ortiz, 2013) (Maya, 2011) (Díaz, Espinosa y Ortiz, 2018) (Hernández et al., 2020) (Güiza, Romero y Ríos, 2020) (Mantilla, Sastoque y Quintero, 2021) (Serrano, 2010)	Desgaste de capa vegetal de suelos de selva que oscilan entre 1% y 2,5% de áreas sembradas.
Polución térmica	(Díaz, Espinosa y Ortiz, 2018) (Hernández, Llanes, Terry y Carnero, 2020)	Aumento entre 0,5 y 1,5 °C en temperatura de suelos descubiertos debido a implantación de cultivos de coca
Remoción de masa	(Mantilla, Sastoque y Quintero, 2021) (Rubio, 2010)	Derrumbes en suelos descubiertos en zonas de laderas de la cordilleras por cultivos de amapola
Contaminación por agroquímicos	(Caicedo, 2021) (Idrovo, 2015) (Tunjano y Calvo, 2011) (Tuffi, et al., 2014) (Nivia, 2021) (García A. , 2020)	Entre el 12,5% y 23,5% de hectáreas de coca fumigadas con glifosato.
Derrames de hidrocarburos	(Caicedo, 2021) (Tuffi et al., 2014) (Tabares & Rosales, 2015)	Contaminación e incendios en alrededor de 675 laboratorios de procesamiento de cocaína.
Pérdida de materia orgánica	(Carrillo, 2014) (Hernández, et al., 2020) (Rosero, 2019)	Los suelos selváticos pierden entre el 50 y 80% de la materia orgánica en los primeros 2 años de deforestados.
Reducción de la actividad microbiana	(Hernández et al., 2020) (Caicedo, 2021) (Nivia, 2021)	Pérdida de diversidad de microfauna debido a la exposición a la erosión y uso de plaguicidas
Reducción de la capacidad de intercambio catiónico (CIC)	(Caicedo, 2021) (Morales, et al., 2106)	Alteración de la CIC ante cambio de usos del suelo
Deficiencias de nutrientes	(Hernández et al., 2020) (Díaz, Espinosa y Ortiz, 2018) (Caicedo, 2021) (Villagaray, 2014) (Rosero, 2019) (Romero L. , 2021) (Erasso y Vélez, 2020) (García A. , 2020)	Entre el 30% y 65% de las áreas cultivadas con coca perdieron fertilidad, sobre todo por agotamiento de potasio y fósforo.

Alteraciones del pH	(Díaz, Espinosa y Ortiz, 2018) (Hernández et al., 2020) (Mantilla, Sastoque y Quintero, 2021) (Pontes y Silva, 2011) (Erasso y Vélez, 2020)	Debido al uso de plaguicidas y las aspersiones con glifosato, los suelos sufrieron aumento en la acidez.
Otros	(Landínez, 2017) (Tabares y Rosales, 2015) (Tuffi, Meira, Santos y Ferreira, 2014)	Pérdida de porosidad, permeabilidad y drenaje en el 50% de suelos con cultivos ilícitos

En vista de tales indicadores, puede afirmarse que se trata de cultivos que generan afectaciones graves sobre los suelos y con ello sobre la biodiversidad de las zonas en donde se implementan, sobre todo en las regiones selváticas.

Estudios como el de García (2014) que describe un 15% de pérdida de áreas selváticas colombianas entre 2000 y 2013, señala que una de las principales afectaciones sobre los suelos es la erosión.

Es un problema muy grave, pues por causa de la pérdida de cobertura vegetal la capa superficial que se caracteriza por su delgadez en zonas selváticas, queda expuestos a la acción de viento y sobre todo de la lluvia, con lo cual el limo es arrastrado, cuya consecuencia es la pérdida de fertilidad y por ende un bajo desarrollo de las plantas (Ortiz, 2013; Díaz, Espinosa y Ortiz; 2018; Mantilla, Sastoque y Quintero, 2021).

Al respecto de la pérdida de fertilidad como uno de los impactos de los cultivos, Carrillo (2014) y Rosero (2019) dan cuenta de pérdidas de materia orgánica, con lo cual no solo se reduce la fertilidad de los suelos, sino de la microfauna y microflora que descomponen los residuos sólidos y sustancias. Por su parte, Hernández et al. (2020) y Caicedo (2021), señalan que, con la pérdida de la materia orgánica, la actividad microbiana sufre alteraciones que reducen la capacidad de fijación del nitrógeno en el suelo y con ello un bajo desarrollo de plantas.

En vista de las prácticas inadecuadas que se implementan en el cultivo de coca con fines ilícitos como el abandono de los terrenos en las primeras cosechas sin un mantenimiento o recuperación, los suelos sufren pérdidas de otros nutrientes, sobre todo de los denominados elementos mayores como nitrógeno, fósforo y potasio que son claves para el desarrollo de las plantas (Caicedo, 2021; Rosero, 2019; Romero, 2021)

Otro de los impactos es la alteración del pH de los suelos por el uso de plaguicidas y otras sustancias utilizadas en la erradicación y en el procesamiento para producir el clorhidrato de cocaína, con lo que los suelos generalmente ganan mayor nivel de acidez que reduce la capacidad de absorción de los nutrientes a través de las raíces (Díaz, Espinosa y Ortiz, 2018; Pontes y Silva, 2011; Erasso y Vélez, 2020)

Frente a la capacidad de intercambio catiónico (CIC), como causa de la erosión y la pérdida de materia orgánica, también se reduce y con ello la habilidad de los suelos para retener e intercambiar nutrientes cuya consecuencia es un bajo nivel de crecimiento de plantas (Morales et al., 2106). A los anteriores impactos, se suman los efectos adversos en la permeabilidad y porosidad de los suelos, con lo cual la capacidad de drenaje y oxigenación se reduce y a su vez potencian la reducción de la CIC, la acidez y la actividad microbiana (Landínez, 2017; Tabares y Rosales, 2015).

Sin embargo, además de estos problemas, se presentan otros que afectan a las comunidades en lo social, económico y cultural, aunque no pueden desconocerse que para algunas les generan beneficios, sobre todo porque los cultivos representan una fuente de ingresos (Idrovo, 2015). Algunos de los anteriores impactos negativos y otros positivos pueden comprenderse a partir de las percepciones de personas de una zona

como la de Llorente que es considerada una de las principales productoras de hoja de coca y sus estupefacientes.

4.1.3. Percepciones Comunitarias sobre las Afectaciones del Suelo

Como producto de la implementación del formato de preguntas para una entrevista dirigida a personas de la comunidad de Llorente (ver Anexo 1), en primer lugar, se logró contar con la participación de cinco personas que han vivido más de 20 años en la zona, de las cuales 3 son oriundas de la zona y dos provenientes del Departamento del Putumayo como puede verificarse.

Sobre la primera pregunta que buscó indagar sobre las prácticas que han afectado en mayor medida los suelos de Llorente, puede comprenderse que, si bien los cultivos ilícitos es la que mayor causa, también está la ganadería y la explotación maderera. Esto es posible afirmarse a partir de algunas opiniones, tales como:

Pues no hay duda que la siembra de coca daña el suelo porque se tumban árboles se roza maleza, pero ya desde antes la gente cortaba mucha madera y también dañaba los terrenos para tener su ganado y los cultivos de antes

Pues hay de todo, coca, plátano, yuca, el ganado y los aserraderos que desde antes ya dañaban la tierra, pero no como la coca, claro. Este ha sido un cultivo muy dañino para la naturaleza, pero pues no podemos dejarlo porque nos mantiene bien

Para el caso de la segunda pregunta sobre las afectaciones de los cultivos sobre el medio ambiente, las opiniones de las personas participantes dan cuenta de la deforestación, la pérdida de fertilidad de los suelos y contaminación, no solo sobre el suelo, pues los cuerpos de agua son objeto de contaminación por el uso de químicos y sobre todo los que se han utilizado para la erradicación mediante la aspersión aérea.

Bueno, eh...pues nosotros vemos que se tumba monte y el suelo queda pelao, pero también cuando pasan las avionetas botan venenos que contaminan el suelo y los ríos

que son todavía más dañinos para la naturaleza y para toda la gente que vive en esta zona.

Mire, la tala de bosques es lo primero que se da cuando se siembra la coca, pero también se contamina con abonos químicos y venenos que le echamos a la coca para que no la ataquen plagas y más cuando han venido con las avionetas a fumigarla.

Así mismo, sobre la pregunta de las afectaciones en lo económico que se han derivado de los daños en el suelo a causa de los cultivos ilícitos, los entrevistados manifiestan que son más los beneficios que los perjuicios, siempre que es la principal fuente de ingresos para satisfacer sus necesidades de alimentación, vivienda, educación, entretenimiento, entre otras que les ha permitido mantener un mejor nivel de vida que si se dedicaran a actividades de tipo lícito como los tradicionales. Así, de acuerdo con las personas participantes:

[...] la coca es lo único que nos ha mantenido bien, porque así hemos tenido para comer, tener una casita propia y para mandar a los hijos a estudiar...yo por ejemplo tengo una hija y un hijo que están en la universidad, que a punta de plátano o yuca no se hubiera podido”.

Uno ve que este cultivo daña la naturaleza y la salud de la gente que compra la cocaína que se saca de esto, pero pa’nosotros es lo que nos mantiene bien, porque nos da platica para comer y comprar las cosas que necesitamos, sino en la casa no habría ni televisión ni otras cosas que tenemos para estar bien en familia.

Este cultivo pues nos da casi que te todo, pero la gente dejó de sembrar yuca, plátano, maíz o de tener su ganado, marranos o gallinas [...] y ahora todo se compra y el problema es que eso mal enseña a la gente y si se acaba la coca nos pondrá mal.

Hay cosas buenas y malas [...], antes esto era solo un caserío y ahora es un pueblo grande con almacenes de ropa, de motos, de todo y gracias a la coca, pero se ven muchas cosas que con el pasar de los años no serán buenas, más que todo pa’los jóvenes.

En cuanto a la pregunta sobre las afectaciones sociales en la comunidad, los entrevistados señalan que los impactos se han dado sobre todo en la seguridad y la

convivencia, ya que el accionar de los grupos armados ilegales se incrementó al asumir los cultivos como la principal fuente de ingresos, a lo que se suma un incremento en la población y la presencia de prácticas como la prostitución, el consumo de licores y el aumento de los homicidios. Estos son algunos de los hallazgos producto de la entrevista:

Yo creo que la coca nos trajo cosas buenas, pero también malas, porque ahora uno oye o ve las noticias y nombran mucho a Llorente por problemas de orden público; porque hay grupos armados que se enfrentan con el ejército [...] que son cosas malas que deja la coca.

Como le dije hay cosas buenas, pero la coca trajo mucha gente a Llorente y eso ha traído mucho desorden, cantinas en las que se pierden los jóvenes y prostíbulos que no están bien vistas para los niños, pero están ahí a pleno día y son gente que vino de otras partes que no les importa el bienestar de la gente de acá.

Como la tierra ahora solo se la pone a producir coca, ya no se ven cosas como las que se hacían antes [...] la gente se reunía para sembrar y cosechar yuca, arroz, plátano y maíz [...] ahora no, toca hasta escondidos por allá lejos en el monte.

Finalmente, sobre la pregunta dirigida a indagar sobre las afectaciones en lo cultural, los entrevistados señalan que no solo han sucedido cambios en las prácticas agrícolas y ganaderas, sino en la mentalidad y proyectos de vida de las personas que desde hace cerca de dos décadas se han dedicado al cultivo de la coca.

Mire, uno ya no sabe qué va a pasar, porque con la coca llegó otra gente y con otras formas de pensar, no conservan la naturaleza, sino que entre más siembran y dañan monte, más ricas se vuelven, pero muchos no son de acá, entonces no les importa lo que pase aquí.

Hay muchos jóvenes que ni siquiera quieren ir a estudiar, porque solo piensan en irse a sembrar coca y tener plata, pero no piensan en su futuro. Apenas terminan el quinto de primaria o hacen algunos años del colegio y se salen pa'irse a sembrar [...] quieren tener plata desde chiquitos.

Antes la gente se reunía para trabajar por la vereda o para hacer actividades culturales de bailes, clausuras y otras que nos ponían felices en la escuela [...], ahora no, todos estamos trabajando en la coca y pensando solo en eso, ya no hacemos ni cosas en familia.

Vemos que cada vez los cultivos están más lejos y la tierra de nuestras finquitas por aquí cerca ya no producen nada y las tenemos olvidadas, ni siquiera vemos qué hacer con el terreno para que produzca por lo menos cosas pa' comer. Este suelo nos ha dado tantas cosas buenas, pero no hacemos nada por él.

En vista de las percepciones de los entrevistados, puede afirmarse que, si bien los cultivos de coca representan una fuente de ingresos y contribuye a mejorar la calidad de vida a partir de algunos aspectos, también representan un problema frente a la cultura y el tejido social y comunitario de Llorente.

4.1.4. Análisis de Impactos sobre el Suelo con Método EPM o Método Arboleda

Conforme a los elementos descritos a raíz de la revisión bibliométrica y las percepciones de los habitantes entrevistados, no solo sobre las repercusiones sobre el suelo por la presencia de cultivos ilícitos, sino acerca de las de tipo social, cultural y económico, se considera pertinente realizar una aproximación sobre la calificación ambiental de la zona de Llorente con base en la metodología de EPM-Arboleda (Arboleda, 2008) que se describe en el Anexo 3 que se utiliza para efectos de una evaluación de impactos de proyectos, obras o actividades antrópicas. Para ello se han sometido a evaluación los impactos que se han identificado en las publicaciones los cuales son de clase negativa y otros que a partir de las opiniones de las personas entrevistadas son positivas.

Tabla 13

Formato de Evaluación de Impactos Ambientales del Método EPM-Arboleda

Impacto	Clase del impacto (C):			Positivo (+) si mejora la condición ambiental			Negativo (-) si des mejora la condición ambiental			Magnitud (M)			CA
	Presencia (P)			Duración (D)			Evolución (E)						
	Escala	Probabilidad ocurrencia	Puntaje	Escala	Perman. (años)	Puntaje	Escala	Rapidez (meses)	Puntaje	Escala	% de afectac.	Puntaje	
Deforestación	Cierta	100%	1,0	Permanente	> 10	1,0	Muy rápida	< 1	1,0	Muy alta	> 80%	1,0	-10,00
Erosión	Probable	50%	0,5	Media	4	0,4	Rápida	6	0,7	Alta	30%	0,7	-2,32
Polución térmica	Probable	40%	0,4	Corta	2	0,2	Rápida	2	0,8	Baja	20%	0,2	-0,69
Remoción de masa	Poco probable	50%	0,5	Corta	3	0,3	Lenta	18	0,2	Baja	20%	0,2	-0,59
Contaminación. agroquímicos	Muy probable	80%	0,8	Larga	7	0,7	Muy rápida	< 1	1,0	Alta	>80%	1,0	-7,28
Derrames de hidrocarburos	Muy probable	80	0,8	Media	4	0,4	Muy rápida	< 1	1,0	Baja	20%	0,2	-2,08
Pérdida de mat. orgánica	Probable	60	0,6	Larga	7	0,7	Rápida	12	0,7	Muy alta	> 80%	1,0	-4,20
Reduc. Activ. microbiana	Probable	40%	0,4	Media	5	0,5	Rápida	2	0,8	Media	40%	0,4	-1,50
Reducción de (CIC)	Probable	40%	0,4	Corta	3	0,3	Media	12	0,7	Media	40%	0,4	-1,14
Deficiencias de nutrientes	Probable	50%	0,5	Media	6	0,6	Rápida	6	0,7	Alta	80%	0,8	-2,86
Alteración pH	Cierta	100%	1,0	Media	6	0,6	Rápida	1	0,9	Muy alta	> 80%	1,0	-8,10
Otros	Probable	50%	0,5	Media	5	0,5	Media	12	0,7	Media	40%	0,4	-1,73
Agropecuarias	Probable	40%	0,4	Corta	3	0,3	Media	12	0,7	Media	40%	0,4	1,14
Generación de empleo	Cierta	100%	1,0	Permanente	> 10	1,0	Muy rápida	< 1	1,0	Muy alta	> 80%	1,0	10,00
Mejoramiento de ingresos	Cierta	100%	1,0	Permanente	> 10	1,0	Muy rápida	< 1	1,0	Muy alta	> 80%	1,0	10,00
Mejoras en vivienda	Muy probable	80	0,8	Larga	8	0,8	Muy rápida	< 1	1,0	Baja	80%	0,8	6,4
Saneamiento básico	Poco probable	50%	0,5	Corta	3	0,3	Lenta	18	0,2	Baja	20%	0,2	0,59
Mejoras en educación	Probable	50%	0,5	Media	6	0,6	Media	18	0,5	Baja	20%	0,2	1,32
Mejora de vías	Poco probable	50%	0,5	Media	5	0,5	Lenta	18	0,2	Baja	20%	0,2	0,89
Mejora en tejido social	Poco probable	50%	0,5	Corta	3	0,3	Lenta	18	0,2	Baja	20%	0,2	0,59
Participación comunitaria	Poco probable	50%	0,5	Corta	3	0,3	Lenta	18	0,2	Baja	20%	0,2	0,59
Actividad culturales	Poco probable	50%	0,5	Corta	3	0,3	Lenta	18	0,2	Baja	20%	0,2	0,59

Fuente: elaboración propia con base en Arboleda (2008)

Conforme a los resultados de la tabla anterior e implementando la ecuación del Anexo 3, la aproximación realizada permite señalar que la calificación ambiental (CA) de los impactos sobre el suelo en la zona de Llorente a raíz de la presencia de cultivos ilícitos es de -10.38, lo que equivale a Muy significativo o grave, con lo que se puede inferir que es una problemática que requiere de atención para evitar aún más el deterioro ambiental.

El valor de CA, indica que los cultivos ilícitos causan pérdida de la calidad ambiental de las zonas en donde se establecen, principalmente por los impactos negativos de la deforestación que alcanza el máximo valor (-10), las alteraciones del pH (-8,10), la presencia de agroquímicos (-7,28), la pérdida de materia orgánica (-4,2), la reducción de nutrientes (-2,86) y la erosión (-2,38). De acuerdo con estos indicadores y el resto de los que son negativos, puede señalarse además que son impactos cuya presencia es muy probable, con una duración entre larga y media, de rápida evolución y de magnitud muy alta o alta, que según Arboleda (2008) son permanentes y muy graves.

Sin embargo, en términos socioeconómicos se presentan impactos positivos, sobre todo en la generación de empleo (10,0) para quienes participan de las labores de los cultivos y en la obtención de ingresos la misma calificación, tanto de estos como de los inversionistas que, aunque ilegal, es una actividad que dinamiza el consumo de las regiones en donde se han establecido y como producto de la fuente de riqueza que son estas plantaciones, las familias campesinas logran mejorar las condiciones de la vivienda y en especial en la adquisición de dotación del hogar (6,4).

Según Garzón y Gelvez (2018), estos factores positivos son entre otros los que hacen que los cultivos ilícitos prevalezca a pesar de no lograr una superación de la

pobreza en términos de sostenibilidad y por ende contribuyen a que se mantengan como una práctica que los suelos y acuíferos.

Sin embargo, en otros factores como la educación, el saneamiento básico y la infraestructura, si bien pueden mejorarse, el impacto no es significativo, por lo que a pesar de la gran riqueza monetaria que se genera en estas zonas, las vías, los servicios de salud y la calidad educativa, aún siguen siendo precarias (Majbub y Arenas, 2018).

A través del método EPM de valoración de impactos se identifican aspectos positivos y negativos de las zonas donde se han sembrado cultivos, pero los de tipo ambiental por los efectos adversos de que son objeto, inclinan la balanza en el general de factores evaluados.

En tal sentido, podría esperarse que las comunidades abandonen este tipo de cultivos en tanto los impactos positivos no han contribuido a lograr mejores condiciones de vida a nivel integral, pero entonces una posible explicación está en la postura de corto plazo de la obtención de riqueza y mientras tanto, las afectaciones en el medio ambiente siguen prolongándose en el tiempo.

Cabe destacarse que la anterior evaluación es solo una aproximación mediante algunos de los impactos de los que son objetos los suelos de la zona, puesto que, si se requiere un análisis integral, es necesario ampliarse a otros factores de la dimensión abiótica como el agua, el aire, el paisaje, entre otros; los factores bióticos que deben considerar la flora y fauna de Llorente y los de orden social, económico, político y cultural que no han hecho parte del presente ejercicio y que pueden ser múltiples si se hace un análisis con mayor profundidad de la comunidad.

4.2. Efectividad de los Biosólidos en la Restauración de Suelos en los Contextos Internacional y Nacional

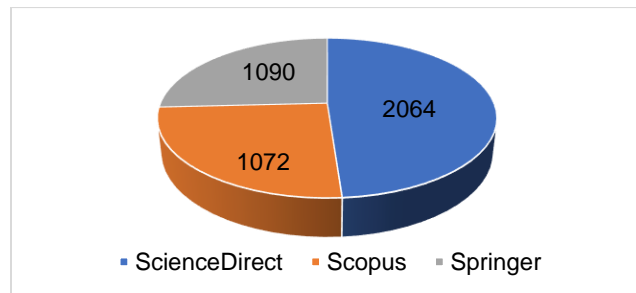
La restauración o enmienda de suelos consiste en la aplicación de productos o subproductos para la corrección y mejoramiento de las condiciones físicas, químicas y biológicas que propician el desempeño óptimo de las plantas y que por lo tanto permiten un repoblamiento (Delgado, 2017). En general se distinguen enmiendas inorgánicas mediante compuestos como cal dolomita, rocas fosfóricas, sulfato de calcio, entre otros; y orgánicas, tales como humus, compost, biosólidos y demás (González et al., 2021) (Basta, y otros, 2016). Los biosólidos son compuestos resultantes del tratamiento de aguas residuales domésticas e industriales que por sus propiedades físico-químicas y biológicas mejoran las condiciones de los suelos (Schwartz y Smith, 2016; Bedoya et al., 2013). Esto los convierte en una tecnología que amerita la identificación de investigaciones aplicadas en el mundo y en Colombia.

4.2.1. Revisión de Antecedentes Internacionales

Al digitarse las ecuaciones de búsqueda descritas en la fase 2, la búsqueda inicial arrojó un total de 4226 artículos, de los cuales el 48,8% reposan en ScienceDirect; el 25,4% en Scopus y el 25,8% en Springer, que son participaciones porcentuales que se corresponden con los números absolutos de la figura 18.

Figura 18

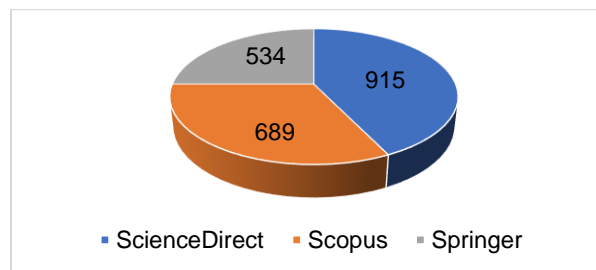
Número de Artículos sobre Uso de Biosólidos en la Restauración de Suelos



Posteriormente, al aplicarse los criterios de inclusión y exclusión, se obtuvo un total de 2138 artículos relevantes, siendo nuevamente ScienceDirect la base de datos que más contiene con el 42,8%, Scopus con el 32,2% y 25,0% disponibles en Springer, que en términos relativos equivalen a los absolutos que se muestran en la figura 19. Cabe aclararse que no se encontraron publicaciones que den cuenta de enmiendas de suelos que cuenten con cultivos de coca que, aunque según los resultados que se describen en el apartado 4.2.3. existe evidencia de los beneficios de los biosólidos en diferentes tipos de suelos, para los que han sido afectados por estos cultivos al parecer no se han llevado a cabo trabajos que permitan constituirse como alternativa viable, quizá en parte porque estos suelos están en zonas de orden público que implican amenazas para investigar.

Figura 19

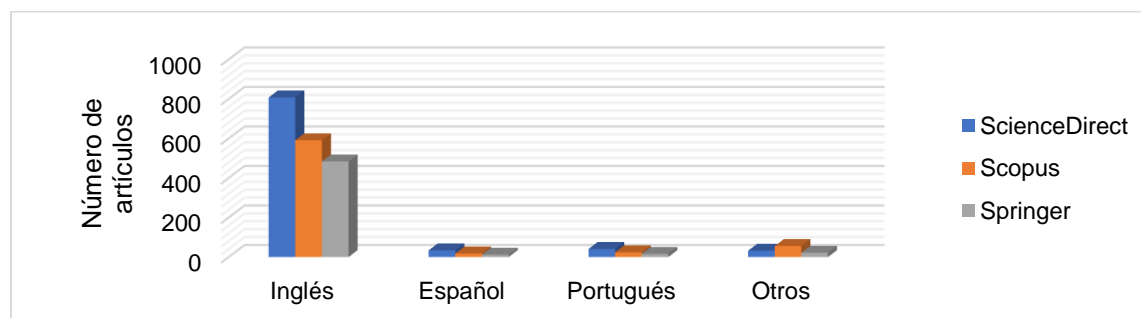
Número de Artículos Relevantes sobre Uso de Biosólidos en la Restauración de Suelos



Por otra parte, como se muestra en la figura 20, la mayoría de los artículos relevantes están publicados en inglés, pues del total de 2138 el 88,1% están este idioma en las bases de datos consultadas, seguidos de los que están en español y portugués que representan el 3% y 3,8% respectivamente, además de un 5,1% que están en otras lenguas. Sobre estas últimas, si bien se digitaron ecuaciones conforme a los tres idiomas iniciales, la búsqueda también arrojó artículos que están idiomas como el francés, alemán, italiano, chino y demás.

Figura 20

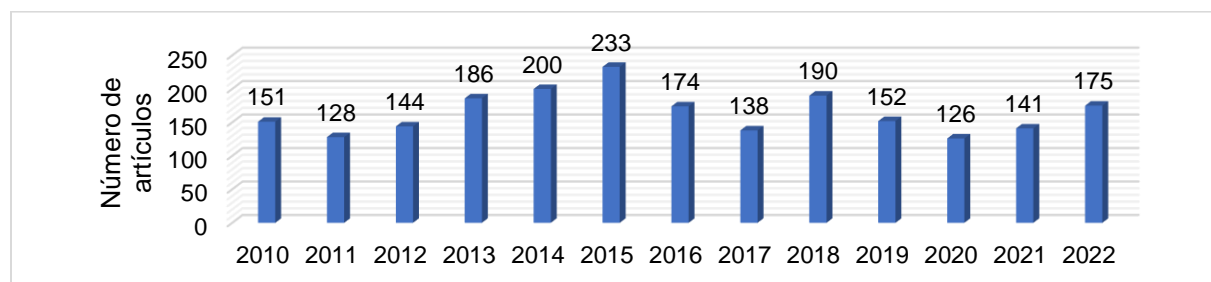
Número de Artículos Relevantes sobre Uso de Biosólidos en la Restauración de Suelos según Idioma



Frente al número de publicaciones anuales, los resultados de la búsqueda descritos en la figura 21 permiten afirmar que 2015 fue el año más prolífico del periodo 2010-2022 con una participación del 11%, seguido de 2014 con el 9,4%. Entre 2011 y 2015 se observa una tendencia creciente, pero disminuye en las cantidades en los años posteriores, aunque en 2022 se presenta un aumento que superaría los alcanzados en 2016 en al menos un trabajo. Los datos muestran que hacia el final del periodo se vuelve a presentar una tendencia creciente, que si se replica el comportamiento de la década 2010-2020, se esperaría que a 2025 haya un nuevo repunte.

Figura 21

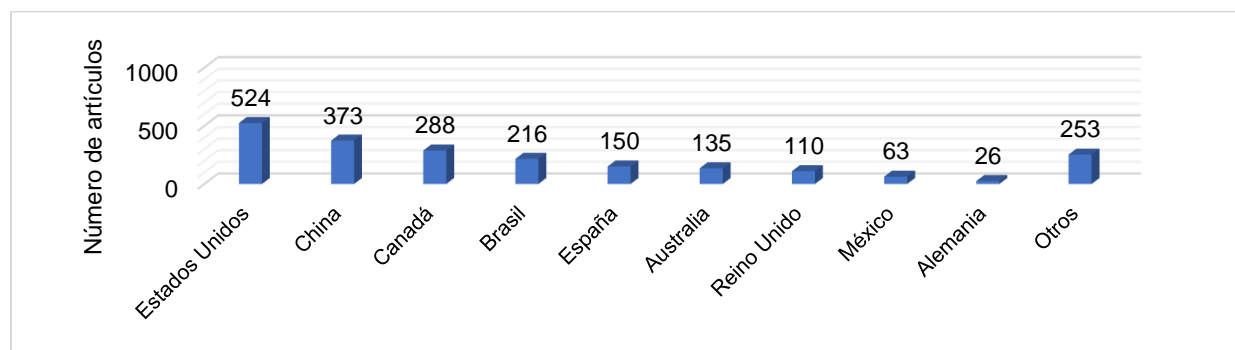
Número de Artículos Relevantes Anuales sobre Uso de Biosólidos en la Restauración de Suelos



En cuanto al país de origen de las publicaciones, los datos de la figura 22 permiten señalar que Estados Unidos participa con prácticamente la cuarta parte (24,5%), seguido de China con el 17,4%, Canadá con el 13,5% y Brasil que tiene un peso del 10,1%.

Figura 22

Número de Artículos Relevantes sobre Uso de Biosólidos en la Restauración de Suelos según País de Origen



Según Jurado, Luna y Barretero (2004), en países como Estados Unidos, la Unión Europea y México, la producción de biosólidos ya presentaba un fuerte crecimiento desde la primera década del 2000, al punto que el primero alcanzaba cerca de 12 millones de toneladas y para 15 países europeos 7,5 millones, una posible respuesta al incremento en las publicaciones que buscan determinar sus efectos sobre los suelos. Además, de acuerdo con datos del Banco Mundial (2020), los países que cuentan con economías de mayor tamaño por su producción y población que cuentan con tecnologías como las PTAR, generan una gran cantidad de lodos y prácticamente el 20% lo convierten en biosólidos y se destinan para mejorar los rendimientos de la agricultura a partir de su aplicación a los suelos.

De acuerdo con Peñarete (2012), la tendencia por los estudios obedece a que cada vez más se buscan alternativas para mejorar las condiciones edáficas de los suelos, sobre todo para garantizar la seguridad alimentaria desde la agricultura, siendo los biosólidos una alternativa de fertilización con bajos costos. Para Rubiano (2019), los biosólidos cada vez son más utilizados como emienda de suelos que es una forma de

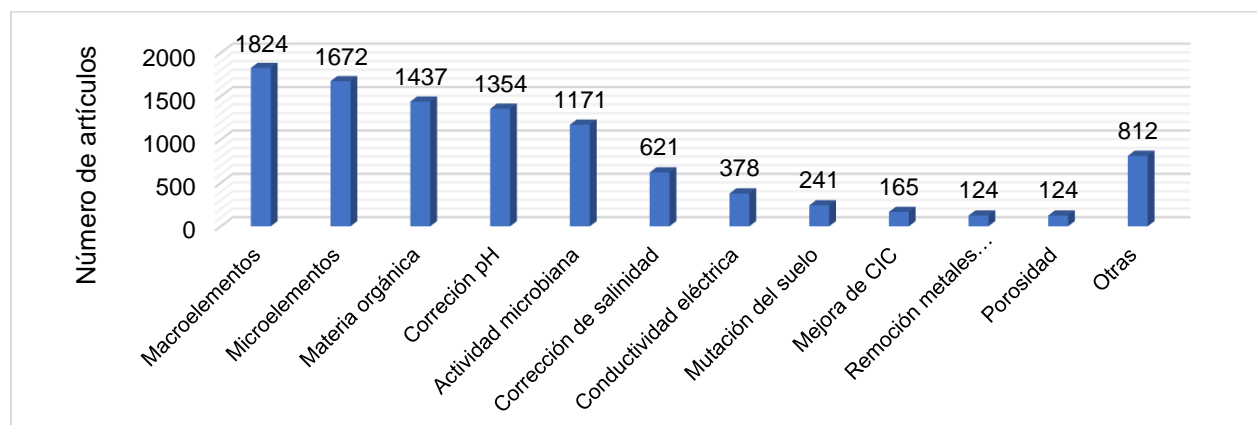
evitar a la disposición en zonas como rios o cuerpos de agua y los usos en la agricultura permiten aprovechar sus compuestos químicos que mejoran el desempeño de cultivos.

Estas tendencias y usos alternativos de lodos producto de aguas residuales, sobre todo en países con alta demanda de productos agrícolas que requieren un mejor desempeño de los cultivos, puede ser una de las razones por las que las publicaciones al respecto son más abundantes en las grandes economías, sobre todo en aquellas que ha sobre explotado sus suelos (Hou et al., 2022; Potisek et al., 2015).

Al discriminarse las publicaciones según las finalidades sobre las propiedades de los suelos para las que se realizaron enmiendas con biosólidos, los valores absolutos de la figura 23 permiten señalar que el 85,3% describen resultados sobre el mejoramiento de los niveles de macroelementos como el nitrógeno, fósforo y potasio; el 78,2% en mejoras en los contenidos de microelementos como el boro, magnesio, azufre y otros; el 67,2% sobre el aumento de materia orgánica; el 63,3% acerca de estabilización del pH y el 54,8% en aumento de la actividad microbiana y otros efectos positivos. Cabe señalarse que la cantidad de artículos según cada propiedad del suelo no son exclusivos sobre una, pues describen varias simultáneamente.

Figura 23

Número de Artículos Relevantes sobre Uso de Biosólidos según Propiedad de los Suelos



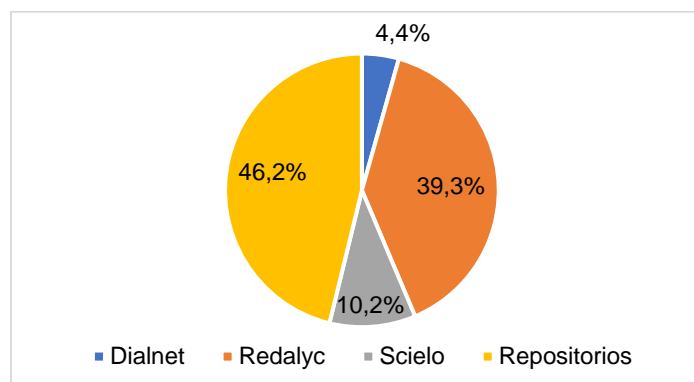
A partir de los anteriores hallazgos, puede señalarse que los biosólidos como tecnología de enmienda de suelos es ampliamente utilizada para mejorar las propiedades físicas, químicas y biológicas para mejorar el crecimiento de plantas. Según Escobar (2010), los biosólidos que en la mayoría de los casos son subproductos de las PTAR, tienen la ventaja de retribuir a los suelos aquellos elementos como el fósforo, potasio y cenizas que pueden aprovecharse a un bajo costo y en algunos casos prácticamente con precio nulo para los agricultores (porque ayudan a que las PTAR se descongestionen de este material), sobre todo en aquellos países donde se aprovechan en la irrigación de cultivos a gran escala (Borda y Tafur, 2021; Kumar y Hundal, 2016).

4.2.2. Revisión de Antecedentes Nacionales

Los resultados de la búsqueda muestran una producción de 275 artículos y tesis durante el periodo 2010-2022, siendo los repositorios digitales de universidades y Redalyc en donde existe un mayor número de trabajos que tratan de la enmienda o restauración de suelos mediante biosólidos, pues cuentan con el 46,2% y 39,3% respectivamente que se derivan de los números absolutos de la figura 24.

Figura 24

Número de Artículos sobre Uso de Biosólidos en la Restauración de Suelos en Colombia



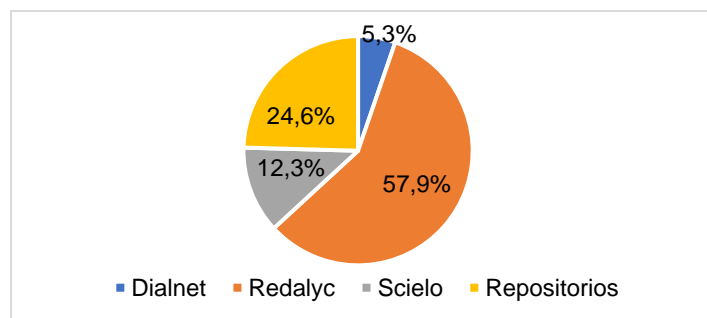
Como producto de la implementación de los criterios de inclusión y exclusión la literatura es relativamente escasa, pues las publicaciones relevantes resultantes son de

solo 57 durante el periodo 2010-2022, de los cuales el 58% están disponibles Redalyc, el 12,3% en Scielo y el 5,3% en Dialnet en calidad de artículos, mientras que el 24,6% corresponde a tesis de niveles de maestría y doctorado que se encuentran en los repositorios digitales de universidades que también se pueden considerar relevantes para la presente investigación.

Estos porcentajes corresponden a los valores absolutos que se describen en la figura 25. Al igual que en los estudios a nivel mundial, tampoco se encontró estudios sobre enmiendas de suelos por medio de biosólidos en zonas de cultivos de coca, por lo que la ecuación de búsqueda se redujo hasta el término biosólidos y su traducción al inglés y el portugués, con lo cual se obtuvo una distribución porcentual como se indica a continuación.

Figura 25

Número de Artículos Relevantes sobre Uso de Biosólidos en la Restauración de Suelos en Colombia

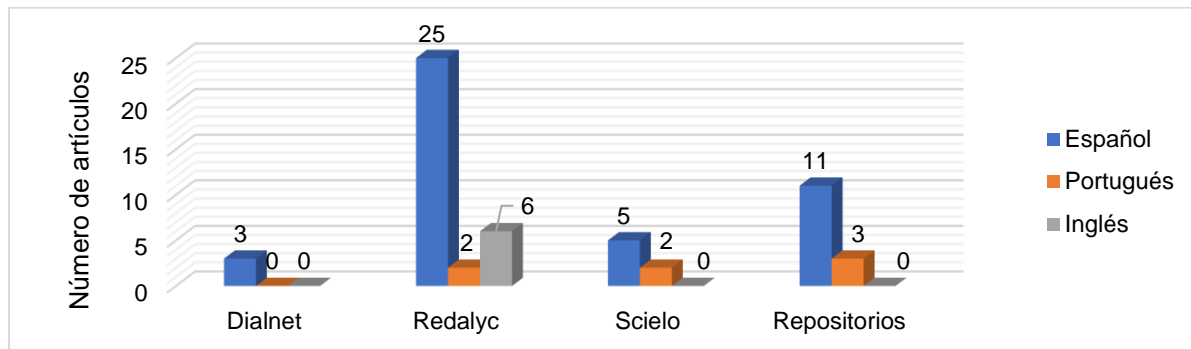


Sobre los idiomas de publicaciones en el ámbito nacional, prevalecen los trabajos en español que representan el 77,2%, seguidos de los que están en portugués que constituyen el 12,3% y en inglés el 10,5%, que son los porcentajes de la suma de los valores por idioma de la figura 26. No obstante, puede destacarse que aunque la mayoría de las publicaciones son en español, también presentan abstract, lo que permite una

mayor visibilidad ante la comunidad científica para dar cuenta de investigaciones en el territorio nacional sobre el uso de biosólidos para la restauración de suelos.

Figura 26

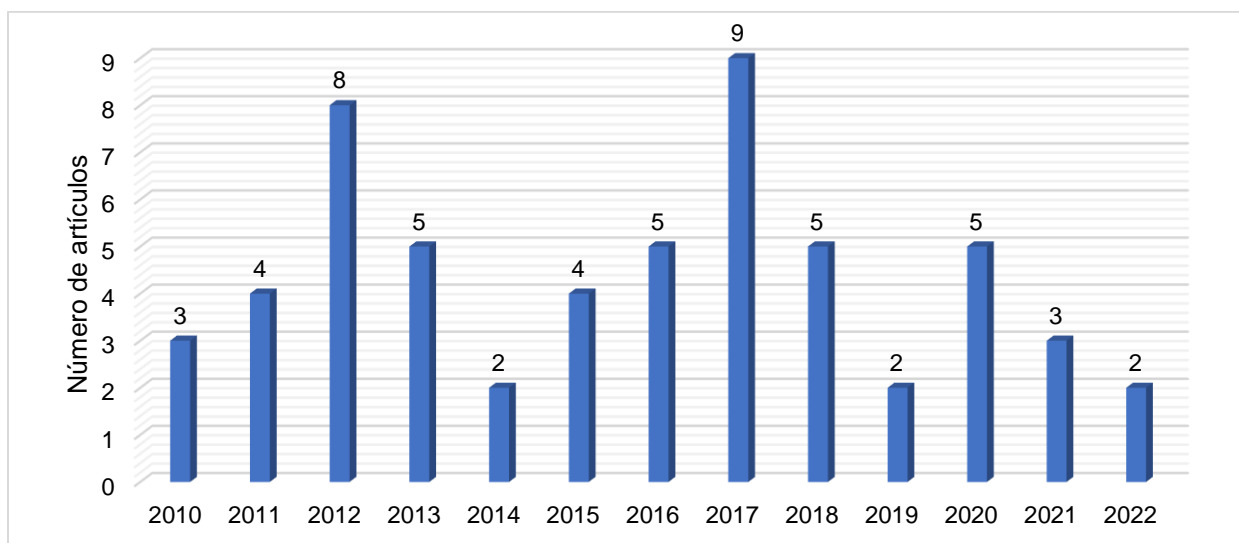
Número de Artículos Relevantes sobre Uso de Biosólidos en la Restauración de Suelos según Idioma en Colombia



Sobre la cantidad anual de trabajos, los resultados muestran que 2012 y 2017 fueron los más prolíficos del periodo y en ninguno del resto de años se superaron los cinco trabajos publicados según se indica en la figura 27.

Figura 27

Número de Artículos Relevantes Anuales sobre Uso de Biosólidos en la Restauración de Suelos en Colombia



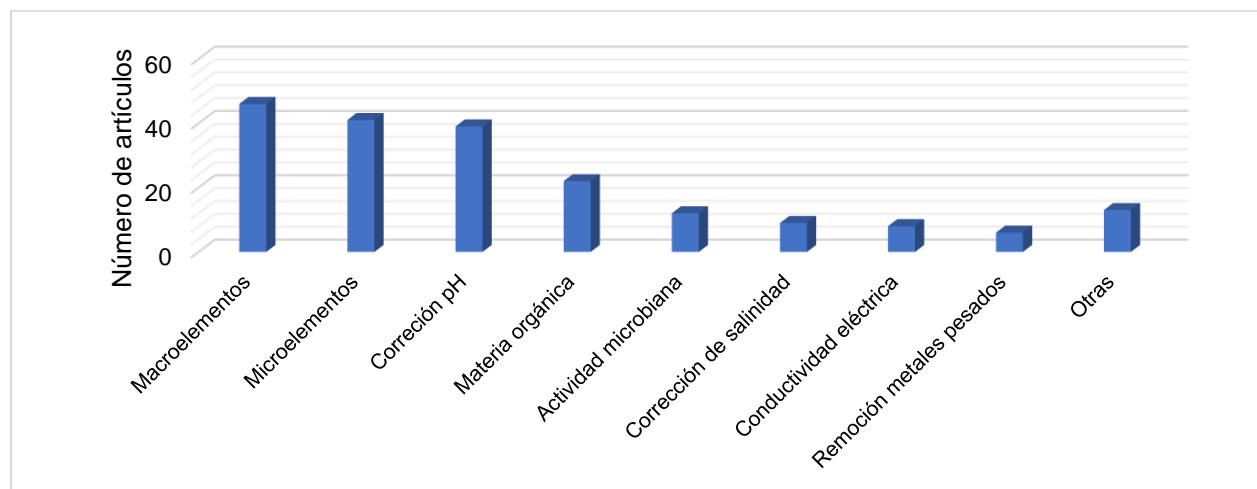
De acuerdo con los indicadores a nivel mundial, el promedio anual de publicaciones durante el periodo 2010-2022 es de 164 investigaciones, mientras que en

al ámbito nacional la media es de solo 4 trabajos que, si bien evidencian una exploración del uso de los biosólidos para enmendar suelos, requiere fortalecer los estudios al respecto para efectos de restaurar suelos, sobre todo en zonas de afectaciones graves.

De los trabajos que se han realizado en Colombia sobre implementación de biosólidos según el tipo de propiedades de los suelos que se buscó mejorar, los datos absolutos que se presentan en la figura 28 muestran que el 80,7% de las enmiendas con biosólidos se hicieron para mejorar los contenidos de macroelementos, el 72% para incrementar los microelementos, el 68,4% para corregir el pH, el 38,6% para incrementar la materia orgánica y en menores porcentajes están los trabajos que buscaron aumentar la actividad microbiana, corregir la salinidad, entre otros efectos positivos sobre las propiedades de los suelos.

Figura 28

Número de Artículos Relevantes sobre Uso de Biosólidos según Propiedad de los Suelos



Aunque el número de publicaciones colombianas disponibles en las tres bases de datos elegidas y los repositorios solo representan el 2,7% frente al total de investigaciones de ScienceDirect, Scopus y Springer, pueden considerarse esfuerzos importantes que han enfocado sus métodos para demostrar la pertinencia de los

biosólidos como alternativa de enmienda de suelos. De hecho, algunos estudios advierten que a pesar de los múltiples beneficios de los biosólidos para la enmienda de suelos, en el país no se han difundido ampliamente (Badillo, 2019). Algunas de las razones obedecen a la creencia que, al ser subproductos de las PTAR, tienen consigo partículas patógenas que pueden afectar la salud de las comunidades, pero nada más alejado de la realidad debido a que son sometidos a procesos de estabilización y esterilización que garantizan la seguridad biológica (Araque, 2006; Martín et al., 2019).

4.2.3. Efectividad de los Biosólidos en Enmienda de Suelos

En el caso de las investigaciones a nivel internacional, se encuentran resultados que evidencian la efectividad de los biosólidos para la enmienda de los suelos, pues de acuerdo con cada propiedad del suelo, logra comprenderse que son una alternativa biotecnológica para la restauración de las condiciones edáficas, esto teniendo en cuenta algunos resultados que se describen en la tabla 14.

Tabla 14

Efectividad de Biosólidos en Enmienda de Suelos en el Mundo

Propiedades del suelo	Referencia	Eficiencia	Tiempo
Macroelementos	(Basta et al., 2016)	Aumento de N y P en 10%	90
	(Alvarez y Evanylo, 2019)	Aumento del 2,5% de N	2 años
	(Kumar y Hundal, 2016)	Recuperación entre 20% y 50% de P en excretas	~3 años
	(Harris, Gardner y Pypker, 2021)	Incremento de N y P	~17 años
	(Rigby et al., 2016)	Incremento de N del 2% al 20%	6 meses
	(Martín et al., 2019)	Aumento en niveles de N del 14,3%	8 meses
	(Brutti y Vallejos, 2016)	Aumento de K en 8,4% y P en 10%	~4 meses
	(Burdecea et al., 2019)	Aumento de P en 327%	
	(Lin, et al., 2022)	Incremento de N entre 18 y 33%	3 años
	(Romanos et al., 2021)	Mejora de contenidos de N y K en 45% y 27%	4 meses
(Schillinger, Cogger y Bary, 2022)	Incremento de P en 37,3%	1 año	
(Bui, 2013)	Mejoramiento de contenido de N en 15,4%	60 días	
(Hou et al., 2022)	Incremento de P en 27,5%	5 meses	

Microelementos	(Burdecea, Zheljaskov, Lobiuc y Pintilie, 2019)	Aumento de contenidos de micronutrientes: Mg= 17%, Cu = 83%, Zn = 1062% y Mo = 64%	2 años
	(Onchoke y Olasumbo, 2021)	Incremento de 19–32 % en Mo	6 meses
	(Romanos et al., 2021)	Mejora de Mg, S y Mn en 3,2%	4 meses
	(Schillinger, Cogger y Bary, 2022)	Aumento de Zn, Mn, Cu y Fe entre 13,3% y 24,1%	1 año
Corrección de pH	(Lin et al., 2022)	Estabilización de pH 8,5 a 5,4	3 años
	(Onchoke y Olasumbo, 2021)	Reducción de pH de 9,3 a 6,4	6 meses
	(Jiang et al., 2016)	Aumento de pH de 2,5 a 5,2	120 días
	(Romanos et al., 2021)	Estabilización de pH en 5,6	4 meses
	(Azhar et al., 2022)	pH de 3,2 a 5,8	4 meses
	(Beggio, Peng y Lü, 2022)	Aumento de pH de 3,2 a 5,7	3 meses
Materia orgánica	(Bui, 2013)	Reducción de acidez (3,4 a 5,4)	60 días
	(Alvarez y Evanylo, 2019)	Aumento de almacenamiento de C en el suelo entre 37 a 84 %	2 años
	(Kumar y Hundal, 2016)	Reintegro de 30% de carbono al suelo	~3 años
	(Harris et al., 2021)	Estabilización del carbono	~17 años
	(Jiang et al., 2016)	Aumento de niveles de materia orgánica del 13,2%	120 días
	(Onchoke y Olasumbo, 2021)	Aumento entre 88.62–92.23% de K	6 meses
	(Saffari et al., 2022)	Aumento de carbono del 63,2%	2 años
	(Basta et al., 2016)	Aumento de 20% de la actividad enzimática	90
	(Verma, Mandal y Singh, 2021)	Incremento de 15% de bacterias rizosféricas y hongos <i>Penicillium sp</i>	90 días
	Actividad microbiana	(Yadav, Yadav y Gole, 2021)	Incremento de población de bacterias en 123%
(Jagannathan, Venkatraman y Vasuki, 2014)		Incremento de bacterias degradantes de materia orgánica	3 meses
(Buvaneswari, Damodarkumar y Murugesan, 2013)		Propagación de hongos <i>Aspegillus sp</i> y <i>Penicillium sp</i> y <i>Fusarium sp.</i>	1 mes
(Hernández, Álvarez y Ríos, 2017)		Repoblamiento de <i>Aspergillus niger</i> degradante de metales pesados	2 meses
(Sahu, 2019)		Fomento de crecimiento de <i>Pseudomonas sp</i>	1 mes
(George et al., 2022)		Variación de 123% del microbioma del suelo	6 meses
Corrección en metales pesados		(Barbarick, Ippolito y McDaniel, 2016)	Reducción de concentración del 12,3% de Fe, 6% de Zn, 25,3% de Hg en suelos de minería.
	(Chang et al., 2019)	Reducción de concentración de Cd, Cr, Cu, Ni y Pb en 12,5%, 8,5%, 23,4%, 16,4% y 6,7%	1 año
	(Wang et al., 2021)	Reducción de Mo en 378%	1 año
	(Aghababaei, Raiesi y Hosseinpur, 2021)	Disminución de Cd en 12,1%	4 meses

	(Barraoui y Labrecque, 2021)	Remoción de 84–88% of Cd, 78–79% of Cu, and 79–81% of Zn a través de bacterias de los lodos.	3 meses
	(Azhar et al., 2022)	Remoción de Pb, Cd y Hg en 3,4%, 6,7% y 4,3%	4 meses
	(Romanos et al., 2021)	Reducción de Ni en 23,4%	4 meses
	(Hernández, Álvarez y Ríos, 2017)	Degradación de Pb y Cd	2 meses
	(Beggio, Peng y Lü, 2022)	Reducción de salinidad de 12%	3 meses
	(Hou et al., 2022)	Corrección de salinidad en 9,8% suelo de cultivos de algodón	5 meses
Otros	(Onchoke y Olasumbo, 2021)	Eliminación del 23% de salinidad	12 meses
	(El-Wahed et al., 2020)	Reducción del 10,5% de salinidad	4 meses
	(Bui, 2013)	Reducción de 9,3% de salinidad	60 días
	(Daliakopoulos et al., 2016)	Remoción de 5,% de sales	21 días

En el caso de Colombia, los resultados que se presentan en la tabla 15, permiten confirmar que los biosólidos son una alternativa que también se ha explorado para efectos de la enmienda de suelos.

Tabla 15

Efectividad de Biosólidos en Enmienda de Suelos en Colombia

Propiedades del suelo	Referencia	Eficiencia	Tiempo
	(Manjarres et al., 2018)	Incremento de los contenidos de N, P y K	120 días
	(Torres et al., 2010)	Aumento de P de 0,87% a 1,63% (biosólido clase A) y 0,72% a 2,06% (biosólido clase B) Reducción de K de 0,10% a 0,08% (biosólido clase A) y aumento de 0,19% a 0,37% (biosólido clase B)	42 días
Macroelementos	(Torres et al., 2015)	Aumento de N de 2,36% a 15,84% (tratamiento 1) Aumento de P 44,38% a 60,05% (tratamiento 2) Aumento de K 0,46% a 0,61% (tratamiento 2)	12 meses
	(Silva, Bedoya y Torres, 2013)	N = 25g/kg (biosólido deshidratado); 25,8 g/kg (biosólido secado) y 18 g/kg (alcalinizado) P = 14,5 g/kg (biosólido deshidratado); 14,3 g/kg (biosólido secado) y 9,8 g/kg (alcalinizado). K = 1,0 g/kg (biosólido deshidratado); 0,94 g/kg (biosólido secado) y 0,72 g/kg (alcalinizado)	13 días

	(Rodríguez, González y Camargo, 2019)	Contenido de 2,8% de N y 2,1% de P.	28 días
Microelementos	(Silva, Bedoya y Torres, 2013)	Mg = 5,5 g/kg (biosólido deshidratado); 5,7 g/kg (biosólido seco) y 5,2 g/kg (alcalinizado) Ca = 35,4 g/kg (biosólido deshidratado); 31,9 g/kg (biosólido seco) y 137,5 g/kg (alcalinizado) S = 17,6 g/kg (biosólido deshidratado); 13,8 g/kg (biosólido seco) y 11,5 g/kg (alcalinizado) B = 0,93 ppm (biosólido deshidratado); 0,93 ppm (biosólido seco) y 0,92 ppm (alcalinizado)	13 días
	(Escobar, 2010)	Aumento de elementos menores (Mg=3,4%; B= 1,2%; S= 2,5% y Mn= 2,1%)	6 meses
	(Torres et al., 2010)	Reducción de carbono orgánico de 18,6% a 9,8% (biosólido clase A) y 19% a 13,2% (biosólido clase B).	42 días
Materia orgánica	(Torres et al., 2015)	Reducción de materia orgánica de 28,4% a 16,7% (biosólido clase A) y 32,3% a 22,4% (biosólido clase B)	12 meses
	(Delgado, 2017)	Incremento materia orgánica de 4,2% a 4,4% (tratamiento 2)	3 meses
Corrección de pH	(Torres et al., 2010)	Incremento entre 52 y 77% de materia orgánica	42 días
	(Silva, Bedoya y Torres, 2013)	Aumento de 6,7 a 6,5% (biosólido clase A) y 7,05 a 7,40% (biosólido clase B)	13 días
	(Rubiano, 2019)	7,7 biosólido deshidratado; 7,8 seco térmicamente y 12,1 alcalinizado.	7 días
	(Rodríguez et al., 2019)	Aumento de pH hasta niveles de alcalinidad ~12,5 promedio	28 días
	(Torres et al., 2010)	Estabilización en 7,2	42 días
Actividad microbiana	(Tapie, Prato y Sánchez, 2016)	Reducción de <i>Salmonella sp</i> a 0,0%. Crecimiento de hongos <i>Aspergillus sp</i> Incremento de hongos <i>Pleurotus ostreatus</i> , <i>Aspergillus sp</i> y <i>Bacillus sp</i> .	3 meses
	(Rubiano, 2019)	Incremento de actividad microbiana en raíces de plantas sembradas en suelos con biosólidos	6 meses
Estabilización de metales pesados	(Badillo, 2019)	Reducción de metales pesados procedentes de vinaza de ingenios Cd = 065 ppm (biosólido deshidratado); 0,77 ppm (biosólido seco) y 0,77 ppm (alcalinizado).	120 días
	(Silva, Bedoya y Torres, 2013)	As = 0,64 ppm (biosólido deshidratado); 0,53 ppm (biosólido seco) y 0,58 ppm (alcalinizado). Hg = 1,77 ppm (biosólido deshidratado); 0,77 ppm (biosólido seco) y 0,73 ppm (alcalinizado).	13 días

Otros	(Peñarete, 2012)	Mejoramiento de la porosidad y estabilidad estructural	60 días
	(Escobar, 2010)	Mejoramiento de la textura y porosidad	6 meses
	(Contraloría General de Medellín, 2015)	Restauración de 3% del suelo	3 meses
	(Peña, 2012)	Mejoramiento de la conductividad hidráulica	4 meses
	(Delgado, 2017)	Restauración de suelos por erosión hídrica Mejoramiento de retención de agua de 56 a 98%	3 meses

4.2.4. Análisis de la Información

De acuerdo con los resultados descritos en las anteriores tablas, los biosólidos en primer lugar contribuyen a mejorar las cantidades de macronutrientes como el nitrógeno (N), potasio (K) y fósforo (P), al punto que en algunos casos como lo señala Burdecea et al. (2019), el fósforo se incrementó en 327%, o los que señala Brutti y Vallejos (2016) de 8,4% y 10,2% de K y P respectivamente. A estos se suman los resultados descritos en la investigación de Torres et al. (2015), que como caso colombiano demuestran de 15,84% en N, del 60,05% en P y del 0,61% en K.

Son una fuente de micronutrientes como el magnesio (Mg), manganeso (Mn), boro (B), azufre (S) y otros esenciales para el desarrollo de las plantas, los cuales aumentan entre el 10% y 25% al revisarse los estudios descritos a nivel internacional (Schillinger, Cogger y Bary, 2022; Onchoke y Olasumbo, 2021). De estos resultados significativos también dan cuenta los realizados en Colombia que evidencian aumentos entre el 2,5% y 6,7% en Mg, Ca, B y otros (Silva, Bedoya y Torres, 2013; Escobar, 2010).

Sobre los resultados de enmiendas con biosólidos para mejorar la cantidad de materia orgánica, a nivel internacional puede destacarse que logran incrementar niveles de carbono en más del 84% en algunos suelos que han sido sobre explotados, principalmente por los monocultivos (Álvarez y Evanylo, 2019). En otros casos, donde la

erosión ha causado pérdida de la capa primaria, la aplicación de esta alternativa logró incrementar en 13,2% la materia orgánica (Jiang et al., 2016). En el contexto nacional, además de mejorar el contenido entre el 50% y 80% según el trabajo de Delgado (2017), también han contribuido a estabilizar la cantidad óptima entre el 16% y el 32% según el tipo de suelo, sobre todo de los clasificados como franco-arcillosos (Torres et al., 2010)

En cuanto a la implementación de los biosólidos para efectos de estabilizar el pH, algunos estudios muestran que son efectivos al lograr reducir la alcalinidad, básicamente por el la aplicación excesiva de cal o fósforo que han propiciado niveles de 9,3 y que una vez enmendados con estos producto se redujeron a 6,4 (Onchoke y Olasumbo, 2021) o de 12,5 a 6,8 – 7,5. (Rubiano, 2019). En otros casos, corrigieron la acidez al lograr modificar niveles de 2,5 a 5,2 (Jiang et al., 2016) y de 3,2 a 5,8 (Azhar et al., 2022), lo que significa que de acuerdo con el pH de los suelos y el propósito que persiga, los biosólidos pueden contribuir a estabilizarlos.

Las ventajas también están demostradas en el mejoramiento de la actividad microbiana, pues a raíz de la aplicación de biosólidos, en algunos suelos las poblaciones de bacterias rizosféricas degradantes de la materia orgánica como *Pseudomonas sp* aumentaron en tasas del 15% según (Verma, Mandal y Singh, 2021), en 20% en el trabajo de Basta et al. (2016), así como en hongos con aumentos superiores al 25% en el caso de *Aspegillus sp*, *Penicillium sp* y *Fusarium sp* de acuerdo con la investigación de Buvaneswari, Damodarkumar y Murugesan (2013).

Otros estudios demuestran eficacia de los biosólidos en la estabilización de contenidos de metales pesados en los suelos, pues evidencian reducciones del 3% de mercurio en suelos afectados por la minería aurífera como le demuestran Barbarick,

Ippolito y McDaniel (2016); del 12,5% en cadmio, 8,5% en Cromo y 6,7% en plomo según Chang et al. (2019) o de molibdeno en 378% de acuerdo con Wang et al. (2021). En el ámbito nacional, el estudio de Silva, Bedoya y Torres (2013) evidencia disminuciones de cadmio hasta en 0,77 ppm, arsénico en 0,64 ppm y mercurio en 1,77 ppm.

Los anteriores indicadores de eficiencia de los biosólidos permiten comprender que son una alternativa viable en términos de resultados para la enmienda de suelos que han sido afectados por prácticas antrópicas inadecuadas, entre las cuales puede incluirse el cultivo de coca dados los impactos negativos descritos.

4.3. Viabilidad de la Implementación de los Biosólidos para la Restauración de Suelos Afectados por los Cultivos Ilícitos en Llorente del Municipio de Tumaco.

Como producto de la revisión bibliográfica, se han identificado algunos antecedentes a nivel nacional que han implementado la enmienda de suelos a través del uso de biosólidos, los cuales son los referentes para determinar la viabilidad técnica de replicar los procesos en la zona de Llorente.

4.3.1. Requerimientos para la Viabilidad Técnica

La viabilidad técnica depende de varios aspectos, tales como los insumos, los materiales, los métodos a implementarse y las normas relacionadas con la enmienda o restauración de suelos en Colombia, ya que los biosólidos resultan de aguas residuales domésticas e industriales que deben cumplir con estándares de calidad en su tratamiento para usarlos como compuestos de regeneración edáfica.

La información que se presenta en la tabla 16 permite comprender si están dadas las condiciones para la implementación de los biosólidos para la enmienda de suelos en la zona de Llorente.

Tabla 16

Requerimientos de Insumos, Equipos y Maquinaria para la Implementación de Biosólidos en Suelos de Llorente

Insumo/equipo/maquinaria	Disponibilidad		Lugar de disponibilidad	Posible fuente de financiación
	Si	No		
PTAR	X		Túquerres (Nariño) Cuaspud (Nariño)	Alcaldías de Túquerres y Cuaspud
Biosólidos	X		Túquerres (Nariño) Cuaspud (Nariño)	Alcaldía de Tumaco Gobernación de Nariño
Insumos para desinfección de biosólidos (cal agrícola)	X		Tumaco, Túquerres, Ipiales y Pasto	Alcaldía de Tumaco Gobernación de Nariño Comunidad de Llorente
Espacio de almacenamiento de biosólidos tratados	X		Túquerres (Nariño) Cuaspud (Nariño)	Alcaldías de Túquerres y Cuaspud
Espacio de almacenamiento de biosólidos tratados en Llorente	X		Llorente (Tumaco)	Alcaldía de Tumaco Gobernación de Nariño Comunidad de Llorente
Vehículos de transporte (volquetas)	X		Tumaco, Túquerres, Ipiales y Pasto	Alcaldía de Tumaco
Material cobertor en medio de transporte	X		Tumaco, Túquerres, Ipiales y Pasto	Tumaco, Túquerres, Ipiales y Pasto
Buldócer	X		Tumaco	Alcaldía de Tumaco Gobernación de Nariño
Laboratorio de análisis de suelos y biosólidos	X		Tumaco y Pasto (Universidad de Nariño)	Alcaldía de Tumaco Gobernación de Nariño
Reactivos y otros insumos de laboratorio	X		Pasto	Alcaldía de Tumaco Gobernación de Nariño
Herramientas de labranza	X		Tumaco	Comunidad de Llorente

Fuente: elaboración propia con base en Borda y Tafur (2021) y Superservicios (2020)

De acuerdo con la anterior información, al menos en términos de disponibilidad de insumos, equipos y maquinaria la implementación es viable y en cuanto a la financiación, si bien no se han establecido los precios, en la actualidad es posible sufragarse mediante programas de los gobiernos locales, departamental y nacional, máxime cuando en la zona de Llorente existe una problemática ambiental grave, tal como se evidenció en la aproximación bajo el análisis de impacto bajo el método EPM-Arboleda (Arboleda, 2008).

Además de los anteriores requerimientos, los biosólidos deben cumplir con parámetros físicos, químicos y biológicos definidos en el Decreto 1287 de 2014 (Colombia, 2014), los cuales se describen en la tabla 17.

Tabla 17

Parámetros Físicos, Químicos y Biológicos de los Biosólidos

Criterio	Variable	Unidad de medida	Valores máximos permisibles según categoría de biosólido	
			Categoría A	Categoría B
Metales	Arsénico (As)		20,0	40,0
	Cadmio (Cd)		8,0	40,0
	Cobre (Cu)		1.000,0	1.750,0
	Cromo (Cr)		1.000,0	1.500,0
	Mercurio (Hg)	mg/kg de biosólido	10,0	20,0
	Molibdeno (Mb)	(base seca)	18,0	75,0
	Níquel (Ni)		80,0	420,0
	Plomo (Pb)		300,0	400,0
	Selenio (Se)		36,0	100,0
	Zinc (Zn)		2.000,0	2.800,0
Microbiológicos	Coliformes fecales	Unidades Formadoras de Colonias - UFC/g de biosólido (base seca)	<1,00 E (+3)	<2,00 E (+6)
	Huevos de Helmintos Viables	Huevos de Helmintos viables/4 g de biosólido (base seca)	<1,0	<10,0
	Salmonella sp.	Unidades Formadoras de Colonias - UFC / en 25 g de biosólido (base seca)	Ausencia	<1,00 E (+3)
	Virus Entéricos	Unidades Formadoras de Placas – UFP/4 g de biosólido (base seca)	<1,0	

De acuerdo con la investigación aplicada de Peñarete (2012), son parámetros que pueden cumplirse mediante procesos de estabilización y desinfección en las mismas PTAR y espacios destinados al almacenamiento de los biosólidos resultantes.

De acuerdo con Borda y Tafur (Borda & Tafur, 2021), existen dos formas por las cuales es viable de satisfacerse tales exigencias: la digestión biológica anaerobia mesófila y la estabilización aerobia mesófila y en el caso de la primera lo que ocurre es la degradación de las aguas residuales por microorganismos adecuando el pH de los efluentes, pero esta solo estabiliza el material; mientras que la segunda logra un alto nivel de desinfección, pero no en su totalidad.

Para lograr biosólidos saneados, Araque (Araque, 2006) sugiere un proceso adicional consistente en un tratamiento alcalino y térmico, donde el principal ingrediente es la cal que incrementa el pH de los lodos que destruye la actividad microbiana responsable de malos olores y vectores, al tiempo que inactiva los virus, bacterias y otros microorganismos patógenos.

4.3.2. Identificación de Viabilidad Social

Con el propósito de conocer las percepciones de la comunidad acerca de la implementación de los biosólidos como alternativa de restauración de los suelos afectados por los cultivos de coca, se realizó un taller con algunas personas que estuvieron dispuestas a conocer de esta biotecnología, principalmente de quienes conforman la Junta de Acción Comunal. Para ello, se desarrolló una reunión en la escuela del área urbana de Llorente que se basó en las preguntas contenidas en el Anexo 3, así como la presentación de conocimientos acerca del tratamiento, ventajas y desventajas de los biosólidos.

Inicialmente se preguntó sobre si las siembras de coca generan problemas sobre los suelos en la zona de Llorente y las respuestas fueron en el mismo sentido que en el caso de las personas entrevistadas previamente, obteniéndose opiniones como las siguientes:

Todos sabemos que se daña la naturaleza y pues el suelo queda descobijado y se agota muy rápido, pero es lo que nos da platica, los otros cultivos ya no valen la pena tenerlos porque son muy baratas las cosechas, la gente las pagan mal.

Lo que dice el compañero es cierto, es lo que único que nos da pa'vivir, pero como es ilegal, la gente cada vez se va más lejos a dañar selva virgen y como eso solo produce bien en un poco tiempo, pues allá lejos la gente deja la tierra botada.

Lo que pasa es que la coca no es legal y vienen y la fumigan que es lo que más daño le hace a los suelos y a toda la naturaleza, porque si de daños se puede decir, es que pa'los cultivos legales también hay que tumbar monte, pero como la otra la persigue el gobierno, entonces la gente se va mas adentro de la selva y daña la naturaleza y como son tierras lejanas, después la gente la deja botada.

Luego, al indagarse sobre las acciones de las autoridades locales, regionales y nacionales para restaurar los suelos, las respuestas se limitaron a responsabilizar a los gobiernos por el abandono de la comunidad dejándola a merced de una actividad que, aunque ilegal, es la única que les procura ingresos para satisfacer sus necesidades.

Pues para serle sincero, aquí ningún gobierno se ha preocupado por la comunidad y menos por la naturaleza, solo se han dedicado a mandarnos glifosato y al ejército para que nos ataquen como si fuéramos delincuentes, pero no han hecho nada por esta tierra.

Si, por eso es lo que le decíamos, es lo que tenemos para vivir un poco mejor que antes, pero no hay nada que se haya hecho por cuidar la naturaleza, ni la alcaldía, ni la gobernación, nadie, de esta tierra nadie se conduele.

Así mismo, se buscó conocer sobre las acciones que ha emprendido la comunidad para restaurar los suelos y las opiniones dan a entender que son nulas y aunque las personas son conscientes de su responsabilidad, manifiestan que no tienen los medios para tal propósito.

Pues vea, nos quejamos de que el gobierno no ha hecho nada, pero nosotros tampoco. Somos los primeros que dañamos la naturaleza, así sea porque nos toca para tener de qué vivir, pero tampoco hacemos nada por cuidar lo que es de nosotros.

Como dice la secretaria de la junta, dañamos lo que es de nosotros y no hacemos nada por cuidarlo o recuperarlo, pero el problema es que no sabemos cómo, no nos han dicho qué hacer, solo vienen y fumigan o arrancan las matas de coca, pero no sabemos qué hacer con los suelos que es lo que usted pregunta.

No obstante, se preguntó sobre si conocían algunas formas de mejorar los suelos, obteniéndose respuestas que enfatizan en los fertilizantes químicos y algunas que dan cuenta del uso de compost y cenizas resultantes de las cocinas de leña de los hogares de la zona.

Lo que siempre hacemos es aplicar abonos como el 10-30-10 o el 13-26-6 en media luna o en círculo en el puesto donde están las matas y a veces las fumigamos con abonos foliares para que se tengan buenas hojas, de resto no más.

Pero también se echa ceniza de las cocinas, que es muy buen abono para que las matas crezcan bien, más que todo en las que están cerca de la casa, porque para ir a donde están los cultivos de coca pues es muy lejos y es muy poquita para esos lotes que son muy grandes, no alcanza.

Hay algunas personas que tienen lombrices y hacen compost, pero más que todo para matas de pancoger, de la chagra, pero para que alcance para los suelos donde hay coca es muy difícil, eso es muy poquito. Yo creo que tocaría que todos tengamos una lombricera siquiera, pero faltaría todavía.

Posteriormente se preguntó si conocían acerca de los biosólidos y las respuestas permiten comprender que es una tecnología desconocida, pues según las opiniones de los participantes ignoran qué son y para qué sirven.

Pues yo no había oído de eso y pues no sé qué son ni para qué sirven, pero debe ser algo bueno desde que usted como estudiante de ingeniería nos lo pregunta. Valdría la pena saber de eso y si nos sirve para nosotros.

Yo tampoco y como dice el presidente de la junta, ha de ser algo que nos puede beneficiar a la gente de Llorente así que de mi parte pues estoy muy atento para saber que son los biosólidos, de pronto también podamos ayudar en algo.

Teniendo en cuenta el desconocimiento que manifestaron los participantes, se procedió a proyectar un video sobre el tratamiento y uso de los biosólidos para la enmienda de suelos. El video corresponde a un documental sobre biosólidos de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de la empresa Seapal de Puerto Vallarta, México y está disponible en el enlace electrónico del Anexo 5.

Una vez terminada la proyección del video se formuló la pregunta sobre si las personas asistentes estarían dispuestas a participar de un proceso de restauración de suelos mediante el uso de biosólidos. Las opiniones permiten comprender que es una opción viable socialmente, pero consideran que, al ser un producto resultante de aguas residuales, pueden causar infecciones, sobre los animales de la zona y en la comunidad.

Yo entiendo que son buenos productos para abonar los suelos y como dice el que cultiva maíz en el video, ayudan a que las plantas crezcan mejor, pero como dicen que son de aguas contaminadas con heces de la gente, creo que es peligroso, nos puede dar infecciones.

Sí, yo iba a decir lo mismo que don Carlos, se ve que son productos muy buenos para el suelo, pero no será que nos dan enfermedades, porque como son de aguas negras de pronto tienen muchas bacterias que son dañinas para la salud.

Pues el compost de las lombrices que tienen algunos funcionan con materia fecal de animales como los cerdos, los cuyes y la boñiga del ganado y creo que es muy parecido a los productos que salen en el video y hasta ahora no he oído de vecinos que se hayan enfermado, pero claro, no son materias fecales de la gente que de pronto es más contaminada que las de los animales, o no sé qué diría usted que estudia ingeniería.

En vista de las preocupaciones de los participantes a raíz del origen de los biosólidos, se procedió a presentar un segundo video que ilustra sobre el proceso de

tratamiento a los que son sometidos para efectos de la desinfección y producirlo en condiciones bioseguras para el medio ambiente y las comunidades. El enlace electrónico de este corresponde al del Anexo 6.

A raíz de la proyección del video sobre tratamiento y desinfección de los biosólidos, se procedió a preguntó cuál era la percepción de estos productos para la restauración de los suelos de Llorente y aunque se presentan observaciones al respecto del origen de estos productos, la aceptación como alternativa de biorremediación edáfica mejoró significativamente.

Pues viendo cómo es que se obtienen esos productos, yo creo que, sí se pueden echarlos a los suelos de acá, más que todo los que están descubiertos para que crezca la maleza y se recomponga la tierra y descanse un buen tiempo.

Yo creo que eso es muy bueno, aunque a uno le queda la duda por ser de las aguas que se llevan toda la suciedad de las casas de las ciudades y de las industrias como se dice en el video, pues eso deben tener muchas enfermedades infecciosas y uno no sabe si con lo que le hacen mata todas las bacterias.

Cuando uno pasa por Túquerres, por una zona que le dicen la planta huele muy feo, porque ahí llegan aguas de los baños y todo lo que bota la gente, entonces da miedo que con esos lodos que mostraron en el video se abone la tierra. Pero como decía don Jaime, el compost que se hace en esas lombriceras que les echan de todo, hasta materia fecal de la gente y yo he visto que no desinfectan, pero estos sí, entonces estoy de acuerdo que se usen en Llorente.

Yo también opino lo mismo y como decían en el video, esos son gratis, lo única sería que se pague por traerlos, porque en esas plantas donde los hacen hasta les estorba y entonces por qué no traerlos acá donde nos serviría mucho, hasta pa'sembrar el maíz y pastos pa'l ganado que ahí muestran y se ve que crece muy bueno. Entonces yo estoy de acuerdo en echarle de esos lodos al suelo de acá.

Pues hombre, uno se pregunta qué es más peligroso, si las bacterias que como se dice en el video se matan con cloro, cal y otros productos para tenerse esos biosólidos, o los venenos que le echamos a la tierra para las plagas que atacan la coca y otros cultivos. O los que vienen a tirar las avionetas pa'acabar las matas y a todo lo que les caen. Yo creo que eso se necesita y es bueno para Llorente, entonces estoy de acuerdo en usarlos.

En vista de tales percepciones favorables, se procedió a preguntar sobre las formas de participación de la comunidad para efectos de restaurar los suelos mediante la aplicación de biosólidos, siendo la disposición de mano de obra y de transporte para traerlos las más comunes.

Pues en mi caso podría con mano de obra, no solo mía sino pagándole el jornal a otros amigos para que cuando los traigan los reguemos en los terrenos, aunque eso como lo

mostraban en el video, la misma volqueta no más los va dejando esparcidos. Entonces nosotros lo que haríamos es rastrillarlos para que llegue a todo el terreno donde se echen.

Pues como junta podríamos pedirle a la alcaldía que nos colabore con la volqueta para estar trayéndolos y de pronto hasta la gasolina, pero si no se puede, creo que aquí la gente puede poner una cuota para eso, creo que no sería difícil eso.

Diciéndole a la gente eso se puede, porque cuando es la junta la que invita siempre se ha podido hacer y entre todos cómo no vamos a poder hacer algo que nos va a beneficiar y yo creo que hasta pa'l mismo cultivo de coca les servirá, porque se dice que esos biosólidos abonan mucho la tierra.

Además, se preguntó sobre los requerimientos de la comunidad para el uso de los biosólidos en la restauración de los suelos de Llorente, cuyas respuestas se enfocaron principalmente en el apoyo para la consecución de estos productos y la orientación a la comunidad sobre los beneficios y formas adecuadas de manejo para evitar posibles enfermedades.

Lo primero es que nos ayuden a ubicar un sitio en donde se produzca biosólido, no sabemos si en la de Túquerres se produce lo que se necesita, sino pues en otras partes de Nariño o del país y que lo desinfecten bien.

Pero también sería bueno que personas como usted o ingenieros nos capaciten sobre esto, porque como no sabemos nada, el resto de la gente de pronto no entiende que son buenos y no dejan echarlos en sus tierras.

Yo me uno a lo que dicen los compañeros, necesitamos que esté bien desinfectado con esos procesos que mostraban en los videos y que se capacite a la gente para que dejen echarles a las fincas que tienen, eso sería bueno.

Conforme a las anteriores percepciones de las personas participantes del taller, puede considerarse que los biosólidos son viables desde el punto de vista social, ya que en principio se reconoce la necesidad de restaurar y proteger los suelos, existe una tecnología en el país y a nivel regional que puede contribuir a tal propósito y se presenta una aceptación por parte de integrantes de la JAC para implementarla en Llorente, además de su participación mediante mano de obra o transporte del material.

4.3.3. Identificación de la Viabilidad Económica

De acuerdo con la revisión bibliográfica, la producción de los biosólidos demanda recursos financieros elevados en tanto se requiere de montaje de PTARs y para los tratamientos. Sin embargo, en este caso, los costos de la implementación están representados en los materiales, equipos y maquinaria; los que se requieren para pagos

de recurso humano y los asociados a transporte de los biosólidos. Cabe destacarse que en principio un m³ cúbico de biosólidos tiene un peso específico de 1500 kgs aproximadamente (Borda & Tafur, 2021), de modo que una volqueta con capacidad de 30m³ permite transportar 45 toneladas.

De acuerdo con Peñarete (2012), una hectárea requiere de 24 toneladas de biosólidos, lo que permite inferir que con 45 m³ se pueden enmendar 2 hectáreas. En algunas PTAR de empresas públicas, los biosólidos no tienen costo y de hecho buscan espacios para su disposición como forma de descongestionar los espacios en donde los almacenan, sobre todo si están cerca de las zonas urbanas (CAR, 2019). Por ello, inicialmente se asume que es un producto sin costo de compra. Conforme a ello, una aproximación a los montos monetarios para una enmienda de dos hectáreas semanales es la que se presenta en la tabla 18.

Tabla 18

Requerimientos Económicos para la Implementación de Biosólidos como Enmienda de Suelos en Llorente

Requerimiento	Cantidad	Valor unitario	Valor total	Posible fuente de financiación
Biosólidos/m ³	45	200.0000		
Alquiler de vehículos de transporte (volquetas 30 m ³) 1 vez por semana	1	1.500.000	1.500.000	Alcaldía de Tumaco Gobernación de Nariño
Alquiler de buldócer 1 vez por semana	1	1.000.000	1.000.000	Tumaco, Túquerres, Ipiales y Pasto
Jornales/ 1 vez por semana	5	40.000	400.000	Alcaldía de Tumaco Comunidad de Llorente
Imprevistos	1	100.000	100.000	Comunidad de Llorente
		Sub total/semanal	3.000.000	
Herramientas de labranza (palas y rastrillos) 1 vez por semestre	10	20.000	200.000	Comunidad de Llorente
		Sub total/semestral	200.000	
		Total anual	144.400.000	

De acuerdo con los valores estimados, la implementación de los biosólidos en zonas afectadas por los cultivos de coca en Llorente cuesta 144,4 millones de pesos al año, con lo cual se lograría enmendar 72 hectáreas. Ahora, teniendo en cuenta que se trata de una zona en donde se han deforestado cerca de 20 mil hectáreas, se requeriría de una producción de biosólidos a gran escala que comprometería prácticamente todas las PTAR del país.

4.3.4. Guía de Orientación a la Comunidad para el Uso de Biosólidos

Con base en los aspectos técnicos, sociales y económicos que permiten afirmar la viabilidad de la implementación de la enmienda a través de los biosólidos en la zona de Llorente, entre las tablas 19 a 22 se presentan los aspectos que constituyen una guía de orientación para que la comunidad sea el principal actor de un proceso de restauración ambiental que permita la recuperación de las propiedades edáficas de uno de los más importantes recursos: el suelo.

Tabla 19

Generalidades de la Guía de Orientación de Implementación de Biosólidos

1. GENERALIDADES	
Ítem	Descripción
Objetivo	Fortalecer las capacidades comunitarias para la restauración de suelos afectados por la implementación de cultivos ilícitos en la zona de Llorente, Tumaco.
	Biosólidos Son residuos resultantes de las plantas de tratamientos de agua residuales que por su alto contenido de nutrientes sirven para el mejoramiento de los suelos y el crecimiento de plantas.
Conceptos	PTAR Es la sigla de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales y consisten en una infraestructura en la que se recuperan las aguas generadas en los hogares y las industrias y que se sanean mediante procesos físicos, químicos y biológicos para devolverlos al medio ambiente.
	Suelos Es la primera capa de la corteza terrestre y es en la que se desarrollan plantas y animales gracias a los nutrientes que contiene.
	Cultivos ilícitos Son cultivos que por ley no están autorizados para su desarrollo en el territorio nacional, principalmente porque están destinados a la producción de estupefacientes.

Normatividad	Enmienda	Es la adición de productos al suelo para mejorar sus condiciones de fertilidad, de pH, nutrientes, microorganismos y otras propiedades necesarias para un crecimiento adecuado de plantas.
	Propiedades edáficas del suelo	Se refieren a las condiciones de fertilidad representada en los contenidos de nutrientes como el nitrógeno, fósforo, potasio, magnesio, boro, manganeso, azufre y otros; además de la humedad, textura, porosidad, conductividad eléctrica, pH y carga microbiológica.
	Ley 99 de 1993	Define entre otras funciones del Ministerio de Medio Ambiente, expedir y actualizar las regulaciones acerca del uso del suelo, regular el uso de sustancias químicas y biológicas en el sector agropecuario, formular recomendaciones para efectos de reducir la contaminación geosférica y del paisaje, entre otras.
	Decreto 1287 de 2014	Es el decreto que establece los lineamientos para el uso de biosólidos resultantes de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales.
Maquinaria y equipamiento necesario	NTC 5167	Es la Norma Técnica Colombiana que establece los criterios técnicos de productos para la industria agrícola, entre los que están los productos orgánicos como abonos fertilizantes y enmiendas o acondicionamientos de suelo.
	Maquinaria	Está constituida por volquetas para el transporte de biosólidos, además de un buldócer para el esparcimiento del producto en las zonas definidas para la restauración de los suelos.
	Equipos	Corresponde a elementos de protección como máscaras, cascos, overoles y otros para los operarios.
	Herramientas	Están constituidas por palas, palines, azadones y rastrillos que se utilizarán para la distribución uniforme de los biosólidos en las zonas en las que la maquinaria pesada no es recomendable usar.

Tabla 20

Fase de Capacitación a la Comunidad de Llorente sobre Biosólidos

2. CAPACITACIÓN A LA COMUNIDAD DE LLORENTE			
Ítem	Actividad	Indicador	Evaluación
Capacitación a la comunidad sobre conocimientos y uso de biosólidos	Convocatoria a las JAC de la zona de Llorente	(Número de JAC invitadas/Numero de JAC de Llorente) x 100	> 80 % Satisfactorio
			50% ≤ y ≤ 79%
			Aceptable
	Confirmación de JAC participantes	(Número de JAC confirmadas/Numero de JAC de Llorente) x 100	≤ 49% Insuficiente
			> 80 % Satisfactorio
			50% ≤ y ≤ 79%
Definición de fecha de realización de taller de capacitación	Asignación de fecha de taller	Aceptable	
		≤ 49% Insuficiente	
		Si cumple	
Realización de 1 taller de capacitación	(Número de JAC participantes/Numero de JAC de Llorente) x 100	No cumple	
		> 80 % Satisfactorio	
		50% ≤ y ≤ 79%	
			Aceptable
			≤ 49% Insuficiente

Realización de encuesta de satisfacción	Registros fotográficos de asistentes	Si cumple
		No cumple
		> 80 % Satisfactorio
	(Número de JAC encuestadas/Numero de JAC de Llorente) x 100	50% ≤ y ≤ 79%
		Aceptable
		≤ 49% Insuficiente
	Porcentajes según escala de satisfacción	% en Muy alta
		% en Alta
		% en Media
		% en Baja
	% en Muy baja	

Tabla 21

Fase de Diseño de Proyecto de Restauración de Suelos de Llorente por medio de Biosólidos

3. DISEÑO DE PROYECTO DE RESTAURACIÓN				
Ítem	Actividad	Indicador	Evaluación	
Diseño de proyecto de restauración de suelos afectados por cultivos ilícitos en Llorente	Gestión de apoyo técnico de autoridades ambientales	Documento de convenio Comunidad con Umata Tumaco	Si cumple	
			No cumple	
		Documento de convenio Comunidad con Corponariño	Si cumple	
			No cumple	
		Documento de convenio Comunidad con MADS	Si cumple	
			No cumple	
		Gestión de apoyo técnico y financiero de entidades administrativas	Documento de convenio Comunidad con Alcaldía Tumaco	Si cumple
			No cumple	
			Documento de convenio Comunidad con Gobernación de Nariño	Si cumple
			No cumple	
		Documento de convenio Comunidad con Presidencia de la República	Si cumple	
		No cumple		
	Gestión de apoyo técnico y financiero de ONGs	Documento de convenio entre Comunidad y ONGs	Si cumple	
			No cumple	
		Establecimiento de acuerdos entre las comunidades	Documento de acuerdo entre JACs de Llorente	Si cumple
				No cumple
	Identificación de disponibilidad de materiales, equipos y maquinaria	Listado de materiales	Si cumple	
			No cumple	
		Listado de equipos	Si cumple	
			No cumple	
Listado de maquinaria		Si cumple		
		No cumple		
Identificación de proveedores de biosólidos	Listado de proveedores regionales	Si cumple		
		No cumple		
	Listado de proveedores nacionales	Si cumple		
		No cumple		
Definición de recursos humanos	Listado de operarios	Si cumple		
		No cumple		
	Listado de profesionales	Si cumple		

Estimación de requerimientos económicos		Documento de presupuesto de materiales	No cumple
			Si cumple
		Documento de presupuesto de equipos	No cumple
			Si cumple
		Documento de presupuesto de maquinaria	No cumple
			Si cumple
		Documento de cotización de biosólidos	No cumple
			Si cumple
		Documento de presupuesto de recursos humanos	No cumple
			Si cumple
Gestión de fuentes de financiación		Listado de fuentes de financiación pública	No cumple
			Si cumple
		Listado de fuentes de financiación ONGs	No cumple
			Si cumple
		Documento de promesa de financiación entidades públicas	No cumple
			Si cumple
Elaboración de proyecto de restauración de suelos		Documento de promesa de financiación ONGs	No cumple
			Si cumple
		Documento de promesa de financiación comunidad de Lorente	No cumple
			Si cumple
Realización de proyecto de restauración de suelos		Documento de proyecto de restauración de suelos de Lorente	No cumple
			Si cumple
		(Número de JAC asistentes/Numero de JAC de Lorente) x 100	> 80 % Satisfactorio
			50% ≤ y ≤ 79% Aceptable
			≤ 49% Insuficiente
		(Número de autoridades ambientales asistentes/Numero de autoridades ambientales con jurisdicción en Lorente) x 100	> 80 % Satisfactorio
			50% ≤ y ≤ 79% Aceptable
			≤ 49% Insuficiente
		(Número de entidades asistentes administrativas/Numero entidades administrativas con jurisdicción en Lorente) x 100	> 80 % Satisfactorio
			50% ≤ y ≤ 79% Aceptable
			≤ 49% Insuficiente
			> 80 % Satisfactorio
	50% ≤ y ≤ 79% Aceptable		
	≤ 49% Insuficiente		

Tabla 22

Fase de Implementación de Restauración de Suelos de Lorente por medio de Biosólidos

IMPLEMENTACIÓN DEL PROYECTO DE RESTAURACIÓN			
Ítem	Actividad	Indicador	Evaluación
Implementación del proyecto de restauración de suelos afectados	Constitución de organización comunitaria ambiental de Lorente	Certificación de matrícula mercantil de Cámara de Comercio de Tumaco	Si cumple
			No cumple

por cultivos ilícitos en Lorente	Gestión de apertura de cuenta bancaria para la organización comunitaria ambiental	Certificación de cuenta bancaria	Si cumple
			No cumple
	Diseño de protocolo de implementación	Documento de protocolo de intervención	Si cumple
			No cumple
		Certificación bancaria de transferencia de entidades administrativas a cuenta de la organización comunitaria ambiental de Lorente	Si cumple
			No cumple
	Desembolso de contrapartidas de fuentes de financiación	Certificación bancaria de transferencia de ONGs a cuenta de la organización comunitaria ambiental de Lorente	No cumple
			Si cumple
			No cumple
	Adquisición de seguros de riesgo financiero	Certificado de aseguradoras de adquisición de seguro de riesgo financiero	Si cumple
			No cumple
	Celebración de contrato de suministro de biosólidos	Documentos de contrato de suministro de biosólidos	Si cumple
			No cumple
		Facturas de compra	Si cumple
	Adquisición de materiales y equipos	Fotografías de equipos y materiales dispuestos en zona de Lorente	No cumple
			Si cumple
	Celebración de contrato de alquiler de maquinaria	Documento de contrato de alquiler de maquinaria	No cumple
			Si cumple
	Celebración de contrato de transporte de biosólidos	Documento de contrato de transporte de biosólidos	No cumple
			Si cumple
	Celebración de contrato de trabajo con recursos humanos	Documento de contrato de trabajo de operarios	No cumple
		Documento de contrato de trabajo con profesionales	Si cumple
			No cumple
	Aplicación de biosólidos en áreas definidas para restauración de suelos	Ficha técnica de aplicación de biosólidos	Si cumple
			No cumple
		Registros fotográficos de aplicación de biosólidos	Si cumple
			No cumple
	Informe de resultados	Documento de análisis de resultados	Si cumple
			No cumple
		(Número de JAC asistentes/Numero de JAC de Lorente) x 100	> 80 % Satisfactorio
		50% ≤ y ≤ 79% Aceptable	
		≤ 49% Insuficiente	
	(Número de autoridades ambientales asistentes/Numero de autoridades ambientales con jurisdicción en Lorente) x 100	> 80 % Satisfactorio	
		50% ≤ y ≤ 79% Aceptable	
Socialización de resultados		≤ 49% Insuficiente	
	Número de entidades asistentes	> 80 % Satisfactorio	
		50% ≤ y ≤ 79% Aceptable	
	administrativas/Numero	≤ 49% Insuficiente	

entidades administrativas con jurisdicción en Lorente) x 100	
Número de ONGs asistentes/Numero ONGs con operación en Lorente) x 100	> 80 % Satisfactorio
	50% ≤ y ≤ 79%
	Aceptable
	≤ 49% Insuficiente

La anterior guía es una aproximación a un conjunto de pasos con los cuales es posible que la comunidad de Lorente en conjunto con autoridades ambientales y administrativas, además de ONGs, puede emprender acciones para la restauración de los suelos afectados por la presencia de cultivos de coca, al tiempo que puede mejorar las condiciones de otros recursos bióticos y abióticos de la zona.

Capítulo 5. Conclusiones y Recomendaciones

5.1. Conclusiones

De un total de 2036 publicaciones que describen impactos ambientales de los cultivos ilícitos, los principales impactos ambientales de los cultivos ilícitos sobre los suelos son la deforestación, la erosión, polución térmica, remoción de masa, contaminación por agroquímicos, pérdida de materia orgánica, reducción de la actividad microbiana, alteraciones del pH, deficiencia de nutrientes, entre otros. Son afectaciones que están presentes en la zona de Llorente cuya calidad ambiental (CA) según una aproximación mediante el método de evaluación de impactos de EPM es de -10,38 que corresponde a un nivel muy alto. Sin embargo, en vista de impactos positivos, esencialmente en la generación de ingresos, empleo y mejoras de las condiciones, hacen que se mantengan como actividad económica.

Acerca del uso de biosólidos, 2138 publicaciones internacionales entre las cuales las generadas en China, Estados Unidos y Canadá que concentran cerca del 55% y 57 trabajos en Colombia dan cuenta de una alta eficiencia en la restauración de suelos. Los principales beneficios de los biosólidos están relacionados con el mejoramiento de contenidos de macroelementos (N, P y K) que pueden aumentarse por encima del 20% y en algunos casos del 327% en N; aumentos entre el 185 y 34% en los niveles de microelementos (Mg, Mn, S, B, Zn, Cu). Así mismo, logran incrementar la materia orgánica a razón de tasas del 30%, correcciones del pH I reducir niveles de alcalinidad hasta del 12,5 al 6,5 o de reducción de la acidez al pasar de 2,8 a 5,2. También estabilizan los contenidos de metales pesados como el Cr, Cd, Pb, Mo, As y otros en niveles cercanos al 7%. Además, fortalecen la actividad microbiana en tanto favorecen

la población de bacterias rizosféricas y hongos que son necesarios para la descomposición de materia orgánica. Finalmente, aportan al mejoramiento de la porosidad, textura y drenaje, entre otros.

Ante la presencia de cultivos ilícitos en la comunidad del Corregimiento de Llorente de Tumaco y los impactos que estos generan sobre el ambiente, se presenta una guía de orientación para la implementación de los biosólidos como alternativa de enmienda. Es un conjunto de acciones que evidencian viabilidad técnica debido a la disponibilidad de materiales y recurso humano para su aplicación; a la que suma la aceptación social con base en un proceso de capacitación y sensibilización de la necesidad de restaurar los suelos de la zona mencionada. Desde lo económico, es una propuesta cuyos costos anuales no superan los 150 millones anuales con una amplia participación de la comunidad.

Como conclusión general, existe una amplia literatura acerca de los biosólidos como alternativa para la restauración de suelos, que de acuerdo con las diferentes propiedades que logran mejorar puede contribuir a la enmienda de las áreas afectadas por los cultivos ilícitos en la zona de Llorente.

5.2. Recomendaciones

En aras de fortalecer la conciencia por el cuidado de los suelos, especialmente los de las zonas protegidas, se sugiere el diseño e implementación de una estrategia ambiental bajo la forma de publicidad en los diferentes medios de comunicación para que las comunidades comprendan la gravedad de los impactos ambientales que se derivan de la práctica de los cultivos ilícitos.

Desarrollar procesos de capacitación en las comunidades y desde las instituciones educativas acerca de los biosólidos como una biotecnología eficiente para

la enmienda de suelos, al tiempo que se desvirtúen mitos como la creencia de las afectaciones de tipo biológico debido a su procedencia.

Implementar proyectos a escala piloto o experimental bajo la forma de trabajos de grado para determinar la eficacia de los biosólidos en la enmienda de suelos en zonas afectadas por los cultivos ilícitos, en especial de Llorente, una de los territorios con mayor presencia de plantaciones de coca.

Diseñar una política de restauración o enmienda de suelos a partir del trabajo cooperativo entre las universidades de la región (Universidad de Nariño, Universidad Nacional de Colombia, Universidad Mariana, Corporación Universitaria Autónoma del Cauca, Universidad del Cauca, entre otras), las autoridades ambientales con jurisdicción en la región (Corponariño), el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, las alcaldías de Tumaco, Barbacoas, Ricaurte, Mallama, Magüí Payán y otras; además de la Gobernación de Nariño para la recuperación de las condiciones edáficas de las áreas afectadas por la siembra de cultivos de coca.

Difundir estudios sobre el uso de biosólidos como biotecnología para la enmienda de suelos, de modo que se genere información básica y para orientar investigaciones aplicadas desde los programas de Ingeniería Sanitaria, Ingeniería Ambiental, Ingeniería Agrícola o Agronómica, Agropecuaria y otras afines que enfoquen entre sus líneas de investigación la recuperación, restauración y enmienda de suelos.

Referencias Bibliográficas

- Aghababaei, F., Raiesi, F. y Hosseinpour, A. (2021). The significant contribution of mycorrhizal fungi and earthworms to maize protection and phytoremediation in Cd-polluted soils. *Pedobiologia*, 365, 1-12.
- Alvarez, O. y Evanylo, G. (2019). Biosolids Improve Urban Soil Properties and Vegetable Production in Urban Agriculture. *Urban Agriculture & Regional Food Systems*, 4(1), 1-11. doi:10.2134/urbanag2019.04.0002
- Araque, M. (2006). *Evaluación de los tratamientos térmico y alcalino en la desinfección del lodo generado en la PTAR el Salitre (tesis de maestría)*. Bogotá: Universidad de los Andes.
- Arboleda, J. (2008). *Manual de evaluación de impacto ambiental de proyectos, obras o actividades*. Medellín: Universidad Nacional de Colombia.
- Ávila, L. (2021, noviembre 4). 3 razones detrás del aumento de cultivos de coca en Perú. *InSight Crime*, p. 1. <https://es.insightcrime.org/noticias/3-razones-detras-aumento-cultivos-coca-peru/>
- Azhar, U., Ahmad, H., Shafqat, H., Babar, M. y Hassan, A. (2022). Remediation techniques for elimination of heavy metal pollutants from soil: A review. *Environmental Research*, 214, 1-14.
- Badillo, L. (2019). *Construcción y operación de reactor sbr a escala para tratamiento de vinaza proveniente de un ingenio azucarero (Valle del Cauca)*. Bogotá: Universidad El Bosque. https://repositorio.unbosque.edu.co/bitstream/handle/20.500.12495/2608/Badillo%20Guevara_Laura_Paola_2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y

- Banco Mundial. (2020). *El agua residual puede generar beneficios para la gente, el medioambiente y las economías, según el Banco Mundial*. Washington: Banco Mundial. <https://www.bancomundial.org/es/news/press-release/2020/03/19/wastewater-a-resource-that-can-pay-dividends-for-people-the-environment-and-economies-says-world-bank>
- Barbarick, K., Ippolito, J. y McDaniel, J. (2016). Path analyses of grain P, Zn, Cu, Fe, and Ni in a biosolids-amended dryland wheat agroecosystem. *Journal of Environmental Quality*, 45(4), 1400-1404.
- Barraoui, D. B. y Labrecque, M. (2021). Cleanup of sewage sludge spiked with Cd, Cu, and Zn: Sludge quality and distribution of metals in the “soil-plant-water” system. *Chemosphere*, 267, 1-13.
- Basta, N., Busalacchi, D., Hundal, L., Kumar, K., Dick, R., Lano, R., . . . Granato, T. (2016). Restoring Ecosystem Function in Degraded Urban Soil Using Biosolids, Biosolids Blend, and Compost. *Journal of Environmental Quality*, 45(1), 74-83. <https://access.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.2134/jeq2015.01.0009>
- Bedoya, K., Acevedo, J., Peláez, C. y Agudelo, S. (2013). Caracterización de biosólidos generados en la planta de tratamiento de agua residual San Fernando, Itagüí (Antioquia, Colombia). *Revista de Salud Pública*, 15(5), 778-790.
- Beggio, G., Peng, W. y Lü, F. (2022). Chemically Enhanced Solid–Liquid Separation of Digestate: Suspended Solids Removal and Effects on Environmental Quality of Separated Fractions. *Waste and Biomass Valorization*, 13(2), 1029-1041.
- Beltrán, O. (2005). Revisiones sistemáticas de la literatura. *Revista Colombiana de Gastroenterología*, 20(1), 60-69.

- Borda, S. y Tafur, A. (2021). *Evaluación técnica y financiera del manejo de biosólidos generados en la PTAR Salitre para la CAR en el Proyecto Checua de conservación de suelo y agua en el Municipio La Calera, Cundinamarca*. Bogotá: Universidad Distrital Francisco José de Caldas. <https://repository.udistrital.edu.co/bitstream/handle/11349/28939/BordaStefanyTafurSbastian2021.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Borrero, A. (2004). El conflicto armado interno, los cultivos ilícitos y la gobernabilidad local. *Revista Opera*, 4(4), 285-304. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=67540415>
- Brown, S., Ippolito, J., Hundal, L. y Basta, N. (2020). Municipal biosolids — A resource for sustainable communities, Current Opinion. *Environmental Science & Health*(14), 56-62. doi:10.1016/j.coesh.2020.02.007
- Brutti, L. y Vallejos, V. (2016). Uso de biosólidos en la rehabilitación de área en el relleno sanitario Santiago Poniente-Chile. *Avances en Ciencias e Ingeniería*, 3(1), 115-121. <https://www.redalyc.org/pdf/3236/323627685011.pdf>
- Bui, E. (2013). Soil salinity: A neglected factor in plant ecology and biogeography. *Journal of Arid Environments*, 92, 14-25.
- Burdecea, M., Zheljazkov, V., Lobiuc, A. y Pintilie, A. (2019). Biosolids application improves mineral composition and phenolic profile of basil cultivated on eroded soil. *Scientia Horticulturae*, 249, 407-418. doi:<https://doi-org.acceso.unicauca.edu.co/10.1016/j.scienta.2019.02.004>
- Buvaneswari, S., Damodarkumar, S. y Murugesan, S. (2013). Bioremediation studies on sugar-mill effluent by selected fungal species. *International Journal of Current*

Microbiology and Applied Sciences, 2(1), 50-58.

<https://www.ijcmas.com/Archives/vol-2/PDF/S.Buvaneswari.pdf>

Caicedo, L. (2021). *Evaluación de los principales impactos ambientales del uso del glifosato como agente plaguicida de cultivos ilícitos en zonas rurales del país.*

Bogotá: Fundacion Universidad de América.

<https://repository.uamerica.edu.co/bitstream/20.500.11839/8740/1/57332-2021-2-GA.pdf>

CAR. (2019). *Alternativas para el Manejo y Disposición de Biosólidos de la PTAR Salitre.*

Bogotá: Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca.

<https://www.car.gov.co/uploads/files/5aeb74e52010b.pdf>

Cárdenas, M. (2010). Estimación de la deforestación por cultivos ilícitos en la zona de reserva forestal del Río Magdalena. *Colombia Forestal*, 9(19), 136-154.

Carrillo, L. (2014). Consecuencias sociales del cultivo de la coca en Comunidades Afrocolombianas del Caquetá: análisis de la relación entre la economía ilícita, las prácticas campesinas tradicionales y su papel en la seguridad alimentaria. *El Ágora USB*, 14(1), 203-221.

Chan, J., Jarquín, A., Ochoa, S., Martínez, P., López, L. y Lázaro, A. (2015). Directrices para la remediación de suelos contaminados con hidrocarburos. *Teoría y Praxis*(17), 123-144. <https://www.redalyc.org/pdf/4561/456144902006.pdf>

Chang, J., Adhikani, S., Ng, D., Shen, F., Dong, C. y Shen, Y. (2019). Investigation of biosolid-compost produced by high-temperature fermentation process. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 351(1), 28-36.

Colombia. (1973). *Ley 23 de 1973. Por la cual se conceden facultades extraordinarias al Presidente de la República para expedir el Código de Recursos Naturales y protección al medio ambiente y se dictan otras disposiciones*. Bogotá: Congreso de la República. <https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2021/08/ley-23-1973.pdf>

Colombia. (1974). *Decreto 2811 de 1974. Por el cual se dicta el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección*. Bogotá: Presidencia de la República. <https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2021/10/Decreto-2811-de-1974.pdf>

Colombia. (1991). *Constitución Política de Colombia*. Bogotá: Congreso de la República de Colombia. http://www.secretariassenado.gov.co/senado/basedoc/constitucion_politica_1991.html

Colombia. (1993). *Ley 99 de 1993. Por la cual se crea el MADS, se reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental, SINA, y se dictan otras disposiciones*. Bogotá: Departamento Administrativo de la Función Pública. https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma_pdf.php?i=297

Colombia. (2014). *Decreto 1287 de 2014. Por el cual se establecen criterios para el uso de los biosólidos generados en plantas de tratamiento de aguas residuales municipales*. Bogotá: Presidencia de la República. <https://www.suin-juriscol.gov.co/viewDocument.asp?id=1259502>

- Colombia. (2018). *Por medio del cual se modifican los artículos 328 y 356 de la Constitución Política de Colombia. Las ciudades de Buenaventura y Tumaco se organizan como Distritos Especiales, Industriales, Portuarios, Biodiversos y Ecoturísticos*. Bogotá: Congreso de la República.
<https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=87481>
- Contraloría General de Medellín. (2015). *Auditoría. Manejo biosólidos PTAR San Fernando. Medellín*. Medellín: Contraloría General de Medellín.
- Daliakopoulos, I., Tsanis, I., Koutroulis, A., Kourgialas, N., Varouchakis, A. y Karatzas, G. R. (2016). The threat of soil salinity: A European scale review. *Science of the Total Environment*, 573, 727-739.
- DANE. (2020). *San Andrés de Tumaco / Nariño*. Bogotá: Departamento Administrativo Nacional de Estadística.
https://sitios.dane.gov.co/cnpv/app/views/informacion/perfiles/52835_infografia.pdf
- Delgado, D. (2017). Aplicación de enmiendas orgánicas para la recuperación de propiedades físicas del suelo asociadas a la erosión hídrica. *Lámpsakos*(17), 77-83.
- Díaz, A., Espinosa, M. y Ortiz, F. (2018). Corrección de la clorosis férrica con quelato EDDHA en cultivos sembrados en suelo alcalino y calcáreo. *Terra Latinoamericana*, 36(1), 23-30.
- El Mundo. (2020, febrero 27). Chile se suma a Brasil y Colombia como uno de los países principales de salida de cocaína. *Diario El Mundo*, p. 1.

<https://www.elmundo.es/internacional/2020/02/27/5e579d2621efa0bd4b8b45fc.html>

El-Wahed, M., Al-Omran, A., Hegazi, M., Ali, M., Ibrahim, Y. y El Sabagh, A. (2020). Salt distribution and potato response to irrigation regimes under varying mulching materials. *Plants*, 9(6), 1-13.

EPA. (2000). *Folleto informativo de tecnología de aguas residuales: Humedales de flujo subsuperficial*. Washington: Environmental Protection Agency.

Erasso, C. y Vélez, M. (2020). *¿Los cultivos de coca causan deforestación en Colombia? Área del CESED: Desarrollo Rural, Economías Ilícitas y Medio Ambiente*. Bogotá: Universidad de los Andes. <https://cesed.uniandes.edu.co/wp-content/uploads/2020/05/%C2%BFLOS-CULTIVOS-DE-COCA-CAUSAN-DEFORESTACION.pdf>

Escobar, M. (2010). *Efecto de la aplicación del biosólido de la PTAR de Río Frío (Floridablanca, Santander Colombia), compostado o estabilizado con cal, en plantas de lechuga *Lactuca sativa*, *Guadua Bambusa guadua* y *Saman *Pithecellobium saman**. Bucaramanga, Colombia: Plan General de Ordenación Forestal del Área de Jurisdicción de la CDMB.*

Espitia, C. y González, C. (2022). Coca, desarrollo regional y economía productiva en el Catatumbo. *Encuentro Cocalero del Catatumbo 15 y 16 de diciembre de 2022* (pp. 1-8). Norte de Santander: INDEPAZ. <https://indepaz.org.co/la-economia-del-narcotrafico-es-antagonica-con-el-bienestar-y-organizacion-de-las-comunidades-en-el-catatumbo-otro-desarrollo-es-posible-ahora-por-carlos-espitia-cueca-y-camilo-gonzalez-posso/>

- Forero, J. y Polanco, M. (2021). Análisis de la deforestación en La Macarena, antes y después de los acuerdos de paz. *Colombia Forestal*, 24(2), 9-23. <https://www.redalyc.org/journal/4239/423968057002/html/>
- García, A. (2020). *La trayectoria del cultivo de la amapola en el sur del Tolima entre la erradicación, su persistencia y continuidad*. Bogotá: Pontificia Universidad Javeriana. <https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/50309/Trabajo%20de%20Grado%20Maestr%C3%ADa%2008-07%20de%202020%20.pdf?sequence=4&isAllowed=y>
- García, M. (2014). Cultivos ilícitos y confianza institucional en Colombia. *Política y Gobierno*, 21(1), 95-126. <https://www.redalyc.org/pdf/603/60329859004.pdf>
- García, M. (2014). Cultivos ilícitos y confianza institucional en Colombia. *Política y Gobierno*, 21(1), 95-126. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=60329859004>
- Garzón, J. y Gelvez, J. (2018). *Cultivos ilícitos: el problema y las alternativas posibles*. Bogotá: Fundación Ideas para la Paz. <https://www.redalyc.org/journal/852/85270747005/85270747005.pdf>
- George, S., James, J., Devereux, R., Scheckel, K. y Thomas, D. (2022). Ingestion of remediated lead-contaminated soils affects the fecal microbiome of mice. *Science of the Total Environment*, 837, 235-242.
- Gómez, C. y Sastoque, T. (2019). Los estudios sobre el fenómeno de los cultivos ilícitos de coca en Colombia: una revisión desde los enfoques de la geografía. *Análisis político*(97), 24-44. <http://www.scielo.org.co/pdf/anpol/v32n97/0121-4705-anpol-32-97-24.pdf>

- González, L., Félix, R., Sandoval, J., Escobedo, D. y Longoria, R. (2021). Caracterización de biofertilizantes utilizados en el valle agrícola de Guasave, Sinaloa, México. *Terra Latinoamericana*, 39(1), 1-14. doi:<https://doi.org/10.28940/terra.v39i0.859>
- Güiza, L., Romero, N. y Ríos, J. (2020). Desafíos del Estado colombiano en torno al aprovechamiento ilícito de oro y los cultivos de uso ilícito en la Amazonía: estudio de caso de San José del Fragua (Caquetá). *Revista Estudios Socio-Jurídicos*, 22(2), 1-27.
- Harris, M., Gardner, W. y Pypker, T. (2021). Influence of a one-time biosolids application on elemental and nutrient concentrations on mine tailings. *Canadian Journal of Soil Science*, 101(4), 703-716. doi:10.1139/cjss-2020-0022
- Hernández, A., Llanes, V., Terry, E. y Carnero, G. (2020). Cambios de ph en suelos pardos de cuba cuando se erosionan. *Cultivos Tropicales*, 41(2), 1-12.
- Hernández, G., Álvarez, N. y Ríos, L. (2017). Biorremediación de organofosforados por hongos y bacterias en suelos agrícolas: revisión sistemática. *Corpoica Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 18(1), 139-159. doi:http://dx.doi.org/10.21930/rcta.vol18_num1_art:564
- Hernández, R., Fernández, C. y Baptista, P. (2014). *Metodología de la investigación* (5ta edición ed.). México: McGraw-Hill / Interamericana Editores, S.A.
- Hou, X., Xiang, Y., Fan, J. y Zhang, F. (2022). Spatial distribution and variability of soil salinity in film-mulched cotton fields under various drip irrigation regimes in southern Xinjiang of China. *Soil and Tillage Research*, 32, 1-12.
- ICONTEC. (2011). *Norma Técnica Colombiana (NTC) 5167. Productos para la industria agrícola productos orgánicos usados como abonos o fertilizantes y enmiendas o*

acondicionadores de suelo. Bogotá: Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación.

<https://www.cali.gov.co/dagma/loader.php?IServicio=Tools2&ITipo=descargas&Funcion=descargar&idFile=31838>

IDEAM. (2018). *Avances. Estrategia Integral de Control de la Deforestación y Gestión de Bosques. Bosques Territorio de Vida*. Bogotá: Instituto Nacional de Estudios Ambientales.

<http://www.ideam.gov.co/documents/24277/72115631/Avances+EICD+GB+BTV+13+06+2019+c.pdf/e10f1b5d-3c24-4aa0-9136-9ced1bf3293b>

IDEAM. (2021). *Resultados del monitoreo de deforestación: 1. Año 2020. 2. Primer Trimestre Año 2021*. Bogotá: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales.

http://www.ideam.gov.co/documents/10182/113437783/Presentacion_Deforestacion2020_SMByC-IDEAM.pdf/8ea7473e-3393-4942-8b75-88967ac12a19

Idrovo, A. (2015). De la erradicación de cultivos ilícitos a la erradicación del glifosato en Colombia. *Revista de la Universidad Industrial de Santander*, 47(2), 113-114. <https://www.redalyc.org/pdf/3438/343839278002.pdf>

Idrovo, A. (2015). De la erradicación de cultivos ilícitos a la erradicación del glifosato en Colombia. *Revista de la Universidad Industrial de Santander*, 47(2), 113-114.

Jagannathan, R., Venkatraman, K. y Vasuki, R. (2014). Bioremediation of sugar mill effluent by immobilized bacterial consortium. *International Journal Of Pharmacy & Technology*, 6(3), 7107-7114. <http://www.ijptonline.com/wp-content/uploads/2015/02/7107-7114.pdf>

- Jiang, Z., Shuangfei, W., Shiguang, L., Ping, X. y Tian, X. (2016). Kinetics of combined thermal pretreatment and anaerobic digestion of waste activated sludge from sugar and pulp industry. *Chemical Engineering Journal*, 295(1), 131-138. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.cej.2016.03.028>
- Jiménez, J. y Vega, L. (2021). La restauración ambiental de ecosistemas deforestados por cultivos ilícitos, el nuevo desafío del Ejército Nacional. *Revista Agunkuyâa*, 10(1), 75-89. doi:<https://doi.org/10.33132/27114260.1797>
- Jones, K. (2021, julio 14). 5 razones por las que la deforestación en Colombia ha incrementado. *InSight Crime*, pp. 1-2. <https://es.insightcrime.org/noticias/razones-deforestacion-colombia-incremento/#:~:text=En%202020%2C%20se%20talaron%20unas,coca%20para%20facilitar%20su%20acceso.>
- Jurado, P., Luna, M. y Barretero, R. (2004). Aprovechamiento de biosólidos como abonos orgánicos en pastizales áridos y semiáridos. *Tecnología Pecuaria*, 42(3), 379-395.
- Kumar, K. y Hundal, L. (2016). Soil in the City: Sustainably Improving Urban Soils. *Journal of Environmental Quality*, 45(1), 2-8. doi:10.2134/jeq2015.11.0589
- Landínez, A. (2017). Land use and management in the Colombian Amazon. *Revista CES Medicina Veterinaria y Zootecnia*, 12(2), 151-163. <https://www.redalyc.org/pdf/3214/321452831007.pdf>
- Lin, Z., Price, G., Burton, D. y Grant, O. (2022). Effects on soil nitrogen and plant production from land applying three types of biosolids to an agricultural field for three consecutive years. *Soil and Tillage Research*, 223, 1-17. doi:<https://doi.org.acceso.unicauca.edu.co/10.1016/j.still.2022.105458>

- Loren, B. (2021). Socioecological soil restoration in urban cultural landscapes. *Soils and Landscape Restoration*, 35(1), 373-410. doi:10.1016/B978-0-12-813193-0.00014-X
- Lucca, N. y Berríos, R. (2003). *Investigación cualitativa, fundamentos, diseños y estrategias*. Bogotá: Ediciones S.M.
- Mahecha, S. (2015). *Los cultivos ilícitos como amenaza a la soberanía alimentaria del municipio de Puerto Asís en el departamento del Putumayo*. Bogotá: Universidad del Rosario.
<https://repository.urosario.edu.co/bitstream/handle/10336/11459/MahechaRojas-SergioAlberto-2015.pdf.pdf?sequence=3&isAllowed=y>
- Majbub, S. y Arenas, P. (2018). *Reporte sobre la política de drogas aplicada en el ámbito de la producción en Colombia. Del Observatorio de Cultivos y Cultivadores Declarados Ilícitos (OCCDI GLOBAL INDEPAZ)*. Bogotá: Instituto de Ideas para la Paz. <http://www.indepaz.org.co/wp-content/uploads/2018/07/INFORME-ESPECIAL-OBSERVANDO-10.pdf>
- Maldonado, S. (2012). Cultivos ilícitos, territorios y drogas en Latinoamérica: Perspectivas comparativas. *Dilemas - Revista de Estudios de Conflicto e Controle Social*, 5(4), 569-595.
- Manjarrés, E., Castellanos, J., Galvis, J. y Merchán, N. (2018). Uso de biosólidos en Colombia: métodos de estabilización y aplicaciones a nivel agrícola. *Revista I3+*, 4(1), 9-28.
<https://revistasdigitales.uniboyaca.edu.co/index.php/reiv3/article/download/792/662/6612>

- Manjarres, E., Catellanos, J., Galvis, J. y Mechán, N. (2018). Uso de biosólidos en Colombia: métodos de estabilización y aplicaciones a nivel agrícola. *Revista I3+*, 4(1), 9-88.
- Mantilla, S., Sastoque, T. y Quintero, S. (2021). La solución al problema de las drogas ilícitas en la construcción de paz. Desafíos en la implementación del Programa Nacional Integral de Sustitución de Cultivos Ilícitos (PNIS) en Colombia. *Estudios Políticos*(62), 184-213.
- Martín, M., Ibarra, F., Moreno, S., Martínez, J. y Retes, L. (2019). Impacto económico de los biosólidos en la rehabilitación de praderas viejas de Zacate Boer en el norte de Sonora, México. *Revista Mexicana de Agronegocios*, 44, 157-168. <https://www.redalyc.org/journal/141/14161295004/14161295004.pdf>
- Mata, L. (2020, julio 21). *El taller como técnica de investigación cualitativa*. (Investigalia) Retrieved abril 12, 2023, from <https://investigaliacr.com/investigacion/el-taller-como-tecnica-de-investigacion-cualitativa/>
- Maya, Y. (2011). Diagnóstico ambiental de suelos erosionados. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 13(2), 169-179.
- Melo, A., Rodríguez, A. y González, J. (2017). Manejo de biosólidos y su posible aplicación Manejo de biosólidos y su posible aplicación. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, 8(1), 217-226. <https://hemeroteca.unad.edu.co/index.php/riaa/article/view/1851/2070>
- Mingorance, F., Minelli, F., Le Du, H. y Olsen, V. (2018). *Tierra Profanada: Impacto de los megaproyectos en Territorios Indígenas de Colombia. Cultivos ilícitos*. Bogotá: Human Rights Everywhere.

Morales, C., Lobato, C., Méndez, C. y Alor, M. (2106). Evaluación del tratamiento del intercambio catiónico en dos suelos aluviales contaminados con aguas congénitas. *Interciencia*, 41(10), 696-702.

Morales, P. (2012). *Tamaño necesario de la muestra: ¿Cuántos sujetos necesitamos?* Madrid: Universidad Pontificia Comillas.
<http://www.upcomillas.es/personal/peter/investigacion/Tama%F1oMuestra.pdf>

MVCT. (2014). *Decreto 1287 de 2014. Por el cual se establecen lo criterios para el uso de los biosólidos generados en plantas de tratamientos de aguas residuales municipales.* Bogotá: Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio.
<https://minvivienda.gov.co/sites/default/files/normativa/1287%20-%202014.pdf>

Neira, S. (2023, junio 2023). Narcos colombianos serían los culpables del aumento de cultivos de coca en Perú: esto es lo que está pasando en la frontera. *Infobae*, p. 1.
<https://www.infobae.com/colombia/2023/06/27/narcos-colombianos-serian-los-culpables-del-aumento-de-cultivos-de-coca-en-peru-esto-es-lo-que-esta-pasando-en-la-frontera/>

Nivia, E. (2021). Efectos sobre la salud y el ambiente de herbicidas que contienen glifosato. *Mamacoca*, 4(2), 1-23.

Onchoke, K. y Olasumbo, O. (2021). Evaluating bioavailability of elements in municipal wastewater sludge (Biosolids) from three rural wastewater treatment plants in East Texas (USA) by a sequential extraction procedure. *Results in Chemistry*, 3, 132-141. doi:<https://doi-org.acceso.unicauca.edu.co/10.1016/j.rechem.2021.100211>

ONU. (2015, septiembre). *Objetivos de desarrollo del Milenio. Informe 2015.* Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo PNUD:

<https://www.undp.org/content/dam/colombia/docs/ODM/undp-co-odsinformedoc-2015.pdf>

Ortiz, C. (2013). Cultivos ilícitos y nueva ruralidad en Colombia. *Cuadernos de Desarrollo Rural*(50), 143-166.

Peña, J. (2012). Evaluación de los efectos en las propiedades hidrodinámicas de un suelo inceptisol y en el desarrollo de un cultivo de caña de azúcar (*saccharum officinarum* L.) por la aplicación de biosólidos provenientes de la PTAR Cañaveralejo de Cali. *Ingeniería de Recursos Naturales y del Ambiente*(11), 51-62.

Peñarete, W. (2012). *Efecto de la aplicación de biosólidos sobre las propiedades físicas e hidrodinámicas de un suelo cultivado con caña de azúcar (Saccharum officinarum)*. Santiago de Cali: Universidad del Valle. <https://bibliotecadigital.univalle.edu.co/bitstream/handle/10893/7646/7720-0445645.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Pontes, P. y Silva, J. (2011). Plantios ilícitos de 'cannabis' no Brasil: Desigualdades, alternativa de renda e cultivo de compensação. *Dilemas - Revista de Estudos de Conflito e Controle Social*, 4(1), 11-39.

Potisek, M., Figueroa, U., González, G., Jasso, R. y Orona, I. (2015). Aplicación de biosólidos al suelo y su efecto sobre contenido de materia orgánica y nutrimentos. *Terra Latinoamericana*, 28(4), 327-333. <https://www.redalyc.org/pdf/573/57318502004.pdf>

- Raffo, L., Castro, J. y Díaz, A. (2016). Los efectos globo en los cultivos de coca en la Región Andina (1990-2009). *Apuntes del Cenes*, 35(61), 207-236. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=479555352008>
- Ramesh, P., Kathirvel, S. y Selvaraj, P. (2021). Biosolids towards Back-To-Earth alternative concept (BEA) for environmental sustainability: a review. *Environmental Science and Pollution Research*, 29(3), 3246-3287. doi:10.1007/s11356-021-16639-8
- Ramos, J., González, G. y Gutiérrez, F. (2016). Análisis bibliométrico de la producción científica española en Enfermedades Infecciosas y en Microbiología. *Enfermedades Infecciosas y Microbiología Clínica*, 34(3), 166-176. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.eimc.2015.04.007>
- Rigby, H., Clarke, B., Pritchard, D., Meehan, B., Beshah, F., Smith, S. y Porter, N. (2016). A critical review of nitrogen mineralization in biosolids-amended soil, the associated fertilizer value for crop production and potential for emissions to the environment. *Science Total Environmental*, 15(541), 1310-1338. doi:<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.08.089>
- Rodríguez, M., González, J. y Camargo, D. (2019). Avances en el saneamiento y la gestión de biosólidos en Colombia. *Revista FACCEA*, 9(2), 113-126.
- Rojas, I. (2011). Elementos para el diseño de técnicas de investigación: una propuesta de definiciones y procedimientos en la investigación científica. *Tiempo de Educar*, 12(24), 277-297. <https://www.redalyc.org/pdf/311/31121089006.pdf>

- Romanos, D., Nemer, N., Khairallah, Y. y Abi Saab, M. (2021). Application of sewage sludge for cereal production in a mediterranean environment (Lebanon). *International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture*, 10(3), 233-244.
- Romero, L. (2021). *Sustitución de cultivos de uso ilícito en Tibú, Norte de Santander (Tesis de maestría)*. Bogotá: Universidad de La Salle. https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1188&context=maest_gestion_desarrollo
- Romero, M., Shamah, T., Cuevas, L., Gómez, I., Gaona, E., Gómez, L., . . . Hernández, M. (2017). Diseño metodológico de la encuesta nacional de salud y nutrición de medio camino 2016. *Salud pública de México*(59), 299-305. <https://www.scielosp.org/article/spm/2017.v59n3/299-305/es/>
- Rosero, C. (2019). *Sustitución de cultivos de uso ilícito: estudio de caso del cultivo de melón como alternativa de desarrollo rural y cambio social en el Corregimiento de La Carbonera Municipio de Bolívar Cauca*. Cali: Universidad Icesi. https://repository.icesi.edu.co/biblioteca_digital/bitstream/10906/85443/1/T01805.pdf
- Rubiano, C. (2019). *Aprovechamiento de biosólidos de la planta de tratamiento de agua residual de Tunja, como alternativa de sustrato en la revegetalización de taludes (tesis de maestría)*. Tunja, Colombia: Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia.
- Rubio, C. (2010). *Aspectos relevantes de los cultivos ilícitos en el desarrollo rural: el caso de Colombia*. Bogotá: Pontificia Universidad Javeriana. <https://bibliotecavirtual.clacso.org.ar/ar/libros/rjave/paneles/rubio.pdf>

- Saffari, S., Boyer, J., Ronin, D., Torrents, A. y Kjellerup, B. (2022). Use of organic amendments derived from biosolids for groundwater remediation of TCE. *Chemosphere*, 323, 1-14.
- Sahu, O. (2019). Sustainable and clean treatment of industrial wastewater with microbial fuel cell. *Results in Engineering*, 4, 1-7.
doi:<https://doi.org/10.1016/j.rineng.2019.100053>
- Santacruz, E. y Palacio, V. (2014). Campesinos mexicanos: entre la subsistencia, el mercado y los cultivos ilícitos. *Quivera. Revista de Estudios Territoriales*, 16(2), 11-25.
- Schillinger, W., Cogger, C. y Bary, A. (2022). Biosolids and conservation tillage for rainfed wheat farming in dry Mediterranean climates. *Soil and Tillage Research*, 223, 1-21. doi:<https://doi-org.acceso.unicauca.edu.co/10.1016/j.still.2022.105478>
- Schwartz, S. y Smith, B. (2016). Restoring hydrologic function in urban landscapes with suburban subsoiling. *Journal of Hydrology*, 54(3), 770-786.
doi:[10.1016/j.jhydrol.2016.10.051](https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2016.10.051)
- Serrano, M. (2010). Régimen político y límites de la democracia en regiones afectadas por conflicto armado y cultivos ilícitos: el caso del Catatumbo. *Desafíos*, 20, 111-148.
- SIAC. (2019). *Política y normativa ambiental colombiana*. Bogotá: Sistema de Información Ambiental de Colombia.
<http://www.siac.gov.co/suelosytierras#:~:text=y%20uso%20adecuado.-,Normativa,y%20socioecon%C3%B3micos%20de%20la%20regi%C3%B3n>.

- Sierra, A. (2002). *La Coca Viajera*. Bogotá: Casa Editorial El Tiempo.
<https://www.eltiempo.com/archivo/documento/MAM-1372034>
- Silva, J., Bedoya, D. y Torres, P. (2013). Evaluación del potencial de aplicación de biosólidos higienizados en el cultivo de rábano. *Acta Agronómica*, 62(2), 155-164.
- SIMCI. (2020). *Cultivos de coca. Estadísticas municipales. Censo 31 de diciembre de 2019*. Bogotá: Sistema Integrado de Monitoreo de Cultivos Ilícitos - SIMCI - UNODC.
https://www.unodc.org/documents/colombia/Documentostecnicos/COCA_MUNICIPAL_IPIOS_2011_internet.pdf
- Sorto, M. (2023, marzo 16). América Latina tiene un papel importante en el incremento de producción y distribución de cocaína en el mundo tras la pandemia, indica reporte de la ONU. *CNN en Español*, p. 1.
<https://cnnespanol.cnn.com/2023/03/16/america-latina-juega-papel-importante-incremento-produccion-distribucion-cocaina-mundo-pandemia-onu-orix/>
- Sousa, R. (2010). Organização política e cultivos ilícitos de coca na Bolívia: uma abordagem etnográfica. *Revista Brasileira de Ciências Sociais*, 25(73), 27-40.
<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=10717457002>
- Superservicios. (2020). *Inventario de Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales (STAR) de Colombia - AÑO 2019*. Bogotá: Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios.
https://www.camara.gov.co/sites/default/files/2020-12/69.%20PLANTAS_AGUAS_RESIDUALES.xls
- Tabares, E. y Rosales, R. (2015). Políticas de control de oferta de coca: "la zanahoria" y "el garrote". *Desarrollo y Sociedad*(55), 211-253.

- Tapie, W., Prato, D. y Sánchez, H. (2016). Biodegradación de vinazas de caña de azúcar mediante el hongo de pudrición blanca *Pleurotus ostreatus* en un reactor de lecho empacado. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 19(2), 145-150. <https://www.redalyc.org/pdf/939/93946928004.pdf>
- Tobon, G. y Restrepo, G. (2009). Erradicación de cultivos ilícitos y desplazamiento forzado en el parque natural Sierra de la Macarena. *Cuadernos de Desarrollo Rural*, 6(63), 107-138. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=11712705006>
- Torres, P., Pérez, A., Escobar, J., Uribe, I. y Imery, R. (2010). Compostaje de biosólidos de plantas de tratamiento de aguas residuales. *Ingénieria Agrícola, Jaboticabal*, 27(1), 267-275.
- Torres, P., Silva, J., Parra, B., Cerón, V. y Madera, C. (2015). Influencia de la aplicación de biosólidos sobre el suelo, la morfología y productividad del cultivo de caña de azúcar. *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*, 18(1), 69-79.
- Tuffi, L., Meira, R., Santos, I. y Ferreira, F. (2014). Efeito do glyphosate sobre a morfoanatomia das folhas e do caule de *Commelina diffusa* e *C. benghalensis*. *Planta Daninha*, 22(1), 101-106.
- Tunjano, C. y Calvo, D. (2011). Evaluación de sustancias fitoprotectoras usadas como estrategia de neutralización de la acción del glifosato sobre cultivos de *Erythroxylum coca*. *Revista Logos, Ciencia & Tecnología*, 2(2), 26-31.
- UNODC. (2010). *Monitoreo de territorios afectados por los cultivos ilícitos: Putumayo*. Bogotá: Oficina de las Naciones Unidas Contra la Droga y el Delito. Retrieved febrero 03, 2021, from https://www.unodc.org/documents/crop-monitoring/Colombia/Colombia_Monitoreo_Cultivos_Illicitos_2019.pdf

UNODC. (2015). *Colombia, Monitoreo de territorios afectados por cultivos ilícitos 2015*.

Bogotá: Oficina de las Naciones Unidas contra la Droga y el Delito.

[https://www.unodc.org/documents/crop-](https://www.unodc.org/documents/crop-monitoring/Colombia/Monitoreo_Cultivos_ilicitos_2015.pdf)

[monitoring/Colombia/Monitoreo_Cultivos_ilicitos_2015.pdf](https://www.unodc.org/documents/crop-monitoring/Colombia/Monitoreo_Cultivos_ilicitos_2015.pdf)

UNODC. (2021). *Monitoreo de territorios afectados por cultivos ilícitos 2020*. Bogotá:

Oficina de las Naciones Unidas contra la Droga y el Delito.

[https://www.unodc.org/documents/crop-](https://www.unodc.org/documents/crop-monitoring/Colombia/Colombia_Monitoreo_de_territorios_afectados_por_cultivos_ilicitos_2020.pdf)

[monitoring/Colombia/Colombia_Monitoreo_de_territorios_afectados_por_cultivos_ilicitos_2020.pdf](https://www.unodc.org/documents/crop-monitoring/Colombia/Colombia_Monitoreo_de_territorios_afectados_por_cultivos_ilicitos_2020.pdf)

UNODC-SIMCI. (2021). *Monitoreo de territorios afectados por cultivos ilícitos 2021*.

Bogotá: UNODC-SIMCI.

[https://www.unodc.org/documents/crop-](https://www.unodc.org/documents/crop-monitoring/Colombia/Colombia_Monitoreo_de_territorios_afectados_por_cultivos_ilicitos_2021.pdf)

[monitoring/Colombia/Colombia_Monitoreo_de_territorios_afectados_por_cultivos_ilicitos_2021.pdf](https://www.unodc.org/documents/crop-monitoring/Colombia/Colombia_Monitoreo_de_territorios_afectados_por_cultivos_ilicitos_2021.pdf)

Vargas, I. (2012). La entrevista en la investigación cualitativa: nuevas tendencias y retos.

Revista Calidad en la Educación Superior, 3(1), 119-139.

http://biblioteca.icap.ac.cr/BLIVI/COLECCION_UNPAN/BOL_DICIEMBRE_2013_69/UNED/2012/investigacion_cualitativa.pdf

Verma, D., Mandal, P. y Singh, P. (2021). Quality and Treatment of Sugar Industry

Effluent -A Study. *Journal of Indian Association for Environmental Management*,

41(1),


1-7.

https://www.researchgate.net/publication/351249954_Quality_and_Treatment_of_Sugar_Industry_Effluent_-A_Study

- Villagaray, S. (2014). Recuperación de terrenos degradados por el cultivo de coca (erythroxyton coca) En VRAEM, Perú, con aplicación de Tecnología Agroforestal. *Acta Nova*, 6(3), 210-224. http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1683-07892014000100004
- Wang, X., Brunetti, G., Tian, W., Owens, G., Qu, Y., Jin, C. y Lombi, E. (2021). Effect of soil amendments on molybdenum availability in mine affected agricultural soils. *Environmental Pollution*, 269(15), 116-132.
- Yadav, M., Yadav, R. y Gole, V. (2021). Chapter 7 - Sugar industry wastewater treatment: Current practices and advances. *Microbial Ecology of Wastewater Treatment Plants*, 151-174. doi:<https://doi-org.acceso.unicauca.edu.co/10.1016/B978-0-12-822503-5.00017-5>
- Yuni, J. y Urbano, C. (2014). *Técnicas para investigar: recursos metodológicos para la preparación de proyectos de investigación (Vol. 2)*. Cordoba, Argentina: Editorial Brujas.

Anexos

Anexo 1. Entrevista sobre Percepciones de la Comunidad frente al Deterioro y Restauración de Suelos en Zona de Cultivos de Coca

<p>CORPORACIÓN UNIVERSITARIA AUTONOMA DEL CAUCA</p>  <p>Uniautónoma DEL CAUCA</p> <p>FACULTAD DE INGENIERIA</p> <p>PROGRAMA DE INGENIERIA AMBIENTAL Y SANITARIA</p>	
<p>ENTREVISTA SOBRE IMPACTOS DE LOS CULTIVOS ILÍCITOS</p>	
<p>Estimado (a) habitante de Llorente</p> <p>La realización del presente taller se basa en una serie de preguntas con las cuales se busca conocer las percepciones de la comunidad de Llorente como para el cumplimiento del objetivo relacionado con “Identificar la viabilidad técnica, social y económica de la implementación de los biosólidos para la restauración de los suelos afectados por los cultivos ilícitos en la zona de Llorente en el Municipio de Tumaco, Nariño”.</p> <p>Se trata de preguntas que parten del respeto del buen nombre y la dignidad de los participantes, de modo que no se publicarán datos personales que representen riesgo para la integridad. En tal sentido, es un ejercicio que se ajusta a lo establecido en la Ley 1581 de 2012 acerca de la protección de información personal.</p>	
<p>Información socio-demográfica</p>	
<p>1. ¿Durante cuánto tiempo ha vivido en la zona de Llorente?</p>	<p><input type="text"/> años</p>
<p>2. Según sus percepciones, qué prácticas han afectado en mayor medida los suelos de la zona de Llorente</p>	<p>Cultivos lícitos <input type="checkbox"/></p> <p>Cultivos ilícitos <input type="checkbox"/></p> <p>Ganadería <input type="checkbox"/></p> <p>Producción maderera <input type="checkbox"/></p> <p>Otra ¿Cuál? <input type="checkbox"/></p>
<p>3. En cuanto a los cultivos ilícitos, de acuerdo con su percepción, ¿cuáles son las principales afectaciones sobre los suelos de la zona de Llorente?</p>	
<p>4. Cómo causa de las afectaciones a los suelos, ¿qué tipo de afectaciones ha observado sobre el medio ambiente de Llorente?</p>	
<p>5. En vista de las afectaciones de los suelos de Llorente por los cultivos ilícitos, ¿cuáles son las afectaciones sobre la comunidad en lo económico?</p>	

6. En términos sociales, ¿cómo se ha visto afectada la comunidad a causa de las alteraciones de los suelos de Llorente?

7. ¿En lo cultural, cómo han afectado a la comunidad los daños en el suelo debido a la presencia de cultivos ilícitos?

8. ¿Podría decirse que se han presentado afectaciones en lo cultural a raíz de los cultivos ilícitos en la zona de Llorente?

Muchas gracias

Anexo 2. Formato de Consentimiento Informado para Entrevista a Personas de la Comunidad de Llorente.

Formato de consentimiento informado		
<p>Título de la investigación: Estado del arte del uso de biosólidos para la restauración de suelos afectados por los cultivos ilícitos</p>		
<p>Ciudad y Fecha:</p>		
<p>Yo, _____ manifiesto que una vez informado/a sobre los objetivos, procedimientos, riesgos y criterios éticos que conlleva la investigación denominada “Estado del arte del uso de biosólidos para la restauración de suelos afectados por los cultivos ilícitos”, manifiesto a través de la firma de este formato mi deseo de participar voluntariamente y autorizo a Diego Alejandro Rojas Quiñonez, estudiante del Programa de Ingeniería Sanitaria y Ambiental de la Corporación Universitaria Autónoma del Cauca, para la realización de procedimientos consistentes en:</p>		
Procedimiento	Autorizado	
	Sí	No
Entrevista	X	
Grabación de audio		X
Registro fotográfico		X
Firma de consentimiento informado	X	
Escritura del nombre en el consentimiento informado		X
<p>Declaro que mi participación en esta investigación es completamente libre y voluntaria y que estoy en libertad de declinar mi decisión en cualquier momento. Además, manifiesto que no recibiré beneficio personal de ninguna clase por la participación en este proyecto de investigación.</p>		
<p>Declaro que el investigador ha manifestado la garantía de que toda la información suministrada de mi parte y los resultados de la investigación serán tratados confidencialmente y que será archivada en papel y medio electrónico con fines meramente académicos en razón a que representa un insumo para la elaboración de artículo o documentos públicos en los que como participante serán anónimos.</p>		

Así, en razón a que toda la información en este proyecto de investigación es llevada al anonimato, los resultados personales no pueden estar disponibles para terceras personas como empleadores, organizaciones gubernamentales, compañías de seguros u otras instituciones educativas. Hago constar que el presente documento ha sido leído y entendido por mí en su integridad de manera libre y espontánea.

Firma

Documento de identidad: _____ No.: _____ de _____

Anexo 3. Formato de Evaluación de Impactos Ambientales del Método EPM-Arboleda

Clase del impacto (C):			Positivo (+) si mejora la condición ambiental			Negativo (-) si des mejora la condición ambiental						
Presencia (P)			Duración (D)			Evolución €			Magnitud (M)			
Escala	Probabilidad de ocurrencia del impacto	Puntaje	Escala	Tiempo de permanencia del impacto (años)	Puntaje	Escala	Tiempo de rapidez del impacto (meses)	Puntaje	Escala	Porcentaje de afectación	Puntaje	Puntaje total
Cierta	100%	1,0	Permanente	> 10	1,0	Muy rápida	< 1	1,0	Muy alta	> 80%	1,0	
Muy probable	70%-99%	0,7-0,99	Larga	7 - 10	0,7 - 0,99	Rápida	1-12	0,7 - 0,99	Alta	60%-80%	0,7 - 0,99	
Probable	40%-69%	0,4-0,69	Media	4 - 7	0,0-0,69	Media	12-18	0,0-0,69	Media	40%-60%	0,0-0,69	
Poco probable	20%-39%	0,2- 0,39	Corta	1 - 4	0,2- 0,39	Lenta	18-24	0,2- 0,39	Baja	20%-40%	0,2- 0,39	
Muy poco probable	1%-19%	0,01-0,19	Muy corta	< 1	0,01-0,19	Muy lenta	> 24	0,01-0,19	Muy baja	1%-20%	0,01-0,19	

Fuente: EPM-Arboleda (Arboleda, 2008)

La calificación ambiental (Ca) es la expresión de la acción conjugada de los criterios con los cuales se califica el impacto ambiental y representa la gravedad o importancia de la afectación que este está causando. El grupo que se encarga de las evaluaciones ambientales en EPM, por medio de un procedimiento analítico, desarrolló una ecuación para la calificación ambiental que permitió obtener y explicar las relaciones de dependencia que existen entre los cinco criterios anteriormente indicados, con el siguiente resultado:

Ca = C (P[ExM+D]), Donde:

Ca = Calificación ambiental

C = Clase,

P = Presencia

E = Evolución

M = Magnitud

D = Duración


Sin embargo, las primeras aplicaciones de la ecuación mostraron unos resultados en los que la calificación ambiental difería mucho de la que se obtenía con otras metodologías o por calificaciones asignadas por especialistas en la materia. Un análisis del asunto determinó que los criterios utilizados tenían un peso relativo diferente en la ecuación, por lo que debían ser afectados por unas constantes de ponderación que los equilibraran. Mediante un análisis de sensibilidad se determinaron las siguientes constantes de ponderación: a = 7.0 y b = 3.0. Se obtuvo entonces la siguiente ecuación para expresar la calificación ambiental de un determinado impacto: **Ca = C (P[axEM+bxD])**, donde reemplazando los valores de a y b se obtiene: **Ca = C (P[7.0xEM+3.0xD])**

De acuerdo con las calificaciones asignadas individualmente a cada criterio, el valor absoluto de CA será mayor que cero y menor o igual que 10. El valor numérico que arroja la ecuación se convierte luego en una expresión que indica la importancia del impacto asignándole unos rangos de calificación de acuerdo con los resultados numéricos obtenidos, de la siguiente manera:

Calificación ambiental (puntos)	Importancia del impacto ambiental
$\leq 2,5$	Poco significativo o irrelevante
$> 2,5$ y $\leq 5,0$	Moderadamente significativo o moderado
$> 5,0$ y $\leq 7,5$	Significativo o relevante
$> 7,5$	Muy significativo o grave

Fuente: EPM-Arboleda (Arboleda, 2008)

Anexo 4. Formato de Guion para Realización de Taller sobre Uso de Biosólidos

<p>CORPORACIÓN UNIVERSITARIA AUTONOMA DEL CAUCA</p>  <p>Uniautónoma DEL CAUCA</p> <p>FACULTAD DE INGENIERIA</p> <p>PROGRAMA DE INGENIERIA AMBIENTAL Y SANITARIA</p>
<p>GUION PARA TALLER DE VIABILIDAD SOCIAL DE USO DE BIOSÓLIDOS PARA RESTAURACIÓN DE SUELOS EN ZONA DE CULTIVOS DE COCA EN LLORENTE</p>
<p>Estimado (a) habitante de Llorente</p> <p>La realización del presente taller se basa en una serie de preguntas con las cuales se busca conocer las percepciones de la comunidad de Llorente como para el cumplimiento del objetivo relacionado con “Identificar la viabilidad técnica, social y económica de la implementación de los biosólidos para la restauración de los suelos afectados por los cultivos ilícitos en la zona de Llorente en el Municipio de Tumaco, Nariño”.</p> <p>Se trata de preguntas que parten del respeto del buen nombre y la dignidad de los participantes, de modo que no se publicarán datos personales que representen riesgo para la integridad. En tal sentido, es un ejercicio que se ajusta a lo establecido en la Ley 1581 de 2012 acerca de la protección de información personal. Así mismo, se presentan dos videos para dar a conocer aspectos de gestión y usos de los biosólidos.</p>
<p>1. ¿Consideran Ustedes que la siembra de cultivos de coca generan problemas sobre el ambiente?</p>
<p>2. ¿Cuáles han sido las acciones de las autoridades ambientales municipales, departamentales y nacionales para restaurar los suelos de Llorente?</p>
<p>3. ¿Qué tipo de acciones ha emprendido la comunidad para recuperar las condiciones de los suelos de la zona de Llorente?</p>
<p>4. ¿Qué técnicas o alternativas para mejorar los suelos conoce?</p>
<p>5. ¿Qué conoce acerca de los biosólidos?</p>
<p>6. Para aportar al conocimiento de los biosólidos, les presento un video documental sobre gestión y beneficios de los biosólidos para enmendar suelos.</p>
<p>7. Cuáles son sus percepciones frente a los biosólidos como enmienda de suelos a raíz del video sobre gestión y beneficios de estos productos.</p>
<p>8. Para una mayor profundización, les invito a observar un video sobre tratamiento y desinfección de los biosólidos.</p>

9. ¿Según lo observado en el nuevo video, estarían de acuerdo en la utilización de los biosólidos para restaurar los suelos de la zona de Lorente? ¿Por qué?

10. ¿En caso que esté de acuerdo en utilizar los biosólidos, ¿cómo sería su forma de participación o de apoyo para restaurar mediante esta técnica los suelos de la zona de Lorente?

11. ¿Cuáles serían los requerimientos de la comunidad para el proceso de restauración de los suelos a través del uso de biosólidos? Explique su respuesta.

¡Muchas gracias por su participación!

Anexo 5. Formato de Consentimiento Informado para Taller con Integrantes de las Juntas de Acción Comunal de Llorente.

Formato de consentimiento informado

Título de la investigación: Estado del arte del uso de biosólidos para la restauración de suelos afectados por los cultivos ilícitos

Ciudad y Fecha:

Yo, _____ manifiesto que una vez informado/a sobre los objetivos, procedimientos, riesgos y criterios éticos que conlleva la investigación denominada “**Estado del arte del uso de biosólidos para la restauración de suelos afectados por los cultivos ilícitos**”, manifiesto a través de la firma de este formato mi deseo de participar voluntariamente y autorizo a **Diego Alejandro Rojas Quiñonez**, estudiante del Programa de Ingeniería Sanitaria y Ambiental de la Corporación Universitaria Autónoma del Cauca, para la realización de procedimientos consistentes en:

Procedimiento	Autorizado	
	Sí	No
Realización de taller	X	
Grabación de audio		X
Registro fotográfico		X
Firma de consentimiento informado	X	
Escritura del nombre en el consentimiento informado		X

Declaro que mi participación en esta investigación es completamente libre y voluntaria y que estoy en libertad de declinar mi decisión en cualquier momento. Además, manifiesto que no recibiré beneficio personal de ninguna clase por la participación en este proyecto de investigación.

Declaro que el investigador ha manifestado la garantía de que toda la información suministrada de mi parte y los resultados de la investigación serán tratados confidencialmente y que será archivada en papel y medio electrónico con fines meramente académicos en razón a que representa un insumo para la elaboración de artículo o documentos públicos en los que como participante serán anónimos.

Así, en razón a que toda la información en este proyecto de investigación es llevada al anonimato, los resultados personales no pueden estar disponibles para terceras personas como empleadores, organizaciones gubernamentales, compañías de seguros u otras instituciones educativas. Hago constar que el presente documento ha sido leído y entendido por mí en su integridad de manera libre y espontánea.

Firma

Documento de identidad: _____ No.: _____ de _____

Anexo 6. Enlace de Video: Biosólidos - Documental sobre la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Seapal Puerto Vallarta

<https://www.youtube.com/watch?v=6DinCLsuSDw>

Anexo 7. Enlace de Video sobre Tratamiento y Desinfección de Biosólidos

https://www.youtube.com/watch?v=n_-qFMOAAE