



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE BABAHOYO
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS



ESCUELA DE AGRICULTURA, SILVICULTURA, PESCA Y
VETERINARIA
CARRERA DE AGRONOMÍA

TRABAJO DE TITULACIÓN

Componente práctico del examen de carácter Complexivo,
presentado al H. Consejo Directivo de la Facultad, como requisito
previo para obtener el título de:

INGENIERA AGRÓNOMA

TEMA:

Efectos de la incorporación de abonos verdes en los suelos degradados
del Ecuador.

AUTORA:

Génesis Roberta Varas Mejía

TUTOR:

Ing. Agr. Marlon López Izurieta, MSc.

Babahoyo – Los Ríos – Ecuador

2023

RESUMEN

Los abonos verdes poseen factores positivos en el suelo mejorando sus propiedades físicas, químicas y biológicas, especialmente en los suelos que están fuertemente compactados y erosionados por efecto de la agricultura convencional. La información obtenida fue detallada mediante la técnica de análisis, síntesis y resumen, con el objetivo con el objetivo de resaltar la información específica sobre los efectos de la incorporación de abonos verdes en los suelos degradados del Ecuador. Por lo anteriormente detallado se determinó que las causas que afectan a la degradación del suelo son más comunes: deforestación, uso de productos químicos para la fertilizar de cultivos de cereales, cambio climático, maquinaria agrícola pesada, riego insuficiente, pastoreo excesivo y agotamiento de la materia orgánica del suelo. Los abonos verdes se refieren al uso de cualquier planta en rotación, sucesión o combinación de cultivos con cultivos incorporados al suelo o dejados en la superficie como abono para preservar y mejorar sus propiedades físicas, químicas y biológicas. Las leguminosas pueden usarse como abono verde, en donde cada una de las cuales son beneficiosas para aumentar la fertilidad del suelo y la productividad de los cultivos relacionados. Los abonos verdes se pueden utilizar de diversas maneras para mejorar los suelos degradados tales como: Abono verde en asociación con cultivos anuales, abonos verdes asociados a cultivos perennes, abono verde con franjas y/o mezcla (mezcla de leguminosas), abono verde con plantas perennes, abono verde en rotación de cultivos con cultivos anuales y abono verde como cobertura. Las plantas utilizadas como abono verde son beneficiosas para la actividad biológica porque aportan al suelo materia orgánica, que es un factor determinante para la actividad microbiana y proporciona una fuente de energía para el desarrollo microbiano.

Palabras claves: Abonos verdes, degradación de suelo, cobertura de suelo, biodiversidad.

SUMMARY

Green manures have positive factors in the soil, improving its physical, chemical and biological properties, especially in soils that are heavily compacted and eroded by conventional agriculture. The information obtained was detailed through the technique of analysis, synthesis and summary, with the objective of highlighting specific information on the effects of the incorporation of green manures in degraded soils in Ecuador. From the above detailed, it was determined that the most common causes affecting soil degradation are: deforestation, use of chemical products to fertilize cereal crops, climate change, heavy agricultural machinery, insufficient irrigation, overgrazing and depletion of soil organic matter. Green manures refer to the use of any plant in rotation, succession or combination of crops with crops incorporated into the soil or left on the surface as manure to preserve and improve their physical, chemical and biological properties. Legumes can be used as green manures, each of which is beneficial for increasing soil fertility and the productivity of related crops. Green manures can be used in various ways to improve degraded soils such as: green manure in association with annual crops, green manures associated with perennial crops, green manure with strips and/or mixture (legume mixture), green manure with perennial plants, green manure in crop rotation with annual crops and green manure as a cover crop. Plants used as green manure are beneficial for biological activity because they provide the soil with organic matter, which is a determining factor for microbial activity and provides a source of energy for microbial development.

Key words: Green manures, soil degradation, soil cover, biodiversity.

ÍNDICE DE CONTENIDO

RESUMEN.....	II
SUMMARY	III
1. CONTEXTUALIZACIÓN	1
1.1.INTRODUCCIÓN.....	1
1.2.PROBLEMÁTICA.....	2
1.3.JUSTIFICACIÓN.....	2
1.4.OBJETIVOS.....	3
1.4.1. Objetivo general.....	3
1.4.2. Objetivos específicos	3
1.5.LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN.....	3
2. DESARROLLO.....	4
2.1.MARCO CONCEPTUAL.....	4
2.1.1. Suelos degradados	4
2.1.1.2. Estructura del suelo	5
2.1.2. Clases de degradación del suelo	5
2.1.2.1. Degradación física	5
2.1.2.2. Degradación química	5
2.1.2.3. Degradación biológica	6
2.1.2.4. Causas que influyen en la degradación del suelo.....	6
2.1.3. Abonos verdes	7
2.1.3.1. Características generales que deben reunir los abonos verde.	8
2.1.3.2. Ventajas de los abonos verdes.....	9
2.1.3.3. Desventajas de los abonos verdes.....	9
2.1.3.4. Funciones de los abonos verdes	10
2.1.3.5. Abonos verdes y cobertura en la recuperación de los suelos degradados.....	11

2.1.4.	Especies utilizadas como abonos verdes en la recuperación de los suelos.....	14
2.1.5.	Efectos de los abonos verdes en las propiedades del suelo ..	16
2.1.5.1.	Efectos en las propiedades físicas del suelo	16
2.1.5.2.	Efectos en las propiedades químicas del suelo	18
2.1.5.3.	Efectos en las propiedades biológicas del suelo.....	20
2.2.	MARCO METODOLÓGICO	22
2.2.1.	MÉTODO	22
2.2.2.	METODOLOGÍA	22
2.3.	RESULTADOS	23
2.4.	DISCUSION DE RESULTADOS	24
3.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	25
3.1.	CONCLUSIONES.....	25
3.2.	RECOMENDACIONES	26
4.	REFERENCIAS Y ANEXOS.....	27
4.1.	REFERENCIAS	27
4.2.	ANEXOS.....	35

ÍNDICE DE TABLAS

	Pag
Tabla 1. Efecto de la cobertura del suelo en la reducción de la erosión.....	13
Tabla 2. Especies de abonos verdes fijadoras de nitrógeno al suelo.....	14

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pag
Figura 1. Suelos degradados.....	35
Figura 2. Incorporación de abonos verdes en el suelo.....	35
Figura 3. Abonos verdes de cobertura en el suelo.....	36
Figura 4. Leguminosas como abonos verdes en el suelo.....	36

1. CONTEXTUALIZACIÓN

1.1. INTRODUCCIÓN

Los abonos verdes en su mayoría son cultivos de ciclo corto, generalmente leguminosas que se incorporan en el suelo con diversos propósitos como: la recuperación, conservación y mejorar la fertilidad del suelo aportando nitrógeno atmosférico por la adición de material vegetal (Alvarado *et al.* 2014).

El autor antes mencionado afirma que los abonos verdes tienen múltiples ventajas, y que son una opción de control no químico que ayuda en el no desarrollo de malezas, las mismas que compiten por humedad, luz y nutrientes. Además, en época seca proveen protección al suelo a procesos erosivos. Por otro lado, mejoran la fertilidad del suelo aportando nitrógeno producto de la fijación simbiótica entre la planta y el suelo.

Entre las desventajas tenemos que los agricultores no siembran abonos verdes por cultivar cultivos comerciales o para su propio consumo, no todos los abonos verdes se desarrollan en suelos de baja fertilidad, y algunos no soportan sequías, lo cual implica riego y abonamiento, lo cual se hace difícil para que lo haga un pequeño agricultor (Castro *et al.* 2018).

La degradación del suelo ha sido identificada como un problema mundial; que reduce la capacidad potencial del suelo para producir, que se desarrolla sistemáticamente en la producción agrícola, debido a causas naturales y por la intervención del hombre, siendo esta la que mayor impacto provoca en la compactación del suelo (ICPROC 2002).

La degradación de suelos en el Ecuador ha sido reconocida como uno de los problemas ambientales que afecta los sistemas agrícolas; sin embargo, no se han desarrollado estudios donde se aborde de forma integral la pérdida de la capacidad productiva de los suelos dedicados a la producción agrícola teniendo en cuenta las dimensiones económicas, sociales y ambientales (Rodríguez *et al.* 2021).

Según los últimos estudios realizados por el Ministerio del Ambiente de Ecuador y el Ministerio de Agricultura y Ganadería el 47% de los suelos en el país se encuentra en procesos de degradación. Las provincias con un alto índice de desertificación son: Guayas, El Oro, Esmeraldas, Manabí, Imbabura, Pichincha, Tungurahua, Chimborazo, Azuay, Loja y Zamora Chinchipe (MAE 2017).

En el Ecuador existen zonas susceptibles a la degradación del suelo existiendo 5 718 646 hectáreas correspondientes al 22.9 % del territorio nacional; estas zonas susceptibles se encuentran en la zona costera de Manabí, Guayas, Santa Elena y El Oro; también se sitúan en los valles interandinos y paramos de las provincias de la Región Sierra; además se ha logrado estimar que se pierden entre 30 y 50 toneladas anuales de suelo fértil por hectárea (MAE 2017).

La presente investigación permitió conocer los efectos de la incorporación de abonos verdes en los suelos degradados del Ecuador.

1.2. PROBLEMÁTICA

El problema radica en la escasa adopción de abonos verdes por los agricultores, debido a su preferencia por cultivos comerciales o de autoconsumo. Además, la limitada disponibilidad de especies adecuadas para suelos poco fértiles y la intolerancia a sequías en algunas variedades desalientan su uso.

El riego y abonamiento requeridos por ciertos abonos verdes plantean un desafío adicional para agricultores con recursos limitados. Esta situación resulta en la persistencia de la degradación del suelo, lo que afecta la productividad y sostenibilidad de la agricultura en el país. Es esencial investigar las barreras que enfrentan los agricultores al adoptar abonos verdes y desarrollar estrategias para promover su uso en la recuperación de suelos dañados en Ecuador.

1.3. JUSTIFICACIÓN

Los abonos verdes, como cultivos de ciclo corto representan una estrategia prometedora ya que su incorporación en el suelo permite mejorar la fertilidad del suelo degradado y proporciona nutrientes esenciales mediante la fijación biológica de nitrógeno atmosférico y la adición de material vegetativo que se transforma en

materia orgánica. Estas acciones benefician la parte física, química y biológica del suelo, lo que implica una serie de ventajas para la agricultura y el medio ambiente.

La importancia de estudiar los efectos de la incorporación de abonos verdes en suelos degradados radica en la búsqueda de alternativas sostenibles y eficientes para restaurar la fertilidad y funcionalidad de los suelos. Al mejorar la fertilidad del suelo mediante la incorporación de abonos verdes, se reduce el uso de fertilizantes químicos, disminuye los costos de producción y la contaminación ambiental; además, los abonos verdes enriquecen el suelo garantizando un desarrollo sostenible en la región.

1.4. OBJETIVOS

1.4.1. Objetivo general

Establecer los efectos de la incorporación de abonos verdes en los suelos degradados del Ecuador.

1.4.2. Objetivos específicos

- Identificar las especies de abonos verdes más adecuadas para la restauración de suelos degradados del Ecuador.
- Describir la influencia de los abonos verdes en la actividad biológica del suelo.

1.5. LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN

Dominio: Recurso agropecuario, medio ambiente, biodiversidad.

Línea: Desarrollo agropecuario, agroindustrial sostenible y sustentable.

Sublínea: Agricultura sostenible y sustentable.

2. DESARROLLO

2.1. MARCO CONCEPTUAL

2.1.1. Suelos degradados

Los procesos de degradación reducen la capacidad del suelo para realizar sus funciones; esto puede deberse a causas naturales o actividad humana; la degradación se refiere básicamente a la pérdida o erosión del suelo fértil por el agua y el viento, que suelen arrastrar la superficie terrestre hacia los océanos; la erosión del suelo también se produce por el uso inadecuado de labores dentro del suelo (Guanche 2018).

El mismo autor afirma que las prácticas de producción sin criterios protectores contribuyen en gran medida a que este problema se agrave cada día más; lo más factible es intentar evitar que el suelo se destruya, ya que su proceso de regeneración es demasiado lento, de media se suelen tardar de 1 a 300 años en renovar 2,5 cm de suelo.

La degradación avanzada del suelo es un proceso donde se ha disminuido en 50 % su capacidad para mantener una buena productividad; adicionalmente, con el paso del tiempo, el suelo presenta deterioro en sus propiedades físicas, químicas y biológicas, factores que determinan los bajos rendimientos de los cultivos (Mateo 2017).

2.1.1.1. Tipo de textura se suelo con mayores problemas de degradación

Los suelos arenosos retienen poca humedad y tiende a secarse más rápido; su capacidad para retener nutrientes es escasa; tienen baja fertilidad; son muy porosos y se absorben rápidamente; por tanto, es necesario fertilizar periódicamente dichos suelos e incluir materia orgánica y nutrientes inorgánicos (Aguilar 2018).

Los suelos con mayor degradación son aquellos que por lo general presentan una textura de consistencia arenosa, mismos que son incapaces de mantener su estructura física en condiciones óptimas (Rodríguez *et al.* 2021).

2.1.1.2. Estructura del suelo

La estructura del suelo es la propiedad más importante de los recursos del suelo, ya que implica movimiento y retención de agua, drenaje, aireación, penetración de raíces, ciclo de nutrientes y, por lo tanto, afecta la eficiencia energética de los cultivos; una estructura adecuada del suelo permite que la parte superficial de la planta realice la fotosíntesis y desarrolle su máxima expresión dependiendo de los factores ambientales y factores genéticos, siempre y cuando no existan restricciones de agua, aire, nutrientes y sustancias húmicas, que también pueden estimular el crecimiento y desarrollo de las plantas (Guzmán y Alonzo 2008).

La estructura del suelo es su condición general, que surge de la composición de sus componentes y su disposición. A medida que el suelo evoluciona de forma natural, se desarrolla una estructura estratificada verticalmente conocida como perfil, con capas distintas llamadas horizontes. Estos horizontes varían debido al movimiento vertical de los agregados en el suelo (Osorio *et al.* 2022).

2.1.2. Clases de degradación del suelo

2.1.2.1. Degradación física

La degradación física se genera porque se desarrollan uno o más procesos interrelacionados, como la permeabilidad reducida, compactación, falta de aireación, deterioro de la estructura del suelo y crecimiento limitado de las raíces (ICPROC 2002).

La degradación física se refiere a un cambio en la estructura del suelo cuya manifestación más conspicua es la pérdida o disminución de su capacidad para absorber y almacenar agua; en la erosión hídrica y eólica, el tipo específico dominante fue la pérdida de suelo superficial (Muñoz *et al.* 2013).

2.1.2.2. Degradación química

La degradación química del suelo, la lixiviación y la aparición de toxinas causadas por la contaminación del suelo, que es diferente de sus derivados de sales excesivas, refleja su punto débil desde el potencial de descomposición y reducción de recursos del suelo; la pérdida de fertilidad en situaciones severas

puede hacer que el suelo determine cualquier cosecha de interés; además esta degradación química es un proceso causado por la disminución de nutrientes y la pérdida de materia orgánica, donde la acidificación probablemente conduce a la presencia de aluminio tóxico (Ramírez 2006).

El autor antes mencionado afirma también que la lixiviación de las bases químicas se refiere a la extracción de nutrientes desde la superficie a capas más profundas del suelo, lo que resulta en una reducción de la fertilidad asociada y un aumento de la acidez del suelo.

La degradación química del suelo es causada por los fertilizantes químicos y los pesticidas, lo que resulta en una reducción de la disponibilidad de nutrientes para las plantas, un impacto negativo en la población de microorganismos beneficiosos, cambios en el contenido de materia orgánica, y alteraciones en el pH del suelo (Kogut 2023).

2.1.2.3. Degradación biológica

Efectivamente la erosión es un factor muy activo que puede provocar una pérdida de materia orgánica en el suelo, a veces muy grave, entonces la biodegradación sólo tiene en cuenta la disminución del contenido de materia orgánica húmeda en el suelo como consecuencia de su mineralización; en pocas palabras, la degradación se refiere al agotamiento de los nutrientes del suelo necesarios para el crecimiento óptimo de las plantas y la capacidad de la agricultura para producir de manera sostenible (Bunch 2007).

La degradación biológica del suelo se refiere a la reducción de la actividad microbiana causada por reacciones bioquímicas destructivas, principalmente en terrenos sin cobertura o sin protección, disminuyendo la productividad en los cultivos (Kogut 2023).

2.1.2.4. Causas que influyen en la degradación del suelo

En la actualidad las causas que afectan a la degradación del suelo son más comunes: deforestación, uso de productos químicos para la fertilizar de cultivos de cereales, cambio climático, maquinaria agrícola pesada, riego insuficiente, el

exceso de pastoreo y agotamiento de la materia orgánica del suelo (Iriarte *et al* 1999).

La degradación del suelo, impulsada por causas naturales y actividades humanas, se ha agravado debido a la deforestación, agricultura intensiva, exceso de pastoreo, urbanización y prácticas agrícolas inadecuadas. Entre las actividades humanas perjudiciales se incluyen el monocultivo, el uso inadecuado de fertilizantes, el pastoreo excesivo, la erosión, la expansión urbana y la contaminación del suelo. Estos factores representan una amenaza para la salud humana y el entorno natural (Kogut 2023).

2.1.3. Abonos verdes

Los abonos verdes son cultivos vegetales vivos temporales o permanentes que cubren el suelo y se cultivan junto con otras plantas. Aunque en el pasado se usaron indistintamente con "cultivos de cobertura", se destacan por su versatilidad y funciones adicionales, como la supresión de malezas, conservación del suelo y agua, control de plagas y enfermedades, además de su valor en la alimentación humana y animal (Sarandón y Flores 2014).

Los abonos verdes generalmente son cultivos de ciclo corto, que se incorporan en el suelo con diversos propósitos de restaurar, conservar y enriquecer la fertilidad del suelo al introducir material vegetal y aportar nitrógeno atmosférico. (Alvarado *et al.* 2014).

Los abonos verdes son plantas que se añaden al suelo para mantener o restaurar sus propiedades; el uso de abono verde permite mejorar la humedad del suelo, el contenido de materia orgánica y se reduce el ataque de malezas, insectos y enfermedades; la práctica de incorporar plántulas al suelo donde crecen para aprovechar materia orgánica se llama abono verde (Flores y Méndez 2009).

Los mismos autores expresan que la incorporación de abonos verdes es otra forma de agregar materia orgánica al suelo y se ha demostrado que aumenta los rendimientos y reduce las infestaciones de nematodos.

En los casos en que el suelo está sobrefertilizados, el abono verde puede actuar como mejorador, ya que algunas plantas crucíferas son consumidoras de nutrientes; también afirma que mediante la acción mecánica de las raíces pueden mejorar la estructura de un suelo compactado y pobre en nutrientes, volviéndolo aireado, ligero y fácil de trabajar (Vargas 2004).

El mismo autor afirma que la biomasa que el abono verde añade al suelo determina la cantidad y el tipo de microorganismos que lo mantienen sano; esto indica la formación de compuestos orgánicos obtenidos, tales como: auxinas, aminoácidos, enzimas, vitaminas y otros compuestos que estimulan el crecimiento de las plantas.

Algunos componentes se descomponen más fácilmente que otros, pero la lignina, los taninos y las resinas son más difíciles de descomponer y dan materiales complejos como productos finales; esto sugiere que algunos microorganismos producen ligninasas capaces de degradar la lignina, y aquellos que sólo funcionan en condiciones aeróbicas; la celulosa y la hemicelulosa incrustadas en la lignina también son difíciles de descomponer, por lo que se descomponen muy lentamente (Lora y Azero 2005).

Los mismos autores manifiestan que el efecto de agregar abonos verdes en el recurso suelo tiene factores positivos mejorando sus propiedades físicas, químicas y biológicas, especialmente en los suelos que están fuertemente compactados y erosionados por efecto de la agricultura convencional, debido a uso intensivo del laboreo continuo, en la cual se mejora su drenaje y la capacidad de retención de agua de lluvia o riego.

2.1.3.1. Características generales que deben reunir los abonos verdes

Camacho (2019) expresa que las características que deben tener los abonos verdes son las siguientes:

- Rápido establecimiento, rápido crecimiento y buena cobertura del suelo.
- Gran acumulación de biomasa.

- Fácil de cosechar e incorporar.
- Lenta descomposición del residuo.
- Producción de gran volumen de residuos.

2.1.3.2. Ventajas de los abonos verdes

Castro *et al.* (2018) expresan que las ventajas de los abonos verdes son las siguientes:

- Agregar materia orgánica al suelo y estimular la actividad microbiana del suelo.
- Mejorar la estructura del suelo, disminuyendo la escorrentía y la erosión causada por la lluvia.
- Se incorporan nutrientes en las capas superiores del suelo mejorando su fertilidad.
- Las leguminosas como abono verde fijan N de la atmosfera y se agrega al suelo para ser utilizado por el siguiente cultivo; aproximadamente 2/3 del N deriva de la atmosfera y el resto del suelo.
- Aumenta la disponibilidad de ciertos nutrientes como P₂O₅, Ca, Mg y Fe.

2.1.3.3. Desventajas de los abonos verdes

Los mismos autores expresan que las desventajas de los abonos verdes son las siguientes:

- Requieren mantenimiento y control como cualquier cultivo de interés agrícola
- Si no se consolidan, pueden convertirse en malezas o plantas invasoras por tiempo limitado.
- Esto no es posible en suelos secos porque absorben la humedad remanente que existe en el suelo.
- Pueden servir como huéspedes de plagas y atraer enfermedades para plantaciones establecidas.

2.1.3.4. Funciones de los abonos verdes

Los abonos verdes son particularmente útiles en sistemas con bajo consumo de recursos externos; esta práctica implica la incorporación de grandes cantidades de material vegetal no descompuesto procedente de plantas cultivadas para mejorar las condiciones físicas, químicas y biológicas del suelo (Andersons *et al.* 1997).

Por otro lado, los mismos autores afirman que la aplicación de abonos verdes puede ser particularmente rápida, ya que su aplicación elimina simultáneamente limitaciones como la baja fertilidad del suelo, el crecimiento excesivo de malezas y la severa erosión del suelo.

Los abonos verdes son una opción de control de malezas no químicos porque compiten con las plantas invasoras por la luz, la humedad y los nutrientes; también pueden controlar plagas como los nematodos mediante interacciones físicas, biológicas o alelopáticas (Barros y Rodríguez 2003).

Además, afirman que las leguminosas resistentes a la sequía sirven como abono verde y, además de preservar la humedad del suelo, protegen el suelo contra los procesos de erosión en las estaciones secas.

Los abonos verdes protegen el suelo de las fuertes lluvias y facilitan el acceso al subsuelo a través de las raíces, aportando mayor permeabilidad y áridos más estables; la mejora de la aireación del suelo es uno de los beneficios de cubrir las raíces de las plantas, como es el caso en banano con *Calopogium caeruleum*; sin embargo, en condiciones de sequía, el mantillo puede competir por la humedad y, por lo tanto, es menos eficaz que el mantillo (Beltrán *et al.* 2005).

Los mismos autores expresan que entre el grupo de estrategias que ayudan a restaurar la calidad del aire al convertir el carbono y el nitrógeno atmosféricos en biomasa, también se mencionó el papel de los abonos verdes de leguminosas; dados los numerosos beneficios de los abonos verdes, uno esperaría que esta tecnología se generalizara si se pudieran demostrar sus beneficios y se pudiera brindar el apoyo necesario en forma de información a los agricultores potenciales;

sin embargo, hay algunos casos en los que se utilizan ampliamente abonos verdes como la Mucuna en sistemas de producción de maíz.

En muchas zonas, especialmente en Centroamérica, la difusión de la tecnología de abonos verdes ha sido "de agricultor a agricultor" y con más ayuda de organizaciones no gubernamentales que de servicios de apoyo gubernamentales; el conocimiento local, la confianza experimental y la distribución eficaz de semillas difunden eficazmente la tecnología de abonos verdes a través del movimiento de agricultor a agricultor (Backus *et al.* 1993).

2.1.3.5. Abonos verdes y cobertura en la recuperación de los suelos degradados

El concepto de abono verde se refiere al uso de cualquier planta en rotación, sucesión o combinación de cultivos con cultivos incorporados al suelo o dejados en la superficie como abono para preservar y mejorar sus propiedades físicas, químicas y biológicas (Castro 2016).

El mismo autor menciona en este nuevo concepto, es importante que las especies de plantas proporcionen una buena cobertura para proteger el suelo, tengan sistemas de raíces profundas que ayuden a romper capas densas, ayuden a aumentar la actividad biológica y que ciertas especies permitan la oportunidad de cosechar sus productos.

La descomposición del material vegetal añadido al suelo es esencialmente un proceso biológico llevado a cabo principalmente por hongos, que predominan en suelos ácidos, y las bacterias que abundan en suelos con un pH cercano al neutro, y está influenciado por la presencia de celulosa en el suelo. planta; la degradación es inversamente proporcional al contenido de lignina o relación C/N, es decir cuanto más alto es, más lento es (Castro *et al.* 2016).

Por ende, los mismos autores recalcan que existen varias opciones de leguminosas que pueden usarse como abono verde, cada una de las cuales es beneficiosa para aumentar la fertilidad del suelo y la productividad de los cultivos relacionados.

Martin y Rivera (2002) manifiestan que los abonos verdes se pueden utilizar de diversas maneras:

- a) **Abono verde en asociación con cultivos anuales:** por ejemplo: vitabosa (*Stizolobium deeringianum*) y Canavalia (*Cannavalia ensiformis*); Veso peloso (*Vicia villosa*), Arveja (*Pisum sativum*), Centeno (*Secale cereale*) con los cultivos de millo, soya, arroz y gramíneas.
- b) **Abonos verdes asociados a cultivos perennes:** como maní, soja perenne, guandul, mucuna, calopogonio y caupí y cítricos, cannavalia, soja perenne, crotalaria, kudzu, caupí y mucuna en plantaciones de banano; mucuna, crotalaria y leucaena en café
- c) **Abono verde con franjas y/o mezcla (mezcla de leguminosas):** algunos ejemplos: cultivo de yuca con guandul y borde de guandula; milo y arroz de secano con franjas de guandul y leucaena; trigo con franjas de lupinus sp y algodón con franjas de soya; *Arachis pintoii* con *Brachiaria decumbens*, *Desmodium ovata*, *Arachis*, kudzu y *Centrosema* sp con *Brachiaria* spp.
- d) **Abono verde con plantas perennes:** algunas especies como: *Erythrina*, *Guazuma glauca*, *Cajanus siamea*, *Gliricidia sepium* y específico para suelos ácidos'. *Acacia mangium*, *Calliandra calothyrsus*, *Cassia siamea*, *Ledespedeza pubescens*, *Desmodium giroides* y *Desmodium vitgatum*.
- e) **El abono verde en rotación de cultivos con cultivos anuales:** suele sembrarse con especies vegetales como abono verde en la segunda mitad del año para aprovechar sus efectos beneficiosos en cultivos beneficiosos posteriores, algunos ejemplos incluyen la rotación de frijoles, habas, gandules y caupí con cultivos de arroz, maíz, sorgo, algodón y sésamo; la soja es una excelente alternativa de segunda rotación de cultivos para un manejo adecuado del suelo y mejorar su salud.
- f) **Abono verde como cobertura:** estas plantas se cultivan para proteger el suelo de la erosión; algunas de las especies utilizadas son la vitabosa *Stizolobium deeringianum*, *Mucuna pruriens*, canola y nolso forraje como

abono de invierno; si se dejan como cobertura muerta, los abonos verdes pueden limitar la aparición de plagas y enfermedades al crear un ambiente favorable para el crecimiento de insectos y patógenos.

Según Navas y Bernal (2019) en varias regiones, las alternativas de producción utilizando o incorporando leguminosas como caupí (*Vigna unguiculata*), *Cannavalia ensiformis*, *Crotalaria juncea* y Vitabosa o Mucuna (*Stizolobium deeringianun*) como cobertura ayudan a proteger el suelo de la lluvia y el viento, aportan materia orgánica y nutrientes, aumenta el número y diversidad de microorganismos y mesofauna, ayuda en la consolidación del suelo y mejora la aireación y el drenaje.

En general, los mismos autores expresan que el uso de abonos verdes puede aumentar el uso de los recursos del suelo, controlar la erosión, reducir el crecimiento de malezas, reducir la lixiviación de nutrientes y la temperatura del suelo y tener un efecto beneficioso sobre la actividad biológica y el crecimiento de los cultivos.

En la Tabla 1 se puede observar como la aplicación de residuos en cobertura sobre el suelo reduce de manera muy importante la erosión, mejorando la fertilidad del suelo.

Tabla 1. Efecto de la cobertura del suelo en la reducción de la erosión

Porcentaje de suelo cubierto con residuo	Reducción de la erosión (%)
10 %	30
20 %	50
30 %	65
40 %	75
50 %	83
60 %	88
70 %	81
80 %	94

Fuente: Salamanca *et al.* (2018).

En la Tabla 2 se puede observar cuales son las plantas leguminosas utilizadas como abono verde que aportan la mayor cantidad de nitrógeno al suelo por hectárea.

Tabla 2. Especies de abonos verdes fijadoras de nitrógeno al suelo

Leguminosas fijadoras de nitrógeno al suelo	Kg N/ha
Canavalia (<i>Canavalia ensiformis</i>)	175.6
Cañamo <i>Crotalaria juncea</i>	235.5
Corazón tranquilo (<i>Lupinus mexicanus</i>)	90
Lupinus (<i>Lupinus rotundiflorus</i>)	80
Trébol blanco (<i>Trifolium repens</i>)	91.5
Alfalfa (<i>Medicago sativa</i>)	94.5

Fuente: Valdivieso y Espinoza (2020).

2.1.4. Especies utilizadas como abonos verdes en la recuperación de los suelos

Los abonos verdes pueden ser leguminosas o no leguminosas como *Secale cereale*, *Setaria itálica*, *Helianthus* sp; en segundo caso, la inversión en tales cultivos es reducir la reducción de las pérdidas de nutrientes durante el descanso, y la inversión N es menor que la contribución del fertilizante; cuando el abono verde es una leguminosa se genera una fijación simbiótica de nitrógeno al suelo (Viteri 2019).

Resultados experimentales muestran que el abono verde proporciona niveles de nitrógeno entre 15 y 200 kg/ha, muy probablemente entre 60 y 100 kg/ha; las variaciones en aporte de N están relacionadas con la producción de materia seca y manejo de barbecho y cultivo (Valdivieso y Espinoza 2020).

En las últimas décadas, se han evaluado varias especies de leguminosas, como abonos verdes y cultivo de recubrimiento en varios sistemas de producción, en América Latina; por ejemplo, el frijol terciopelo (*Mucuna* spp.) en un sistema de maíz se está propagando rápidamente en áreas húmedas de México y Centroamérica porque no está adaptado a áreas crónicamente secas; otros ejemplos de legumbres valiosas incluyen: *Dolichos lablab*, *Vicia faba* y *Phaseolus coccineus*. También hay algunas leguminosas de climas cálidos tales como: *Canavalia ensiformis*, *Centrosema pubescens*, *Clitoria ternatea*, *Crotalaria juncea*, *Crotalaria ochroleuca*, *Desmanthus virgatus*, *Indigofera tinctoria*, *Lablab purpurens*, *Macroptilium atropurpureum*, *Mucuna aterrima*, *Mucuna pruriens*, *Stylosanthes guianensis*, *Teramnus uncinatus*, *Vigna mungo*, *Vigna radiata* y *Vigna unguiculata* ha sido evaluado como abono verde con aportes de N/ha de 60 hasta los 300 kg (Orjuela 2000).

El mismo autor recalca que también hay ejemplos de leguminosas que se utilizan como abono verde junto con cultivos anuales como el maíz o sorgo con *Canavalia ensiformis*, *Mucuna pruriens*, *Phaseolus vulgaris* y *Vigna unguiculata*; el maíz y los tomates están relacionados con *Vigna* spp. y *Canavalia ensiformis*.

Las gramíneas sembradas con leguminosas mejoran las propiedades físicas y químicas del suelo, proporcionando materia orgánica; Las raíces del pasto mejoran el suelo al ablandar la capa superior del suelo; el centeno es especialmente adecuado para la siembra junto con algarrobas o habas; la avena (*Avena sativa*) es apta para la siembra y está relacionada con las algarrobas y los guisantes (Calegari y Peñalva 2018).

Las crucíferas tienen un desarrollo muy acelerado proporcionando un excelente abono verde; gracias a su largo sistema radicular, son capaces de aprovechar mejor que la mayoría de las plantas las reservas minerales, acumulando grandes cantidades de elementos en sus partes aéreas, que luego son devueltos al suelo; como especies más utilizadas están: nabo forrajero (*Brassica napus* var. *Oleifera*), mostaza blanca (*Sinapis alba*), rábano forrajero (*Raphanus raphanistrum*), jaramago (*Sisymbrium officinale*) y colza forrajera (*Brassica napus*); se ha planteado también que las plantas de esta familia, con la

acción de sus raíces, hacen asimilable por otras plantas el fósforo presente en el terreno en estado insoluble (Ferro 2019).

2.1.5. Efectos de los abonos verdes en las propiedades del suelo

2.1.5.1. Efectos en las propiedades físicas del suelo

El abono verde afecta directamente las propiedades físicas del suelo, incluida la estructura, la capacidad de retención de agua, la densidad, la permeabilidad y la aireación; estos efectos dependen de la calidad, cantidad y procesamiento de los materiales añadidos, así como de factores como el clima y las propiedades del suelo (Quiroz *et al.* 2017).

Los residuos vegetales pobres en nitrógeno tienen un efecto directo sobre las propiedades físicas del suelo; la incorporación de cebada en una etapa posterior reducía la concentración de nitrógeno del 2,7 % al 1,2 % pero aumentaba las tasas de infiltración en un 60%. En suelos más permeables, los residuos de maíz (0,7 % N) se infiltraron el doble que el cultivo de cobertura (2,5 % N); de manera similar, después de tres temporadas de uso de cultivos de cobertura de pasto Sudán (1,3 % N), alternando con cultivos de alto rendimiento en invierno, los resultados mostraron un aumento del 45 % en la infiltración en comparación con el barbecho en los campos del primer y segundo año. aumentó; el tercer año (2,9 % de N) no mostró diferencias; los efectos de la incorporación de abono verde y salvado de trigo, encontró que el contenido de materia orgánica del suelo y la estabilidad de los agregados aumentaron en un 10% (Aguirre y Fructos 2017).

Las gramíneas destacan por su eficacia en la formación de agregados, actuando directa e indirectamente sobre sus raíces; por tanto, una de las formas más adecuadas para mejorar la estructura del suelo es mezclar gramíneas con sistemas radiculares fuertes y que se renuevan constantemente con leguminosas que aceleren la descomposición de los residuos vegetales; la relación C:N del material añadido aumenta exponencialmente con esta mezcla. Descomponer y lograr un rápido aumento de la materia orgánica del suelo (Ramos 2019).

En un ensayo realizado por Navas (2018) se observó que la adición de abono verde aumenta la materia orgánica activa del suelo al 17 %, los complejos

minerales orgánicos al 52 % y el ácido húmico al 6,1 %; de manera similar, la MO aumenta un 1,68% cuando se aplica abono verde durante cuatro años consecutivos y un 2,14 % cuando se aplica abono verde durante nueve años consecutivos, mientras que la parcela de control muestra un aumento de sólo el 1,21 %; por otro lado, la densidad aparente disminuye en 0,07 g/cm³, en el segundo año en 0,12 g/cm³ y en el tercer año en 0,14 g/cm³, cuando se añade abono verde en el primer año; la porosidad aumenta a 2,43, 4,97 y 8 %, respectivamente, y el agregado sólido o menor a 0,25 mm aumenta a 6,84, 14,85 y 18,96 %, respectivamente.

En un estudio realizado durante 25 años evidencio que la acción de microorganismos sobre la materia orgánica mejoró la conformación de las partículas del suelo, lo que llevó a la formación de agregados (Flores 2012).

Por otro lado, el mismo autor expresa que mediante varios estudios se ha demostrado que el abono verde como cultivo de cobertura es un factor importante para mantener la humedad del suelo, mejorar la filtración y el drenaje en suelos arcillosos y reducir la evaporación, lo que permite una mejor penetración de las raíces y una mejor utilización del agua.

En experimentos realizados por Ile *et al.* (2015) se informan que la evaporación de la superficie del suelo disminuyó de 1,09 a 0,65 mm por día durante el crecimiento de las plantas de abono verde; la humedad aumentó de 0,94 % a 4,8 % y el índice de desalinización aumentó de 67,8 % a 82,3 %; según el autor, la temperatura del suelo era 30 °C más baja en las parcelas cubiertas con abono verde, en comparación con hasta 50 °C en las zonas sin abono verde.

La cobertura vegetal también afecta la humedad y la temperatura del suelo; el efecto sobre la reducción de la pérdida de humedad puede atribuirse a una combinación de varios factores; destaca una reducción de la evaporación y la escorrentía superficial, así como un aumento de la capacidad de infiltración del suelo y de retención de agua; las diferencias en el contenido de humedad del suelo se vuelven más pronunciadas durante los períodos de sequía, lo que sugiere que la preparación del suelo cubierto puede aliviar los déficits hídricos a corto plazo (Beltrán 2006).

Al estudiar un sistema de manejo del suelo de maíz, se observaron que los residuos de avena negra tenían el mayor contenido de humedad del suelo y los guisantes tenían el menor contenido de humedad del suelo; durante el período de crecimiento del maíz, la humedad del suelo en la parcela de avena negra fue entre un 3,0 % y un 7,4 % mayor que en la parcela estática; es importante resaltar que el análisis de temperaturas máximas y mínimas es muy importante porque la temperatura del suelo afecta la actividad biológica, la germinación de las semillas, el crecimiento de las raíces y la absorción de iones (Beltrán *et al.* 2005).

2.1.5.2. Efectos en las propiedades químicas del suelo

FAO (2000) manifiesta que los efectos químicos más importantes por la aplicación de abonos verdes es la siguiente:

- Aumento del contenido de materia orgánica a lo largo de los años por la adición de fitomasa.
- Mayor disponibilidad de nutrientes que se agrega al suelo con fijación biológica, especialmente el nitrógeno.
- Reducir la excreción de nutrientes.
- Incremento de la capacidad de reciclaje, absorción y reincorporación de los nutrimentos que al ser lavados o lixiviados se encuentran en las capas más profundas del suelo y que no pueden ser aprovechados por los cultivos con sistema radical superficial.
- Contribuyen a la formación de ácidos orgánicos básicos durante la disolución de los minerales del suelo.
- Disminución de aluminio en el suelo.
- Movilizan formas estables de fósforo y potasio, convirtiéndolas en formas asimilables por las plantas que actúan como biofertilizantes de fósforo y potasio.
- Reducir la acumulación de sales en la superficie del suelo y crear condiciones favorables para el crecimiento de cultivos en suelos salino-alcalinos.

Carrasco *et al.* (2003) llevaron a cabo un experimento donde el caupí se intercaló con maíz, lo que dio como resultado que el 59,5 % del N de la biomasa

aérea total proviniera del suelo, el 3,3 % del estiércol y el 37,3 % de la fijación atmosférica.

Al añadir soja o caupí a los cultivos de maíz equivale a añadir 80 kg de nitrógeno al suelo Ha^{-1} , a excepción de los aumentos de proteínas en las partículas de maíz. En Brasil, Smith y otros han realizado dos estudios durante tres años consecutivos determinaron el valor de reposición de los fertilizantes nitrogenados y el efecto de las leguminosas y encontraron que el principal valor de reposición para la mucuna (*Stizolobium aterrimum*) es de 74 kg Ha^{-1} , el añil (*Indigofera tinetoria*) es de 26 kg Ha^{-1} y el caupí (Romero 2010).

La adición de abono verde a un suelo ligeramente salino puede reducir el contenido superficial de sal en un 30 %; en suelos moderadamente salinos, el contenido de sal se reduce al 67 %; en suelos muy salinos, el contenido de sal se reduce al 67 %; el rango es del 25 %; la fijación de nitrógeno, la mineralización de la materia orgánica, la nitrificación, la desnitrificación y la amonificación son procesos muy importantes en el ciclo del nitrógeno del suelo, donde el nitrógeno se suministra mediante fijación biológica (BNF), fijación de aguas pluviales, deposición fecal y fertilización de síntesis química; durante este proceso, el nitrógeno orgánico se mineraliza a NH_4 y luego se nitrifica a NO_3 , la forma más fácilmente asimilada por las plantas (ECHO 2017).

Es necesario tener una comprensión clara del ciclo del nitrógeno y los procesos que pueden provocar mayores pérdidas, donde la adición de abonos verdes de leguminosas con una proporción suficiente de carbono a nitrógeno (<25) puede mineralizarse en el suelo y también coincide con la necesidad del cultivo de interés en el momento de mayor necesidad (FAO 2018).

Las leguminosas son una fuente importante de nitrógeno mediante fijación biológica en los sistemas agrícolas tropicales; además, las raíces profundas y los nódulos aumentan la disponibilidad de nitrógeno y lo distribuyen por la capa del suelo y la superficie de la hojarasca; el nitrógeno almacenado puede utilizarse en cultivos posteriores a corto plazo mediante la mineralización de residuos y a largo plazo incorporando el residuo a la fracción de materia orgánica del suelo; los residuos de leguminosas pueden aumentar la cantidad de nitrógeno mineral en el

suelo y la cantidad de nitrógeno almacenado en la biomasa microbiana (Ramos 2022).

Morales (2012) indica que cuando las condiciones ambientales favorecen la lisis de las células microbianas, como la alternancia de períodos húmedos y secos, las plantas pueden utilizar el nitrógeno almacenado en la microbiota del suelo, un proceso que puede sincronizarse con las necesidades de las plantas; si el nitrógeno liberado por los residuos de leguminosas se mineraliza demasiado rápido, puede perderse por volatilización, desnitrificación o lixiviación antes de ser absorbido por las raíces del siguiente cultivo.

La eficiencia de recuperación del nitrógeno fijado de las leguminosas utilizadas como abono verde puede oscilar entre un mínimo del 3 % y un máximo del 56 %; entre los factores que determinan la eficiencia de la recuperación de la fijación de nitrógeno en leguminosas se encuentran el estado de madurez de la leguminosa, la fecha de incorporación, el tiempo entre la incorporación del cultivo y la siembra, así como las condiciones de temperatura y humedad del suelo (García 2013).

2.1.5.3. Efectos en las propiedades biológicas del suelo

Las plantas utilizadas como abono verde son beneficiosas para la actividad biológica porque aportan al suelo materia orgánica, que es un factor determinante para la actividad microbiana y proporciona una fuente de energía para el desarrollo microbiano; cuando el suelo está labrado y preparado para una cobertura total, las fluctuaciones térmicas son menores, por lo que los microorganismos están más desarrollados y aumenta el número de nódulos radiculares por planta, y porque hay una mayor concentración de desechos en la superficie; el fósforo se utiliza de manera más eficiente, lo que promueve la actividad de las bacterias fijadoras de nitrógeno (Hernández y Viteri 2019).

Los mismos autores afirman que después de la aplicación de abono verde, el número de bacterias fijadoras de N fue de $2,36 \times 10^4$ /g de suelo, en comparación con sólo $0,2 \times 10^4$ en la parcela de control, mientras que la tasa de respiración

cambió de 33,41 mg/100 g/día a 25,22 mg. /100/día, la capacidad de nitrificación es del 21,77 - 17,5 %.

Los resultados de un ensayo mostraron que la soja y los garbanzos cultivados durante dos años entre cultivos de maíz aumentaron significativamente el número de bacterias activas en la rizosfera del maíz y, por lo tanto, aumentaron los rendimientos del maíz entre un 5% y un 20% (Bunch 2016).

Los abonos verdes como *Crotalaria paulina*, *Crotalaria juncea* y *Stizolobium atérrimum*, aumentan la colonización de hongos micorrízicos arbusculares en las raíces del trigo; según los autores, esto se debe a que las leguminosas contienen hongos micorrízicos arbusculares, que pueden modificar o mejorar el inóculo de dichos hongos y promover la colonización continua del cultivo (Carsolama y Jiménez 2018).

En general, los mismos autores afirman que el abono verde ayuda a mantener el equilibrio biológico del suelo y protege su micro y macro vida. Las plantas utilizadas como abono verde ya antes de dicho manejo influyen en la actividad biológica del suelo, reduciendo los efectos físicos de los cambios de temperatura y manteniendo condiciones adecuadas de humedad del suelo.

Después del manejo de la biomasa, la presencia de materia orgánica es el factor que más influye en la actividad microbiana y en las poblaciones, ya que la materia orgánica es la fuente de energía para los organismos del suelo; por lo tanto, cuanto mayor sea el rendimiento de biomasa del abono verde, mayor será la población macro y microbiana en el suelo (Diaz *et al.* 2019).

Los mismos autores resaltan que las labores de preparación del suelo provocan la reducción de su contenido orgánico, se crean condiciones de alta temperatura y condiciones alternas de humedad y sequía, que afectan en mayor o menor medida a los organismos del suelo.

2.2. MARCO METODOLÓGICO

2.2.1. MÉTODO

El presente documento bibliográfico investigativo presentado como componente práctico, se detalló por medio de la recopilación de información, de las distintas páginas web de libre acceso, artículos científicos, tesis de grado, fuentes y documentos bibliográficos disponibles en varias plataformas digitales.

La información obtenida fue realizada mediante el método sintético y analítico, con el objetivo de instaurar la información específica en correspondencia con este proyecto.

2.2.2. METODOLOGÍA

En relación a las técnicas de investigación, la metodología que se aplicó en este trabajo es de tipo exploratoria y explicativa. Exploratoria porque se centra en documentos ya existentes de donde se recopiló toda la información y contenido del caso de estudio. Explicativa puesto que se detalló la relación que existe entre las variables de estudio que forman parte de la investigación.

2.3. RESULTADOS

Los abonos verdes son plantas que se añaden al suelo para mantener o restaurar sus propiedades; el uso de abono verde permite mejorar la humedad del suelo, el contenido de materia orgánica y se reduce el ataque de malezas, insectos y enfermedades.

El efecto de agregar abonos verdes en el recurso suelo tiene factores positivos mejorando sus propiedades físicas, químicas y biológicas, especialmente en los suelos que están fuertemente compactados y erosionados por efecto de la agricultura convencional, debido a uso intensivo del laboreo continuo, en la cual se mejora su drenaje y la capacidad de retención de agua de lluvia o riego.

Las leguminosas son catalogadas abonos verdes resistentes a la sequía, además de preservar la humedad del suelo, protegen el suelo contra los procesos de erosión en las estaciones secas, aportan materia orgánica y nitrógeno al suelo.

Las plantas que se pueden cultivar como abonos verdes para proteger el suelo de la degradación son la: vitabosa (*Stizolobium deeringianum*), (*Mucuna pruriens*), Canavalia (*Cannavalia ensiformis*), Veso peloso (*Vicia villosa*), Canola (*Brassica napus*) y nolso forraje.

En Ecuador se cultivan abonos verdes para proteger el suelo de la degradación, como el frejol de palo (*Phaseolus lunatus*), el maní forrajero (*Arachis pinto*), el lolium (*Lolium spp.*), la soya (*Glycine max*), la mucuna (*Mucuna pruriens*), la avena (*Avena sativa*) y el chocho (*Lupinus mutabilis*).

El abono verde ayuda a mantener el equilibrio biológico del suelo y protege su micro y macro flora, reduciendo los efectos físicos de los cambios de temperatura y manteniendo condiciones adecuadas de humedad del suelo; además la presencia de materia orgánica es el factor que más influye en la actividad microbiana y en las poblaciones.

2.4. DISCUSION DE RESULTADOS

Es importante que los agricultores conozcan la importancia de los abonos verdes, debido a que son particularmente útiles en sistemas con bajo consumo de recursos externos, donde Flores y Méndez (2009) expresan que esta práctica implica la incorporación de grandes cantidades de material vegetal no descompuesto procedente de plantas cultivadas para mejorar las condiciones físicas, químicas y biológicas del suelo.

La aplicación de abonos verdes mejora la fertilidad del suelo de manera rápida, esto lo corrobora Viteri (2019) el cual afirma que la aplicación de abonos verdes puede ser particularmente rápida, ya que su aplicación elimina simultáneamente limitaciones como la baja fertilidad del suelo, el crecimiento excesivo de malezas y la severa erosión del suelo; además incorporar leguminosas como abonos verdes o de cobertura brinda una fertilización de manera natural evitando que los suelos se degraden.

Las leguminosas son una excelente opción de abonos verdes que incorporan nitrógeno y materia orgánica al suelo; el respaldo proporcionado por el estudio de Ramos (2022) manifiesta que las leguminosas son una fuente importante de nitrógeno mediante fijación biológica en los sistemas agrícolas tropicales; además los residuos de leguminosas pueden aumentar la cantidad de nitrógeno mineral en el suelo y la cantidad de nitrógeno almacenado en la biomasa microbiana

3. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

3.1. CONCLUSIONES

Por lo anteriormente detallado se concluye:

1. En Ecuador, se cultivan abonos verdes con el fin de proteger el suelo de la degradación tales como el frejol de palo (*Phaseolus lunatus*), maní forrajero (*Arachis pinto*), Lolium (*Lolium spp.*), soya (*Glycine max*), mucuna (*Mucuna pruriens*), avena (*Avena sativa*) y el chocho (*Lupinus mutabilis*).
2. Las plantas utilizadas como abono verde son beneficiosas para la actividad biológica porque aportan al suelo materia orgánica, que es un factor determinante para la actividad microbiana y proporciona una fuente de energía para el desarrollo microbiano.
3. Los abonos verdes se pueden utilizar de diversas maneras para mejorar los suelos degradados tales como: Abono verde en asociación con cultivos anuales, abonos verdes asociados a cultivos perennes, abono verde con franjas y/o mezcla (mezcla de leguminosas), abono verde con plantas perennes, abono verde en rotación de cultivos con cultivos anuales y abono verde como cobertura.
4. Las leguminosas pueden usarse como abono verde, en donde cada una de las cuales son beneficiosas para aumentar la fertilidad del suelo y la productividad de los cultivos relacionados.

3.2. RECOMENDACIONES

Por lo anteriormente detallado se recomienda lo siguiente:

1. Es importante incorporar abonos verdes como: el frejol de palo (*Phaseolus lunatus*), maní forrajero (*Arachis pintoï*), Lolium (*Lolium spp.*), soya (*Glycine max*), mucuna (*Mucuna pruriens*), avena (*Avena sativa*) y el chocho (*Lupinus mutabilis*) en los suelos degradados para regenerarse físicamente, químicamente y biológicamente, logrando mayor fertilidad que permita obtener resultados de cultivos con un desarrollo adecuado.
2. Implementar especies de leguminosas que aportan una cantidad de nitrógeno y demás nutrientes que favorecen al cultivo establecido en una zona de producción.

4. REFERENCIAS Y ANEXOS

4.1. REFERENCIAS

Alvarado, S., Valverde, F., Quishpe, J., Parra, R. 2014. Los abonos verdes. Quito, Ecuador: INIAP, Estación Experimental Santa Catalina, Departamento de Manejo de Suelos y Aguas. (Plegable no. 411). Consultado 09 agos. 2023. Disponible en <https://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/2526>

Andersons, S., Fereass, N., Gundel, S., Keen, B., Pound, B. 1997. Cultivos de cobertura: componentes de un sistema integrado. En: FAO, editor, Seminario Regional de conferencia electrónica de la FAO sobre "Agroforestería ganadera en América Latina". FAO, Italia. 97-120 p.

Aguilar, M. 2018. Evaluación de tres abonos verdes, mezclas de leguminosa más gramínea, crucífera y amarantáceas, en los suelos agrícolas degradados del Cantón Bolívar. Tesis Ing. Agr. Ambato, Ecuador. UTA. Consultado 12 sept. 2023. Disponible en <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/23948/1/tesis-053%20Maestr%c3%ada%20en%20Agroecolog%c3%ada%20y%20Ambiente%20-%20CD%20425.pdf>

Aguirre, S., Frutos, M. 2017. Efectos de distintos abonos verdes, estiércol de bosque y dosis de nitrógeno sobre el comportamiento productivo de cebolla dulce en suelos arenosos. Tesis Ing. Agr. Uruguay. UR. 71 p.

Bunch, R. 2007. El uso de abonos verdes por agricultores campesinos: lo que hemos aprendido hasta la fecha. CIDICCO. 45 p.

Barros, H., F. Rodríguez. 2003. Agregación de abono verde en pasto estrella (*Cynodon nlemfuensis*) asociado a caranganito (*Senna atomaria*) en Baja Guajira. Produmedios, Valledupal, Colombia. 45 p.

Beltrán, F., Garsija, J., Valdez, R., Muriljo, B., Trojo, E., Mayores, J., Ruiz, L., Fenech, L., García, D. 2005. Sistemas de tratamiento de suelos, aplicación

de abonos verdes y restauración de la fertilidad en Yermosol unifolia. *Terra Latinoamérica* 23:381-387.

Backus, D., Ponce, I., Sains, G., Medina, G. 1993. Uso y distribución del frijol pelotero (*Mucuna deeringianum*) en la vertiente costera atlántica de Honduras. *Agronomía Mesoamerica* 4:15-29. doi:10.15517/am.v5i0.25043

Beltrán, F. 2006. Efecto de sistemas de labranza e incorporación de abono verde (*Lablab purpureus* L.) Sweet, sobre las características físicas, químicas y biológicas de un yermosol haplico en zonas áridas. Tesis PhD. La Paz. CIB. 135 p. Consultado 12 sept. 2023. Disponible en https://cibnor.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1001/391/1/beltran_f.pdf

Beltrán, A., García, R., Valdez, B., Murillo, E., Troyo, J., Larrinaga, F., Ruiz, L., Fenech, L., García, F. 2005. Efecto de sistemas de labranza e incorporación de abono verde en la recuperación de la fertilidad de un suelo arenomigajoso. *Terra Latinoamericana* 23(3): 381-387.

Bunch, R. 2016. Adopción de abonos verdes y cultivos de cobertura. *Revista de Agroecología* 9(3): 5-37.

Carsolama, D., Jiménez, R. 2018. Evaluación de tres tipos de abonos verdes en la recuperación de suelos degradados de la parroquia Bolívar – Cantón Bolívar. Tesis Ing. Agr. Bolivar. Ecuador. UTN. 86 p.

Castro, R. 2016. Las leguminosas forrajeras como abono verde para producir cultivos forrajeros y leche en la ganadería dual en los trópicos secos. Tesis Ing. Agrop. Colombia. UNC. Consultado el 13 sept. 2023. Disponible en <http://www.bdigital.unal.edu.co/51526/>

Castro, R., Sierra, J., Mojica, J., Carrula, J., Lascano, C. 2016. Para la producción de leche, varios frijoles, como el uso de fertilizantes verdes, giro y hierba seca con maíz. *Revista Corpóica Ciencia Tecnología Agropecuaria* 17:17-29. Doi: 10.21930/rcta.vol17_num1_art: 456

- Calegari, A., Peñalva. 2018. Abonos verdes: importancia agroecológica y especies con potencial de uso en Uruguay. Canelones, Asunción. 172 p.
- Camacho, L. 2019. Abonos verdes: características y especies más utilizadas (en línea, sitio web). Consultado 14 sept. 2023. Disponible en <https://www.portalfruticola.com/noticias/2019/06/28/abonos-verdes-caracteristicas-y-especies-mas-utilizadas/#:~:text=Aunque%20se%20pueden%20utilizar%20un,las%20crucc%C3%ADferas%20y%20las%20gram%C3%ADneas.>
- Carrasco, J., Squella, F., Rojas, C. 2003. Técnicas y prácticas en el manejo de los recursos naturales para la recuperación de suelos degradados de la VI región. San Fernando, Chile. INIA. 56 p.
- Castro, R., Mojica, J., Carulla, J., Lascano, C. 2018. Abonos verdes de leguminosas: integración en sistemas agrícolas y ganaderas del trópico. *Agronomía Mesoamericana* 29(3): 711-729.
- Castro, E., Mojica, J., Carulla, J., Lascano, J. 2018. Abonos verdes de leguminosas: integración en sistemas agrícolas y ganaderas del trópico. *Agronomía Mesoamérica* 29(3): 711- 729. Consultado 09 agos. 2023. Disponible en doi:10.15517/ma.v29i3.31612
- Chancosa, C., Viana, E. 2015. Evaluación del efecto de abonos verdes en la calidad del suelo, en la localidad de Peribuela (sector el Rabanal), parroquia Imantag, cantón Cotacachi. Tesis Ing. Agr. Ecuador. UTN. 94 p.
- Díaz, L., Franco, A., Campelo, E. 2019. Leguminosas forestales: aspectos relacionados con su nutrición y uso en la recuperación de suelos degradados. *Bosque* 16(1): 121-127.
- ECHO. 2017. Selección de leguminosas como abono verde/cultivos de cobertura (en línea). Consultado 12 sept. 2023. Disponible en <https://www.echocommunity.org/es/resources/f9596754-bd6d-4895-a4de-4bc77de91728>

- Flores, M., Méndez, M. 2009. Propuesta para el manejo sustentable de suelo mediante el uso de tres abonos orgánicos elaborados con materias primas vegetales en la Playa de Ambuquí, provincia de Imbabura. Tesis Ing. Agr. Ibarra. Ecuador. UTN. 95 p.
- Flores, M. 2012. Uso práctico de los cultivos de cobertura. ILEA. Nueva carta para una agricultura sostenible con bajos insumos externos 4(2): 12.
- Ferro, J. 2019. Abonos verdes: cultivos para una agricultura sostenible. Agricultura de Conservación DOSSIER 11(3): 622-626.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). 2018. Guía de buenas prácticas para la gestión y uso sostenible de los suelos en áreas rurales (en línea). Consultado 12 sept. 2023. Disponible en <https://www.fao.org/3/i8864es/l8864ES.pdf>
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). 2000. Manual de prácticas integradas de manejo y conservación de suelos (en línea). Consultado 12 sept. 2023. Disponible en http://books.google.com.ec/books?i d=-kZCpFv-W1EC&dq=funcion+de+los+abonos+verdes&hl=es&source=gbs_navlinks_s
- García, E. 2013. Estrategias para la recuperación de suelos degradados en ambientes semiáridos adición de dosis elevadas de residuos orgánicos de origen urbano y su implicación en la fijación de carbono. Revista Investigación Agrícola 12(6): 44-56.
- Guanche, A. 2018. Los abonos verdes (en línea). Consultado 09 agos. 2023. Disponible en https://www.agrocabildo.org/publica/Publicaciones/agec_454_abonos_verdes.pdf
- Guzmán, G., Alonzo, A. 2008. Buenas Prácticas en Producción Ecológica: Uso de Abonos Verdes. Madrid: Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural Marino

- Hernández, D., Viteri, S. 2019. Selección de abonos verdes para el manejo y rehabilitación de los suelos sulfatados ácidos de Boyacá (Colombia). *Agronomía Colombiana* 24(1): 131-137
- Iriarte, L., Franco, J., Ortuño. 1999. Efecto de Abonos Orgánicos sobre los Problemas de Nemátodos y la Producción de Papa. *Revista Latinoamericana de la papa* 11: 149-163.
- ICPROC (Instituto Cristiano de Promoción Campesina). 2002. Abonos verdes (en línea). 13 p. Consultado 09 agos. 2023. Disponible en http://bibliotecadigital.agronet.gov.co/bitstream/11348/4845/1/2006718153335_Abonos%20verdes.pdf
- Ile, E., Hamandina, L., Kufa, K. 2015. Efectos de *Mucuna pruriensis* var. útilis sobre el crecimiento del maíz (*Zea mays*) en un Ultisol del sudeste de Nigeria. *Archivo Investigación sobre cultivos* 48: 135-140.
- Kogut, P. 2023. Degradación del suelo: causas y consecuencias. En *Degradación del suelo: causas y consecuencias* (en línea) 1-3 p. Consultado 20 oct 2023. Disponible en <https://eos.com/es/blog/degradacion-del-suelo/>
- Lora, G., Azero, M. 2005. Evaluación comparativa de cuatro abonos verdes y estimación de su capacidad de fijación de carbono en dos comunidades del Municipio de Morochata-Bolivia". Cochabamba. Tesis Ing. Agr. Bolivia. UCB. Consultado 14 sept. 2023. Disponible en <http://www.ucbcb.edu.bo/Publicaciones/revistas/actanova/documentos/v3n1/v3.n1.lora.pdf>.
- MAE (Ministerio del Ambiente del Ecuador). 2017. Ecuador lucha contra la desertificación (en línea). Consultado 09 agos. 2023. Disponible en <https://www.ambiente.gob.ec/ecuador-luchar-contra-la-desertificacion/>
- Mateo, S. 2017. Evaluación de la degradación de suelos en dos agroecosistemas de la granja "Santa Ines" de la Universidad Técnica de Machala. Tesis Ing. Agr. Machala, Ecuador. UTM. Consultado 14 sept. 2023. Disponible en:

http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/11698/1/DE00018_TR_ABAJODETITULACION.pdf

- Muñoz, I., Ferreira, M., Berenice, I., Arriaga, J., López, L. 2013. Relación entre la cobertura del terreno y la degradación física y biológica de un suelo aluvial en una Región Semiárida. *Terra Latinoamericana* 31(3): 201-210.
- Morales, C. 2012. Los costos de la inacción ante la desertificación y degradación de las tierras en escenarios alternativos de cambio climático (en línea). CEPAL Naciones Unidas. Consultado 09 agos. 2023. Disponible en https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/4009/1/S2012077_es.pdf
- Martín, G., Rivera, O. 2001. Mineralización de nitrógeno y abono verde y su participación en la nutrición de cultivos económicamente importantes. *Cultivos Tropicales* 22(3): 89-96.
- Martín, G., Rivera, R. 2002. El nitrógeno del abono verde contribuye a la fertilización con nitrógeno del maíz (*Zea mays* L.) cultivado en suelo fertilizado. *Cultivos Tropicales* 23(3): 91-96.
- Navas, G., Bernal, J. 2019. Caracterización de leguminosas como abono verde en los sistemas de producción Piedemonte Llanero y Altillanura Colombiana. Boletín técnico núm. 16. CORPOICA, Colombia. 45 p.
- Navas, G. 2018. Alternativas y estrategias para la recuperación de suelos degradado, CORCOPIA (en línea). Consultado 12 sept. 2023. Disponible en https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/1659/41745_43726.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Orjuela, I. 2000. Evaluación de seis especies vegetales por su potencial como cultivo de cobertura o abonos verdes en regiones de clima frío. Tesis Ing. Agr. Colombia. UPTC. 121 p.
- Osorio, M., Haro, J., Carrillo, W., Negrete, J. 2022. Suelos Caracterización e Importancia. (En línea) La Plata, Argentina. Consultado 19 Oct 2023.

Disponible en <http://cimogsys.esPOCH.edu.ec/direccion-publicaciones/public/docs/books/2023-01-18-140934-L2022-031.pdf>

Quiroz, E., Meneses, D., Cervantes, C., Urbina, L. 2017. Abonos verdes: una mejor alternativa para mejorar la fertilidad del suelo (en línea). Consultado 12 sept. 2023. Disponible en <https://repositorio.iica.int/bitstream/handle/11324/18307/BVE21087974e.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Rodríguez, I., Pérez, H., García, R. 2021. Degradación del suelo en sistemas agrícolas de la granja Santa Inés, provincia de El Oro, Ecuador. Universidad Y Sociedad, 13(S2), 557-564. Consultado 09 agos. 2023. Disponible en <https://rus.ucf.edu.cu/index.php/rus/article/view/2349>

Romero, M. 2010. Rehabilitación de suelos cangahuosos mediante la incorporación de abonos verdes. Tesis Ing. Agr. Riobamba. Ecuador. UPC. 112 p.

Ramírez, G. 2006. La erosión actual y potencial del Ecuador. Quito: Centro ecuatoriano de investigación geográfica. 25 p.

Ramos, H. 2019. Abonos verdes Guía Técnica 1 (en línea). Consultado 12 sept. 2023. Disponible en https://www.jica.go.jp/Resource/project/elsalvador/0603028/pdf/production/vegetable_11.pdf

Ramos, A. 2022. Uso de leguminosas como abonos verdes en suelos agrícolas degradados. Tesis Ing. Agrop. Babahoyo. Ecuador. 28 p. Consultado 12 sept. 2023. Disponible en <http://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/13334/E-UTB-FACIAG-ING%20AGROP-000259.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Salamanca, W., Bonilla, C., Sánchez, M. 2018. Evaluación de seis abonos verdes en un vertisol ustico en condiciones del Valle del Cauca. Acta Agronómica 53:55-60.

- Sarandón, S., Flores, C. 2014. Agroecología: bases teóricas para el diseño y manejo de Agroecosistemas sustentables. (en línea) La Plata, Argentina. Consultado 20 oct 2023. Disponible en <https://books.instituto-idema.org/sites/default/files/Agroecologia%20bases%20teoricas%20para%20el%20dise%C3%B1o%20y%20manejo%20de%20agroec.pdf>
- Vargas, Y. 2004. Recuperación, mediante leguminosas rastreras, de suelos degradados (ex cicales) en la Selva Alta del Perú”. Tesis Ing. Recur. Perú. UNAS. 95 p.
- Viteri, S. 2019. Selección de cultivos de cobertura con potencial para el desarrollo agrícola sostenible en el municipio de Samacá, Boyacá. Tesis MSc. Colombia. UPTC. 150 p. Consultado 14 sept. 2023. Disponible en http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_nlinks&ref=000089&pid=S0120-9965200600010001500013&Ing=en
- Valdivieso, C., Espinoza, A. 2020. Utilización de la vicia y arveja como abono verde en la producción de maíz, poroto y zapallo. Agroecología y Desarrollo 10(5): 66-81.

4.2. ANEXOS



Figura 1. Suelos degradados



Figura 2. Incorporación de abonos verdes en el suelo



Figura 3. Abonos verdes de cobertura en el suelo



Figura 4. Leguminosas como abonos verdes en el suelo