



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:

INGENIERO AGRÓNOMO

TEMA:

“Manejo técnico de rastrojos en el cultivo de maíz (*Zea mays L.*) para
la conservación del suelo en el Ecuador”.

AUTOR:

Marlon Paul Montenegro Villamar

TUTOR:

Ing. Agr. Marlon Yoel González Chica, MSc.

Babahoyo – Los Ríos – Ecuador

2024

RESUMEN

Rastrojo es el conjunto de restos de tallos y hojas que quedan en el terreno tras cortar un cultivo; sin embargo, es un recurso muy bueno para proteger el suelo del impacto de la precipitación erosiva y la consiguiente escorrentía. La presente investigación tuvo como objetivo describir el manejo técnico de rastrojos en el cultivo de maíz (*Zea mays* L.) para la conservación del suelo en el Ecuador, desarrollada a través de la recopilación bibliográfica de diversos sitios web, artículos científicos, fuentes y repositorios, accesibles a través de plataformas digitales. Las conclusiones determinan que el picado y la incorporación de rastrojos de este cultivo al suelo, está siendo una alternativa interesante utilizada por un porcentaje importante de agricultores; un método de manejo de rastrojos, consiste en la no quema de los mismos y la incorporación de los residuos de ellos antes de la siembra del cultivo siguiente. El uso de rastrojos como cobertura vegetal de los suelos es una alternativa viable a la quema de rastrojos en la agricultura. Esta práctica consiste en dejar sobre el terreno los residuos de la cosecha. Los rastrojos pueden ser previamente picados antes de ser dispersos en el suelo, sin ser incorporados, generando una capa de material. Este manejo de rastrojos ha sido ampliamente utilizado en conjunto con la labranza de conservación o la labranza mínima, el uso y manejo de rastrojos permite su aprovechamiento como abono de los cultivos, al aumentar el contenido de materia orgánica del suelo, incrementando de esta manera la fertilidad de los suelos agrícolas.

Palabras claves: cultivo, cereales, residuos, quema.

SUMMARY

Stubble is the set of remains of stems and leaves that remain on the ground after cutting a crop; However, it is a very good resource to protect the soil from the impact of erosive precipitation and the subsequent runoff. The objective of this research was to describe the technical management of stubble in the cultivation of corn (*Zea mays* L.) for soil conservation in Ecuador, developed through the bibliographic compilation of various websites, scientific articles, sources and repositories, accessible through digital platforms. The determining conclusions are that chopping and incorporating stubble from this crop into the soil is being an interesting alternative used by a significant percentage of farmers; A stubble management method consists of not burning it and incorporating its residue before sowing the next crop. The use of stubble as ground cover is a viable alternative to stubble burning in agriculture. This practice consists of leaving crop residues on the ground. The stubble can be previously chopped before being dispersed on the ground, without being incorporated, generating a layer of material. This stubble management has been widely used in conjunction with conservation tillage or minimum tillage. The use and management of stubble allows it to be used as fertilizer for crops, by increasing the organic matter content of the soil, thus increasing the Fertility of agricultural soils.

Keywords: crop, cereals, waste, burning.

CONTENIDO

RESUMEN.....	II
SUMMARY	III
1. CONTEXTUALIZACIÓN	1
1.1. Introducción	1
1.2. Planteamiento del problema	2
1.3. Justificación	3
1.4. Objetivos del estudio	4
1.4.1. Objetivo general.....	4
1.4.2. Objetivos específicos.....	4
1.5. Líneas de investigación	4
2. DESARROLLO.....	5
2.1. MARCO CONCEPTUAL.....	5
2.2. MARCO METODOLÓGICO	14
2.3. RESULTADOS.....	14
2.4. DISCUSIÓN	15
3. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	16
3.1. CONCLUSIONES	16
3.2. RECOMENDACIONES.....	16
4. REFERENCIAS Y ANEXOS	18
4.1. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	18
4.2. ANEXOS	23

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Cultivo de maíz sembrado sobre rastrojo de maíz.	23
Figura 2. Recolección de rastrojo de maíz.	23
Figura 3. Quema de rastrojo de maíz.	24

1. CONTEXTUALIZACIÓN

1.1. Introducción

El maíz representa el componente más significativo en la canasta alimentaria esencial de la población. El consumo per cápita anual es aproximadamente 80,51 kg en las zonas urbanas y 127 kg en las áreas rurales. Este patrón de consumo se sitúa entre los más altos de la región centroamericana, dado que el 95 % de la producción se destina al consumo humano. En condiciones climáticas óptimas o mediante sistemas de riego, el maíz se manifiesta como el cereal de mayor productividad. Además, la rentabilidad se ve incrementada cuando se emplean variedades mejoradas en un entorno favorable y se aplica una gestión adecuada (Deras 2020).

El rastrojo se define como la acumulación de residuos de tallos y hojas que permanecen en el suelo después de la cosecha de un cultivo. Frecuentemente, se incorrectamente asocia el rastrojo con residuos de escaso valor; no obstante, el rastrojo constituye un recurso valioso para salvaguardar el suelo frente al impacto de la precipitación erosiva y la consiguiente escorrentía. La implementación de prácticas de retención del rastrojo es aconsejada por especialistas y autoridades en la conservación de suelos, constituyendo un elemento fundamental en un programa de manejo de estos recursos.

Además, esto puede conllevar la retención de grandes cantidades de rastrojo, o únicamente la cantidad necesaria para cumplir con la función de protección del suelo. La existencia de rastrojo en el suelo actúa como un sistema de retención de agua, promoviendo la infiltración y minimizando las pérdidas por evaporación al mantener la superficie del suelo en una temperatura más baja y resguardada. Esta perspectiva constituye el núcleo de un sistema de cultivo adecuado que implementa la labranza cero (Ventura 2022).

Los elevados rendimientos en la agricultura se traducen en una generación significativa de rastrojo, que se refiere al residuo que permanece en el terreno

posterior a la cosecha. Las temperaturas generalmente bajas y la limitada disponibilidad de agua conducen a una tasa reducida de descomposición de los residuos vegetales. La acumulación de residuos agrícolas en los lotes dificulta la instauración de cultivos posteriores y incrementa la prevalencia de plagas edáficas (Cayuqueo 2020).

Los rastrojos tienen un impacto adverso en las características y procesos físicos (como el contenido de agua del suelo, la temperatura del suelo y la erosión), biológicos (incluyendo la cantidad y composición de la biomasa microbiana, así como la mineralización e inmovilización de nutrientes) y químicos (referente al carbono y nitrógeno en la materia orgánica, pH y fósforo), si no se gestionan de manera adecuada (Maucaylle 2024).

En el marco de las estrategias de gestión de los residuos de cultivo, los productores implementan diversas alternativas, tales como la siembra directa, la incorporación de los rastrojos al suelo y su quema. Estas prácticas ocasionan efectos significativos sobre la biodiversidad edáfica, la cual desempeña distintas funciones en los ecosistemas (Flores 2023).

1.2. Planteamiento del problema

En las últimas décadas, se ha observado un incremento sostenido en el rendimiento de los cultivos de cereales, particularmente en el caso del maíz. Este desarrollo favorable ha propiciado, no obstante, un desafío, que se manifiesta en la creciente acumulación de residuos vegetales sobre el suelo. De hecho, el incremento en los rendimientos de grano de los cultivos ha resultado en un aumento en la producción de residuos de cosecha, los cuales están compuestos por tallos lignificados y hojas (Presello *et al.* 2022).

La acumulación de residuos vegetales en el suelo genera dificultades para la siembra del siguiente cultivo, debido al prolongado periodo que requiere su descomposición. Los rastrojos, en particular aquellos provenientes de cultivos de cereales, presentan un proceso de descomposición lento en el suelo. Este fenómeno puede atribuirse, por un lado, a su alto contenido de celulosa y

hemicelulosa altamente lignificadas, así como a su elevada relación carbono/nitrógeno.

Por otro lado, las condiciones de descomposición se ven influenciadas por la baja humedad del suelo, seguida de una disminución de la temperatura. El rastrojo presenta obstáculos en la preparación del suelo, los cuales los agricultores suelen superar mediante la práctica de la quema del rastrojo tras la recolección de los cultivos (Alcántara 2021).

La práctica de la quema constituye un enfoque eficiente y de bajo costo para la eliminación de rastrojos, facilitando así la preparación del suelo. Adicionalmente, esta técnica contribuye a minimizar la supervivencia de estructuras de resistencia de hongos fitopatógenos y semillas de malezas. No obstante, la práctica de la quema resulta perjudicial, ya que provoca la oxidación de la materia orgánica del suelo, contribuye a la emisión de gases de efecto invernadero, intensifica la erosión hídrica, contamina la atmósfera, eleva el riesgo de incendios, incrementa la compactación y reduce la permeabilidad hídrica del suelo.

1.3. Justificación

En Ecuador, a pesar del aumento en el rendimiento de grano observado en los últimos años, los agricultores de maíz expresan la necesidad de adoptar nuevas tecnologías y fomentar una mayor integración entre los distintos actores de la cadena productiva, incluyendo la industria y los consumidores finales (Caviedes *et al.* 2020).

En el cultivo de maíz, la gestión de los residuos de cosecha puede indicar que una opción de manejo viable sea la quema de estos residuos o su incorporación al suelo. Por otro lado, en áreas donde se presentan procesos erosivos considerables, escasez de agua durante el ciclo de cultivo o problemas de degradación del suelo, la implementación de la siembra directa acompañada de la acumulación de restos orgánicos en la superficie se considerará una estrategia de manejo adecuada.

Una gestión adecuada de los rastrojos requiere una comprensión exhaustiva de los diversos efectos que estos generan en el suelo, así como de las principales limitaciones del sistema agrícola en cuestión. De este modo, en los sistemas agrícolas de siembra directa se busca implementar estrategias que promuevan la acumulación de rastrojos en la superficie, mientras que otras medidas de control están orientadas a prevenir dicha acumulación de rastrojos en la misma.

1.4. Objetivos del estudio

1.4.1. Objetivo general

Describir el manejo técnico de rastrojos en el cultivo de maíz (*Zea mays* L.) para la conservación del suelo en el Ecuador.

1.4.2. Objetivos específicos

- Detallar los métodos de manejo de rastrojos.
- Establecer los beneficios de los rastrojos de maíz en la conservación de suelos.

1.5. Líneas de investigación

La presente investigación está enfocada dentro de los dominios de la Universidad Técnica de Babahoyo de Recursos agropecuarios, ambiente, biodiversidad y biotecnología. El enfoque principal de este estudio se centra en el: “Importancia del manejo de rastrojos en el cultivo de maíz”. En este contexto, específicamente se aborda la línea de Desarrollo agropecuario, agroindustrial sostenible y sustentable y en la Sublíneas de Agricultura sostenible y sustentable.

2. DESARROLLO

2.1. MARCO CONCEPTUAL

2.1.1. Generalidades de los rastrojos

El término "rastrojo" o "biomasa" se refiere a los residuos que permanecen en el terreno agrícola tras la cosecha de los cultivos, incluyendo los restos de malezas. La generación de rastrojos puede ser calculada a partir de la estimación de la producción de pajas, entendidas estas como los remanentes de la estructura vegetal tras la cosecha de los granos (Castillo 2022).

La limitada descomposición observada en los restos de rastrojo quemado podría atribuirse a la falta de material vegetal que sustente las redes tróficas del suelo involucradas en dicho proceso. Con base en los resultados obtenidos, cabe considerar la inclusión de variables relacionadas con las propiedades del suelo y los grupos de la fauna del suelo en futuros análisis con el fin de evaluar su contribución diferencial al proceso de descomposición (Sylvester *et al.* 2021).

En las últimas décadas, se ha observado un incremento continuo y notable en los rendimientos de los cultivos de cereales a nivel global. La mejora genética, la gestión agronómica, la implementación de tecnologías innovadoras y más efectivas, junto con el uso eficiente de fertilizantes y agroquímicos, han propiciado significativos avances en la producción de estos cultivos de manera general. Sin embargo, el aumento en la productividad de los cultivos ha conllevado un incremento en la cantidad de rastrojos generados (Marín *et al.* 2021).

Se estima que los cereales representan los cultivos que generan la mayor cantidad de residuos de cosecha en la superficie del suelo, y se les considera, además, como un material que presenta desafíos significativos en términos de degradación (Ocampo 2022).

En particular, el cultivo de maíz genera significativos volúmenes de residuos,

ya que únicamente el 50% de la planta corresponde a grano, mientras que el otro 50% está compuesto por hojas, tallos y mazorcas (Salazar 2020).

2.1.2. Métodos de manejo de rastrojos

Implementos agrícolas

Existen diversas opciones para la integración de los rastrojos. El arado de vertedera se considera uno de los implementos agrícolas más utilizados en la producción de maíz. Se emplea para llevar a cabo tareas de preparación de suelos, facilitando así un adecuado establecimiento de los cultivos, así como para integrar al suelo residuos de cultivos, estiércol y fertilizantes (Casa 2023).

El mismo autor señala que en el cultivo de cereales, la utilización del arado de vertedera facilita la incorporación de los restos de cosecha, tales como panojas, limbos, hojas, corontas, tallos y raíces. Esta actividad es fundamental para promover la descomposición de estos elementos en el suelo, lo que contribuye a la generación de materia orgánica y, a su vez, mejora las propiedades físicas, químicas y biológicas del mismo (Casa 2023).

Actualmente, se encuentran disponibles en el mercado nacional dispositivos especializados para la integración de rastrojos. Un caso representativo de esta tecnología es la rastra incorporadora de rastrojos, un implemento que consiste en dos filas de discos dentados, equipados con resortes, diseñado para su uso en terrenos rocosos, y que incluye un rodillo posterior destinado a desmenuzar terrones y nivelar la labor realizada (Ventura 2022).

Las quemas

El manejo de los volúmenes de rastrojos se ha llevado a cabo tradicionalmente a través de la práctica de la quema, la cual se considera un método económico, eficiente y rápido para la eliminación de los residuos generados por la cosecha. Esta técnica no solo facilita la eliminación o reducción significativa de grandes volúmenes de restos de cultivo, sino que también contribuye a despejar

el terreno para las actividades subsiguientes de labranza y siembra, a la vez que permite la mitigación de enfermedades y plagas (Ríos *et al.* 2020).

Al indagar sobre las razones que llevan a los agricultores a continuar empleando la práctica de la quema de rastrojos, estos argumentan que tal actividad facilita el laboreo del suelo, lo que a su vez contribuye a disminuir los costos laborales. Asimismo, refieren que esta práctica ayuda en la reducción de enfermedades y plagas del suelo, así como de malezas (Álvarez *et al.* 2023).

Una de las justificaciones presentadas por ciertos productores para la práctica de eliminar sus rastrojos mediante la quema radica en la lentitud del proceso de descomposición de estos al ser incorporados al suelo, lo cual, en muchas ocasiones, demanda más de una temporada para su finalización. Si no se encuentran en un estado de descomposición parcial al momento de la siembra, en la siguiente temporada pueden complicar físicamente el proceso de siembra. Esto se debe a que la semilla no queda completamente cubierta y en contacto con el suelo, lo cual es favorable para su germinación y emergencia (Rodríguez 2023).

Las desventajas asociadas a la práctica de la quema de rastrojos incluyen el incremento de la erosión, dado que esta actividad deja la superficie del suelo completamente expuesta. Como resultado, se intensifica el impacto directo de las gotas de lluvia sobre el terreno. La erosión del suelo puede alcanzar pérdidas superiores a 100 toneladas por hectárea anualmente, impactando principalmente la capa más fértil, es decir, los primeros 20 centímetros del perfil edáfico. Sin embargo, la retención de una parte del rastrojo en la superficie puede resultar en una disminución significativa de esta cifra (Sanchis 2023).

No obstante, esta práctica ha sido objeto de un considerable escrutinio por parte de la comunidad científica, así como de organizaciones medioambientales y de salud. Esto se debe a que resulta en la emisión de significativas cantidades de gases y material particulado, lo que afecta de manera considerable a los ecosistemas. Adicionalmente, conlleva un riesgo inherente de incendios asociado a este tipo de actividades (Álvarez *et al.* 2023).

Desde una perspectiva agrícola, la práctica de la quema de rastrojos tiene un impacto adverso en las propiedades físico-químicas y biológicas del suelo. Esta actividad provoca una reducción significativa de la biomasa microbiana y del contenido de materia orgánica en el suelo, resultando en una disminución de los niveles de nutrientes y en la calidad del suelo. La práctica de la quema de rastrojos resulta en la pérdida del 98 al 100% del nitrógeno presente en los residuos de cosecha, así como del 20 al 40% del fósforo y potasio, y del 70 al 90% del azufre (Jiménez y Villalobos 2022).

Los mismos autores sostienen que estas cifras no incluyen las pérdidas adicionales que pueden ocurrir debido al arrastre de cenizas por acción del viento. El ecosistema se ve comprometido debido a la notable reducción de las poblaciones de agentes bióticos en la zona afectada por el fuego, como es el caso de las lombrices. Esto ocurre porque una fracción de los organismos sucumbe directamente a la acción del fuego, mientras que otra fracción enfrenta una disminución en su sustento alimentario (Jiménez y Villalobos 2022).

Picado e incorporación de rastrojos al suelo

La gestión de los residuos del maíz, a través del picado y la incorporación de los rastrojos de este cultivo en el suelo, se está consolidando como una alternativa prometedora que está siendo implementada por una proporción significativa de grandes agricultores. Entre estos, están aquellos que logran los rendimientos más elevados, superando los 200 qq/ha, posicionándose entre los más altos en la región. Este resultado se ha alcanzado, entre otras actividades, mediante la práctica de no quemar los rastrojos del cultivo y su incorporación al suelo de manera sostenible en un período que abarca los últimos 10 a 15 años (Sánchez 2021).

La gestión del picado e incorporación de los rastrojos implica la abstención de su quema y la incorporación de los residuos correspondientes en el suelo antes de la siembra del cultivo subsiguiente. El objetivo de esta práctica es preservar o incrementar el contenido de materia orgánica, con el fin de optimizar las propiedades físico-químicas y biológicas del suelo (Sarmiento *et al.* 2023).

Para facilitar la incorporación de los rastrojos, es esencial que sean triturados en fragmentos de tamaño reducido, lo cual favorece el proceso de descomposición en el suelo. Posteriormente, es recomendable realizar una labor de arado vertical con arado subsolador, con el fin de fracturar las posibles capas compactadas que pueda haber en el suelo. Esta práctica favorecerá la aireación del suelo y, en consecuencia, facilitará la descomposición de los residuos orgánicos (Elizondo y Boschini 2021).

La implementación de la incorporación de rastrojos de cultivos en el suelo representa una práctica adoptada en múltiples naciones a nivel mundial, funcionando como una alternativa a la incineración de residuos agrícolas y contribuyendo a la mejora de las propiedades del suelo, así como al aumento en la productividad de los cultivos. Por ejemplo, la implementación de la incorporación de rastrojos puede representar hasta el 30 % de la superficie destinada a la agricultura (Ovalle y Quiroz 2021).

La integración de los rastrojos en el suelo tiene como objetivo incrementar el contenido de materia orgánica y prevenir la pérdida de nutrientes. Este proceso se lleva a cabo mediante la liberación gradual de nutrientes en el suelo durante la descomposición de los residuos, facilitada por la acción microbiológica. Además, la adición de rastrojos fomenta una mayor disponibilidad de nutrientes, lo que contribuye a la mejora de la calidad del suelo y al aumento del rendimiento agrícola (Sarmiento *et al.* 2023).

En la actualidad, en el mercado y en el contexto de proveedores de servicios de cosecha para el cultivo de maíz, se encuentran disponibles máquinas trilladoras que integran un accesorio de picado dentro del mismo equipo. Esto constituye una asistencia significativa y debería ser considerado durante el proceso de selección de la máquina que llevará a cabo la tarea de trilla, ya que, además de realizar la cosecha, efectuará simultáneamente un primer picado del rastrojo (Bustos *et al.* 2021).

En el contexto del maíz, en el cual las cañas no son cortadas durante el proceso de cosecha, sino que las mazorcas son extraídas de las cañas, la industria

de maquinaria ha desarrollado un sistema en el que, bajo el cabezal recolector, se encuentra instalado un mecanismo picador de caña denominado 'Hichopper'. Esta tecnología se encuentra disponible en diversos países de América Latina (Riquelme y Saavedra 2022).

Forraje para alimentación

Los residuos de maíz han sido extensamente empleados como alimento para animales. Los residuos de maíz presentan un valor nutricional superior en comparación con otros tipos de rastrojos, como la paja de trigo, lo que los convierte en una opción preferible para su utilización como alimentación animal en diversas regiones (Benítez 2021).

El mismo autor sostiene que los rastrojos pueden adquirir una relevancia comparable a la del grano durante períodos de escasez alimentaria o sequía, dado que estos subproductos agrícolas pueden ser utilizados como fuente de alimentación para el ganado. Por ejemplo, en determinados países, ha sido utilizado de manera habitual como recurso forrajero para el ganado bovino durante los períodos de sequía (Benítez 2021).

Cobertura vegetal

La utilización de rastrojos como cubierta vegetal en los suelos representa una alternativa viable a la práctica de la quema de rastrojos en el ámbito agrícola. Esta práctica implica la disposición de los residuos de la cosecha en el suelo. Los rastrojos pueden ser fragmentados previamente a su dispersión sobre el suelo, sin que se incorporen al mismo, lo cual da lugar a la formación de una capa de material. Este enfoque en la gestión de rastrojos ha sido extensamente aplicado en combinación con la agricultura de conservación o la labranza mínima (Arango 2021).

Productos para descomposición de rastrojos

En la actualidad, los mercados brindan nuevos productos diseñados para acelerar la descomposición de los residuos agrícolas. Los denominados bioinoculantes, también conocidos como enmiendas microbiológicas, son composiciones que incorporan una elevada concentración de microorganismos, así como determinados metabolitos característicos de estos organismos. Estas formulaciones son integradas en el suelo con el objetivo de incrementar la población microbiana existente y mejorar la descomposición de la materia orgánica (Beltrán y Bernal 2022).

Con el objetivo de mejorar la eficacia de este bioinoculante, se sugiere que los rastrojos sean previamente procesados mediante un equipo picador-triturador. Esta práctica favorecerá una mayor superficie de contacto, facilitando así la actividad de los microorganismos en el proceso de descomposición en el suelo (Sarmiento *et al.* 2023).

La aplicación del bioinoculante, preferentemente en forma líquida, debe llevarse a cabo utilizando un equipo pulverizador de barra, garantizando que la totalidad de la superficie se encuentre adecuadamente humectada y de forma homogénea. Posteriormente, se recomienda emplear un arado de inversión o una rastra para integrar el rastrojo inoculado y homogenizarlo con el suelo del área cultivable (Ovalle y Quiroz 2021).

2.1.3. Beneficios de los rastrojos de maíz en la conservación de suelos

Implementar una gestión conservadora del agua que reduzca su consumo durante las etapas vegetativas, favorezca su transferencia al período reproductivo y potencie la disponibilidad hídrica para cada planta en el momento crítico. En este contexto, resulta pertinente reducir la densidad de las plantas y ampliar el distanciamiento entre las hileras (Lewczuk *et al.* 2022).

El rastrojo de maíz se clasifica como un material lignocelulósico, pero también posee otros componentes químicos de relevancia, entre los cuales se

destacan el azufre, el cual, al ser sometido a combustión, genera óxidos de azufre altamente corrosivos; el calcio y el cloro, que dan lugar a la formación de gases con características ácidas; el potasio, que contribuye a la producción de cenizas que se sintetizan y funden; y el silicio, que está relacionado con la formación de cenizas fusibles (Loor y Zambrano 2023).

Al interrogar a los agricultores que han logrado los elevados niveles de producción mencionados acerca de los beneficios que han obtenido al picar e incorporar los rastrojos al suelo, algunos de ellos han destacado que durante los primeros años experimentamos una leve disminución en los rendimientos, lo cual puede atribuirse al consumo de nitrógeno del suelo necesario para la descomposición de los residuos (Gómez 2023).

Esto evidencia la relevancia de la integración de los rastrojos de maíz en el suelo, así como su impacto en las propiedades físicas del mismo, lo cual se manifiesta en un incremento en los rendimientos del cultivo (Martínez 2022).

Es recomendable complementar estas prácticas de manejo con residuos superficiales para reducir el crecimiento de malezas y mitigar la pérdida de agua por evaporación de las posibles lluvias. En el cultivo de maíz, se recomienda seleccionar genotipos prolíficos que puedan optimizar el uso de recursos disponibles por planta, especialmente en situaciones donde las condiciones adversas de la temporada no sean tan severas como se anticipa (Lewczuk *et al.* 2022).

A lo largo de los años, se ha observado un incremento progresivo en los rendimientos, correlacionado con la transformación de las propiedades del suelo, el cual ha experimentado una mayor esponjosidad que facilita las labores de aradura y rastraje. Además, se ha evidenciado un aumento sostenido en la fertilidad del suelo, lo que se traduce en una mayor disponibilidad de nutrientes para los cultivos (Gómez 2023).

Las propiedades de los productos derivados de la combustión del rastrojo de maíz introducen niveles de complejidad que superan a los de las astillas de

madera, las cuales se componen principalmente de elementos como carbono, hidrógeno y oxígeno, y presentan una menor diversidad en su composición química. No obstante, el elevado contenido de potasio presente en las cenizas constituye una ventaja, ya que puede ser utilizado como fertilizante (Loor y Zambrano 2023).

Existe un efecto sinérgico entre las prácticas agronómicas de cero labranzas, manejo de rastrojos, crecimiento económico y conservación ambiental, lo cual plantea que la no intervención del suelo y la conservación de los rastrojos en su superficie contribuyen a la mitigación de la erosión, así como al incremento de la productividad del terreno, lo cual, resulta en una reducción de la tasa de contaminación ambiental, especialmente en lo que respecta a las emisiones de dióxido de carbono (CO₂). Los sistemas de cultivo de cero labranza y manejo de rastrojos presentan una mayor viabilidad económica en comparación con los sistemas de labranza convencional y quema (Torres 2021).

Además de las ventajas previamente señaladas, la utilización y gestión de rastrojos facilita su conversión en abono para los cultivos, al contribuir al aumento del contenido de materia orgánica en el suelo, lo que, a su vez, mejora la fertilidad de los suelos agrícolas. Esta metodología ha sido implementada de manera extensiva en naciones de América del Norte, América del Sur y Europa durante más de siete décadas. En la actualidad, se estima que en el mundo se cultivan más de 100 millones de hectáreas empleando esta técnica (Burba *et al.* 2021).

Investigaciones que han empleado coberturas vegetales de rastrojos de maíz han sido llevadas a cabo por diversos académicos, quienes han analizado el impacto de dichas coberturas en el rendimiento del cultivo. Los investigadores documentaron una influencia adversa del uso de cobertura vegetal (30 t/ha) en el rendimiento del grano de maíz, indicando que dicho efecto se debe a modificaciones en los procesos de mineralización e inmovilización del nitrógeno en el suelo (Carpio *et al.* 2021).

Se midió el impacto de la descomposición de los residuos de cultivos en el carbono orgánico del suelo y en la emisión de gases de efecto invernadero en el

contexto europeo, considerando como variables el tipo de residuos, el contenido de arcilla del suelo, las zonas ambientales, el diseño experimental y el periodo de evaluación. Los investigadores arribaron a la conclusión de que la adición de rastrojos contribuye de manera positiva a la acumulación de carbono orgánico en el suelo (Martínez *et al.* 2023).

2.2. MARCO METODOLÓGICO

El presente documento, fundamentado en un componente práctico, se elaboró mediante la recopilación de bibliografía con fines de investigación, la cual fue obtenida de una variedad de sitios web, artículos científicos, fuentes y repositorios accesibles a través de plataformas digitales.

La información fue obtenida mediante la aplicación de técnicas de análisis, síntesis y resumen, con el propósito de desarrollar una base informativa que se ajuste a los objetivos de esta investigación. Esto permite destacar los fundamentos generales de la temática de estudio relacionada con el 'Manejo técnico de rastrojos en el cultivo de maíz (*Zea mays L.*) para la conservación del suelo en Ecuador', promoviendo así su aceptación tanto en el ámbito académico como social por parte del lector.

2.3. RESULTADOS

Una estrategia para la gestión de los rastrojos implica evitar la quema de estos y fomentar la incorporación de sus residuos en el suelo antes de la siembra del próximo cultivo.

La utilización de rastrojos como medio de cobertura vegetal para los suelos representa una alternativa viable frente a la práctica de la quema de rastrojos en el ámbito agrícola. Esta práctica implica la disposición de los residuos de la cosecha en el suelo.

La utilización y gestión de los rastrojos facilita su conversión en abono para los cultivos, al incrementar el contenido de materia orgánica en el suelo.

2.4. DISCUSIÓN

Un enfoque para el manejo de rastrojos implica la abstención de su quema y la integración de los residuos en el suelo antes de la siembra del cultivo subsiguiente, como evidencian Sarmiento *et al.* (2023) señala que esta práctica tiene como objetivo preservar o incrementar la materia orgánica. La integración de los residuos agrícolas en el suelo busca incrementar el contenido de materia orgánica y prevenir la pérdida de nutrientes, dado que estos se liberan en el sustrato a medida que los restos se descomponen a través de procesos microbiológicos. Este enfoque no solo fomenta la disponibilidad de nutrientes, sino que también contribuye a la mejora de la calidad del suelo y al aumento de la productividad agrícola.

La utilización de rastrojos como cobertura vegetal en los suelos representa una alternativa sostenible en lugar de la práctica de quema de rastrojos en el ámbito agrícola. Esta práctica implica la disposición de los residuos de la cosecha en el suelo. Según lo indicado por Arango (2021), los rastrojos pueden ser sometidos a un proceso de picado previo a su dispersión sobre la superficie del terreno, sin ser incorporados al mismo, lo que resulta en la formación de una capa de material. Este enfoque en el manejo de rastrojos ha sido ampliamente implementado en combinación con la labranza de conservación o la labranza mínima.

La utilización y gestión de rastrojos posibilita su aprovechamiento como enmienda orgánica para los cultivos, al incrementar el contenido de materia orgánica del suelo, tal como lo corroboran los hallazgos de Burba *et al.* (2021), lo que resulta en un aumento de la fertilidad de los suelos agrícolas. Esta práctica ha sido implementada de manera extensiva en países de América del Norte, América del Sur y Europa durante más de 70 años. En la actualidad, se estima que más de 100 millones de hectáreas a nivel global están dedicadas al cultivo mediante esta metodología.

3. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

3.1. CONCLUSIONES

La práctica de picado y la incorporación de rastrojos de este cultivo en el suelo está emergiendo como una alternativa significativa que está siendo adoptada por un porcentaje considerable de grandes productores agrícolas.

Un enfoque para el manejo de rastrojos implica la no combustión de estos y la incorporación de los residuos en el suelo previo a la siembra del siguiente cultivo. El objetivo de esta práctica es conservar o incrementar el contenido de materia orgánica, con el propósito de optimizar las propiedades físico-químicas y biológicas del suelo.

La utilización de rastrojos como cobertura vegetal para los suelos constituye una alternativa factible a la práctica de quema de rastrojos en el ámbito agrícola. Esta metodología implica la práctica de dejar los residuos de la cosecha en el terreno. Los rastrojos pueden ser triturados previamente antes de ser esparcidos sobre el suelo, sin ser integrados, lo que resulta en la formación de unacapa de material. Esta práctica de gestión de rastrojos ha sido ampliamente aplicada junto con técnicas de labranza de conservación o labranza reducida.

La utilización y gestión de rastrojos facilita su aprovechamiento como enmienda orgánica para los cultivos, al elevar el contenido de materia orgánica en el suelo, lo que resulta en un aumento de la fertilidad de los suelos agrícolas.

3.2. RECOMENDACIONES

Se recomienda la quema de los residuos de rastrojos generados por el cultivo de maíz, pero en caso fitosanitarios.

Los productores que no pretendan quemar los residuos, se sugiere que deben incorporar los rastrojos al suelo como cobertura vegetal.

Es beneficiosos utilizar los rastrojos de maíz como enmienda para otros cultivos, con el objetivo de aumentar los rendimientos productivos.

4. REFERENCIAS Y ANEXOS

4.1. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alcántara, W. 2021. Programa de extensión para agricultores en la provincia de Tarma, Perú. Disponible en <https://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/20.500.12996/4979>
- Álvarez, S., Zubieta, R., Martínez, A., Ccanchi, Y. 2023. Uso del fuego y el rol de la población durante quemas e incendios forestales en Cusco. Disponible en https://sinia.minam.gob.pe/sites/default/files/archivos/public/docs/Boletin_Cientifico_El_Ni%C3%B1o_Vol.10_No.05.pdf
- Arango, E. 2021. Medidas para la mitigación de incendios de cobertura vegetal en la jurisdicción de CORANTIOQUIA. Disponible en <https://dspace.tdea.edu.co/handle/tdea/1909>
- Beltrán, M., Bernal, A. 2022. Biofertilizantes: alternativa biotecnológica para los agroecosistemas. *Revista Mutis*, 12(1). Disponible en <https://revistas.utadeo.edu.co/index.php/mutis/article/view/Biofertilizantes-alternativa-biotecnologica-para-agroecosistemas>
- Benítez Reyes, J. 2021. Rentabilidad del ensilado de maíz y de maíz rastrojo en Almoloya de las Granadas. Disponible en <http://ri.uaemex.mx/handle/20.500.11799/111733>
- Burba, L., López, M., Lipinski, M. 2021. *Manejo de suelos y preparación del terreno para el cultivo de ajo en áreas bajo riego de Mendoza*. Estacion Experimental Agropecuaria La Consulta, INTA. Disponible en <https://repositorio.inta.gob.ar/handle/20.500.12123/10415>
- Bustos, T., Dec, D., Valle, S., Clunes, J., Dörner, J. 2021. Variación temporal de la resistencia mecánica y contenido de humedad de un Eutric Fulvudands después de la incorporación de rastrojo de Avena (Avena sativa), un estudio de caso. *Agro sur*, 49(2), 31-42. Disponible en <http://revistas.uach.cl/index.php/agrosur/article/view/6324>
- Carpio, E., Urbina, A., Sánchez, C. 2021. *Bases teóricas del efecto alelopático de la maleza (Cyperus rotundus), en la germinación y desarrollo en los cultivos de maíz (Zea mays L.) y frijol común (Phaseolus vulgaris L.)* (Doctoral

- dissertation, Universidad de El Salvador). Disponible en <https://oldri.ues.edu.sv/id/eprint/25856/>
- Casa, A. 2023. *Diseño y simulación de elementos mecatrónicos de un equipo prototipo semiautomático para el arado y la siembra de maíz* (Bachelor's thesis). Disponible en <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/26055>
- Castillo, T. 2022. Evaluación del potencial energético de la biomasa residual agrícola, forestal y pecuaria de la UNALM. Disponible en <https://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/20.500.12996/5507>
- Caviedes, M., Carvajal, F., & Zambrano, J. 2020. Tecnologías para el cultivo de maíz (*Zea mays*. L) en el Ecuador. ACI Avances En Ciencias e Ingenierías, (1). Disponible en <https://revistas.usfq.edu.ec/index.php/avances/article/download/2588/3111?inline=1>
- Cayuqueo, R. 2020. Efectos de diferentes manejos de rastrojo de maíz (*Zea mays*) sobre el rendimiento del cultivo y la diversidad de lombrices edáficas. Disponible en <https://rid.unrn.edu.ar/handle/20.500.12049/5945>
- Deras, H. 2020. Guía técnica: el cultivo de maíz. Disponible en <https://repositorio.iica.int/handle/11324/11893>
- Elizondo, J., Boschini, C. 2021. Efecto de la densidad de siembra sobre el rendimiento y calidad del forraje de maíz. *Agronomía Mesoamericana*, 12(2), 181-187. Disponible en <https://www.redalyc.org/pdf/437/43712208.pdf>
- Flores, M. 2023. Propuesta de manejo y control de malezas en siembra directa de arroz (*Oryza sativa* L.) en Alto Mayo. Disponible en <https://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/20.500.12996/6078>
- Gómez, O. 2023. Manejo sostenible de maíz nativo con enfoque de alto rendimiento en San Mateo Mozoquilpan, Oaxolotepec. Disponible en <http://ri.uaemex.mx/handle/20.500.11799/139297>
- Jiménez Sánchez, J. M., & Villalobos Blas, O. U. 2022. LOS ABONOS VERDES EN LA PRODUCCIÓN DEL CULTIVO DE MAÍZ (ZEA MAYS L.) EN SAN PEDRO COMITANCILLO, OAXACA. Disponible en <http://51.143.95.221/handle/TecNM/4524>
- Lewczuk, N., Echarte, L., Puricelli, M. M., Urcola, H. A., Montoya, M. R., Faberi, A., Agra, M. N. 2022. *Estrategias de manejo agropecuario en escenarios de sequía*. Estación Experimental Agropecuaria Balcarce, INTA.. Disponible en

- <https://repositorio.inta.gob.ar/handle/20.500.12123/13236>
- Loor, L., Zambrano, A. 2023. *Producción de pellets utilizando subproductos del café y maíz para su aprovechamiento calorífico en la generación de vapor* (Bachelor's thesis, Calceta: ESPAM MFL). Disponible en <https://repositorio.espam.edu.ec/handle/42000/2226>
- Marín, D., Urioste, S., Celi, R., Castro, M., Pérez, P., Aguilar, D., Labarta, R., Andrade, R. 2021 Caracterización del sector arrocero en Ecuador 2014-2019: ¿Está cambiando el manejo del cultivo? Publicación CIAT No. 511. Cali (Colombia): Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT); Fondo Latinoamericano para Arroz de Riego (FLAR); Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG) de Ecuador; Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) de Ecuador. 58 p. Disponible en <https://cgspace.cgiar.org/items/5b64b19e-9be5-4596-b676-0a4d94ef6fcb>
- Martínez, Á., Osuna, S., Padilla, S., Pimentel, J. 2023. Agricultura de conservación: alternativa para la mitigación del cambio climático en el altiplano semiárido de México. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 14(6). Disponible en https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-09342023000600206&script=sci_arttext
- Martínez, J. 2022. Factores biológicos y químicos de fertilizantes nitrogenados y fosfatados en suelos agrícolas y sus posibles estrategias de recuperación en México. Disponible en <https://repositorio.xoc.uam.mx/jspui/handle/123456789/26732>
- Maucaylle, E. 2024. Mejoramiento de propiedades físico-mecánico en muros de ladrillo artesanal añadiendo cenizas de totora y raqui de maíz, Apurímac–2023. Disponible en <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/140138>
- Ocampo, R. 2022. Aprovechamiento de residuos lignocelulósicos para la producción de hongos funcionales. Disponible en <http://www.riaa.uaem.mx/xmlui/handle/20.500.12055/2507>
- Ovalle, C., Quiroz, M. 2021. Manual de prácticas agrícolas para una agricultura sustentable. Disponible en <https://bibliotecadigital.ciren.cl/items/376e32b1-b5f2-4364-bdda-12e2fe0bcafa>
- Presello, D., Giménez, F., & Ferraguti, F. 2022. La producción de maíz en Argentina. *ACI Avances en Ciencias e Ingenierías*, 14(1). Disponible en

- <https://revistas.usfq.edu.ec/index.php/avances/article/view/2573>
- Ríos, A., Barboza, A., Riet, B. 2020. Conceptos generales sobre siembra directa. Disponible en <http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/16582/1/ad-240.pdf>
- Riquelme, J., Saavedra, M. 2022. Manejo de rastrojos de cereales. Disponible en <https://biblioteca.inia.cl/bitstream/handle/20.500.14001/7856/NR40200.pdf?sequence=9&isAllowed=y>
- Rodríguez, L. 2023. Revisión bibliográfica sobre la gestión, el tratamiento y la valorización de los residuos orgánicos procedentes de las actividades agrícolas. Disponible en <https://dspace.umh.es/handle/11000/29529>
- Salazar, P. 2020. Emplear bloques nutricionales con adición de subproductos de cosecha (brócoli, panca de maíz y rastrojos de mora), empleados en la alimentación de cuyes machos (*Cavia Porcellus*) en la fase de crecimiento engorde, en la provincia de Tungurahua, en el cantón Patate, en el sector Tunga (Bachelor's thesis, Ecuador: Latacunga: Universidad Técnica de Cotopaxi (UTC).). Disponible en <https://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/6764>
- Sánchez, R. 2021. Ensilaje de rastrojo de maíz asociado con diferentes niveles de urea y melaza para la alimentación de rumiantes. Caracterización y posicionamiento estratégico. Disponible en <https://helvia.uco.es/handle/10396/21441>
- Sanchis, J. 2023. Identificación de limitantes y problemas asociados a la adopción de cultivos de servicio en la agricultura. Disponible en http://ausid.com.uy/wp-content/uploads/2024/02/Mas_Sanchis_Tesis-Final.pdf
- Sarmiento, G., Rivera, W., Mena, L., Quispe, R., Velarde, L., Lipa, L. 2023. Efecto del uso de vermicompost, acolchado orgánico y cobertura plástica sobre algunas propiedades del suelo y el cultivo de brócoli (*Brassica oleracea* L.), en Perú. *Chilean journal of agricultural & animal sciences*, 39(1), 35-44. Disponible en https://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0719-38902023000100035&script=sci_arttext&tIng=en
- Sylvester, P., Quiroga, M., Róman, L., Neffen, E., Muzi, E., Salazar, A., Reinoso, L. G. 2021. Descomposición bajo diferentes manejos de rastrojo de maíz en Norpatagonia. Disponible en

<https://rid.unrn.edu.ar/handle/20.500.12049/8245>

Torres, L. 2021. Sostenibilidad del ciclo de vida en el cultivo de maíz (*Zea mays*) en la zona norte de la provincia de Los Ríos. Disponible en <https://repositorio.uteq.edu.ec/items/ea101d2f-e887-4a85-a072-2b84e89e65b4>

Ventura, J. 2022. Contenido de NPK en el rastrojo del híbrido simple Súper maíz en el sector El Carmen Lambayeque-2020. Disponible en <https://repositorio.unprg.edu.pe/handle/20.500.12893/10473>

4.2. ANEXOS



Figura 1. Cultivo de maíz sembrado sobre rastrojo de maíz.



Figura 2. Recolección de rastrojo de maíz.



Figura 3. Quema de rastrojo de maíz.