



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 a la obtención del título de:

INGENIERO AGRÓNOMO

TEMA:

Aperos agrícolas y su utilización en la labranza de tipo
conservacionista.

AUTOR:

Anthony Marcelo Navarrete Moran

TUTOR:

Ing. Agr. Adolfo Emilio Ramírez Castro, M.Sc.

Babahoyo - Los Ríos – Ecuador

2024

RESUMEN

El presente documento representa la recopilación bibliográfica de los aperos agrícolas utilizados para la labranza de tipo conservacionista. Los objetivos son detallar los beneficios que brinda la utilización de aperos en la labranza de tipo conservacionista en la agricultura y determinar la eficacia de los aperos y su utilización en la labranza de tipo conservacionista, en el rendimiento de los cultivos. Las conclusiones determinan que es necesario implementar el uso de instrumentos de labranza conservacionista para posibilitar la mitigación o prevención de daños, el mantenimiento o la mejora de las propiedades físico-químicas del suelo, la optimización del uso del agua, la reducción del consumo de combustibles y lubricantes, un aumento en la productividad o rendimiento del trabajo, incluyen la mejora o preservación del contenido biológico de la capa superficial del suelo, la estabilidad de su estructura, el aumento de la retención de agua, la disminución de la erosión y la mejora de la calidad ambiental en términos generales; conduce a una disminución de las emisiones de dióxido de carbono que contribuyen al efecto invernadero y además la eficacia ecológica, económica y tecnológica de la labranza de conservación está estrechamente asociada a la utilización adecuada y juiciosa de los tractores como fuente de energía, además del diseño y características técnicas de dichos tractores.

Palabras claves: aperos, labranza, tractores, rendimiento.

SUMMARY

This document represents the bibliographic compilation of agricultural implements used for conservation-type tillage. The objectives are to detail the benefits provided by the use of tools in conservation-type tillage in agriculture and to determine the effectiveness of tools and their use in conservation-type tillage, on crop yields. The conclusions determine that it is necessary to implement the use of conservation tillage instruments to enable the mitigation or prevention of damage, the maintenance or improvement of the physical-chemical properties of the soil, the optimization of water use, the reduction of fuel consumption and lubricants, an increase in productivity or work performance, include the improvement or preservation of the biological content of the surface layer of the soil, the stability of its structure, the increase in water retention, the decrease in erosion and the improvement of environmental quality in general terms; leads to a decrease in carbon dioxide emissions that contribute to the greenhouse effect and also the ecological, economic and technological effectiveness of conservation tillage is closely associated with the adequate and judicious use of tractors as a source of energy, in addition to the design and technical characteristics of said tractors.

Keywords: implements, tillage, tractors, performance.

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.....	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
2.1.1. Labranza conservacionista.....	5
2.1.1.1. Aplicación de residuos vegetales.....	11
2.1.1.2. Labranza cero (siembra directa de semillas).....	12
2.1.1.3. Labranza mínima continua (labranza en franjas estrechas).....	13
2.1.1.4. Labranza mínima individual (labranza alrededor del lugar de siembra) 14	
2.1.1.5. Labranza reducida (como la vertical) o de conservación	15
2.1.2. Aperos indispensables en la labranza de conservación	17
2.1.2.1. Arado cincel.....	18
2.1.2.2. Arado escarificadores.....	20
2.1.2.3. Arado subsoladores	21
2.1.2.4. Arado paraplovs	23
2.1.2.5. Arado paratill	24
3. MARCO METODOLÓGICO	25
4. RESULTADOS.....	25
5. DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	26
6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	28
3.1. CONCLUSIONES	28
3.2. RECOMENDACIONES.....	29
7. REFERENCIAS Y ANEXOS.....	30

4.1. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	30
4.2. ANEXOS	36

1. CONTEXTUALIZACIÓN

1.1. INTRODUCCIÓN

Debido a la creciente demanda de alimentos, es extremadamente difícil ampliar la superficie cultivada a escala mundial y existe la necesidad de ampliar la producción agrícola. También es necesario aumentar la producción agrícola por superficie. La aplicación de técnicas de agricultura de conservación contribuye a la producción sostenible al minimizar la alteración del suelo y mantener los residuos de cultivos en el suelo. Es importante considerar el papel de la energía y la mecanización en el aumento de la producción agrícola, pero la falta de mecanización es un impedimento importante para el crecimiento energético en muchos países (Andrade *et al.* 2019).

La mecanización agrícola en su sentido más amplio se refiere a cualquier herramienta utilizada para producir o procesar cultivos. Una definición más técnica indica que la mecanización agrícola mejora la eficiencia de las operaciones agrícolas y ayuda a producir más productos y de mayor calidad mediante el uso de herramientas y maquinaria, todo en el menor tiempo posible, costo y esfuerzo físico (Durán *et al.* 2002).

A pesar de que cada vez es más frecuente el uso de técnicas de labranza vertical o de siembra directa, los efectos de la compactación del suelo en la agricultura siguen impactando la disminución de la productividad, el aumento significativo de los costos de producción, y el aumento de la erodabilidad del suelo. Esto ha creado la necesidad de introducir nuevas operaciones agrícolas de elevado costo como el subsolado, que ayuden a revertir la compactación ocasionada (Gómez *et al.* 2018).

Una alternativa que ha sido probada con buenos resultados es el uso de labranza de conservación (LC). LC se define como un sistema de labranza que utiliza labranza mínima o nula y deja un buen residuo como mantillo vegetal. Superficie del suelo, al menos 30 %. Protegen el suelo de las gotas de lluvia, aumentan el contenido de materia orgánica superficial y mantienen o mejoran

las condiciones físicas, químicas y biológicas. Todo esto afecta positivamente al crecimiento de las raíces de las plantas, permitiendo un mayor almacenamiento e infiltración de agua, mayor capacidad de aire y un mayor rendimiento (Ohep *et al.* 2002).

Las herramientas de preparación del suelo que mantienen las condiciones originales del suelo son importantes para prevenir la erosión y preservar el suelo. Las nuevas herramientas de labranza requieren una verificación experimental de sus beneficios y limitaciones. Las formas intermedias de preparación de conservación proporcionan un efecto intermedio entre la siembra directa y la labranza convencional (Albiero *et al.* 2018).

Con el desarrollo de la tecnología de conservación de suelos a nivel internacional, se han pasado a incorporar al trabajo herramientas con características propias como los aperos. Equipado con un brazo curvo o en ángulo, corta el suelo de forma natural y elimina la necesidad de voltear el prisma. Esta herramienta combina las propiedades más deseables de los arados de encofrado en cuanto a mulching y fragmentación del suelo con las ventajas que ofrecen los cultivadores del suelo no inversores a base de prismas, reduciendo la compactación por presión vertical sobre el terreno (Del Rey 2021).

Es por ello que se realizó el presente documento sobre los aperos agrícolas y su utilización en la labranza de tipo conservacionista.

1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La maquinaria agrícola grande, como tractores, cosechadoras y remolques, tiene cargas elevadas por eje y puede compactar profundamente el suelo cuando se opera en condiciones húmedas. Esto facilita la infiltración sin dañar la estructura del suelo. Sin embargo, suelen tener problemas de germinación porque no utilizan herramientas para limpiar la tierra.

La labranza convencional aumenta gradualmente el desplazamiento y la densidad del suelo, provocando compactación, destrucción y mayor erosión,

especialmente durante la nivelación agrícola, la labranza y el movimiento de equipos pesados en condiciones húmedas.

La actividad agrícola ejerce un impacto de baja magnitud sobre las propiedades físicas del suelo arado, que varía según el tipo de maquinaria utilizada y la profundidad de labranza. La tasa de infiltración muestra un ligero aumento, de aproximadamente una unidad, como resultado del ligero aumento de la porosidad del suelo resultante de las técnicas de conservación, factor que contribuye a la producción de cultivos. Las prácticas agrícolas tradicionales han presentado desafíos para el rendimiento de los cultivos al disminuir significativamente la productividad del suelo a través de alteraciones en sus propiedades.

La compactación del suelo por las máquinas pesadas ha reducido el rendimiento en algunos campos hasta en un 50%. Si las tendencias actuales continúan, la combinación de compactación y erosión puede llegar a reducir el rendimiento de los cultivos en todo el mundo hasta en un 20%.

1.3. JUSTIFICACIÓN

Un implemento agrícola es una herramienta o máquina que se acopla a un tractor y se tira mediante un sistema de gancho o se suspende en el aire, mientras que la preparación del terreno es una de las tareas más importantes para obtener altas ganancias. Adaptarse al terreno es importante para conseguir un mejor rendimiento. Los elementos principales en este sentido son la preparación de la estructura del suelo, la aireación y compactación, el aporte de humedad y materia orgánica, y para lograrlo juegan un papel importante distintos tipos de herramientas.

Se debe seleccionar la necesidad, tamaño y características de la herramienta en función del tipo de suelo disponible y del tipo de cultivos a cultivar, en función de su uso previsto en las diferentes tareas a realizar.

La importancia de los aperos radica la capacidad de compactar el suelo

sin destruir su estructura, levantar y romper el suelo a lo largo del plano de fractura natural y evitar la mezcla de la capa superficial, lo que al rellenar con residuos de cultivos anteriores promueve la labranza de conservación. También contribuye a la infiltración y absorción de agua del suelo, estimulando el crecimiento de las raíces y permitiendo la fertilización en zonas más profundas.

El empleo de maquinaria y aperos agrícolas permite que un agricultor cultive grandes extensiones de terreno y que éstas sean mucho más eficientes. La mecanización agrícola ha contribuido a aportar un mayor ahorro y rentabilidad, así como evitar pérdidas de cultivo.

1.4. OBJETIVOS

1.4.1. Objetivo general

Caracterizar los aperos agrícolas utilizados para la labranza de tipo conservacionista.

1.4.2. Objetivos específicos

- Detallar los beneficios que brinda la utilización de aperos en la labranza de tipo conservacionista en la agricultura.
- Describir la eficacia de los aperos y su utilización en la labranza de tipo conservacionista, en el rendimiento de los cultivos.

1.5. LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

Dominio de la Universidad Técnica de Babahoyo: Recurso agropecuario, Medio Ambiente, Biodiversidad, Biotecnología.

Línea de la Facultad de Ciencia Agropecuaria: Desarrollo agropecuario, agroindustrial sostenible y sustentable.

Sublínea: Agricultura sostenible y sustentable.

2. DESARROLLO

2.1. MARCO CONCEPTUAL

2.1.1. Labranza conservacionista

Las prácticas de labranza convencional han generado problemas en la producción al disminuir significativamente la capacidad productiva del suelo mediante la alteración de sus propiedades. La utilización de biofertilizantes, la aplicación de enmiendas orgánicas, la adopción de prácticas de labranza de conservación, la rotación de cultivos y el uso a largo plazo de cultivos de cobertura desempeñan un papel en la restauración de las poblaciones microbianas del suelo y, en última instancia, mejoran la calidad y la fertilidad del suelo. Esto se debe a la producción de sustancias beneficiosas que forman agregados durante la descomposición de materiales orgánicos primarios, que influyen positivamente en la estructura biológica del suelo (Del Rey 2021).

Existe una falta de comprensión significativa respecto a la variedad de herramientas disponibles para la preparación del suelo de manera que se reduzca al mínimo el riesgo de erosión, evitando la propagación de malezas y permitiendo la implementación de métodos de conservación del suelo de forma rentable (Alvarado 2023).

La utilización de herramientas o implementos inadecuados en la labranza impacta negativamente la estructura del suelo. Las herramientas agrícolas de disco, incluyendo los arados y rastras, realizan un corte horizontal que resulta en una remoción superficial y compactación de las capas de suelo más profundas. Esta característica es común en suelos que han experimentado procesos de cultivo, lo que les confiere una mayor resistencia a los efectos causados por la lluvia y el viento. Los agregados no son sustancialmente grandes y presentan una forma relativamente redondeada (Palma 2021).

En consecuencia, la capacidad de resiliencia de un suelo, es decir, su

aptitud para resistir y recuperarse de perturbaciones, se ve en gran medida influenciada por su estructura (Palma 2021).

Uno de los errores significativos en el proceso de mecanización de los terrenos reside en la utilización de implementos o aperos inadecuados, que no se ajustan a las características del terreno ni al tipo de cultivo que se pretende establecer (Alvarado 2023).

El surgimiento de la labranza de conservación es una respuesta a la necesidad de preservar los recursos del suelo y constituye un componente crucial de los sistemas agrícolas sostenibles. Este método implica un sistema de cultivo en el que se reduce al mínimo la preparación del lecho de siembra y se lleva a cabo la gestión de malezas a través del uso de herbicidas (Martínez *et al.* 2015).

La labranza de conservación se define como un conjunto de prácticas agrícolas que implican la implementación de sistemas de labranza y siembra que resultan en la presencia de una cobertura mínima del suelo de al menos el 30% de residuos, con el propósito de mitigar la erosión hídrica o eólica. Esta técnica implica mantener residuos equivalentes a un mínimo de 1,1 toneladas por hectárea de granos pequeños en la capa superficial del suelo durante el período crítico de riesgo erosivo (Homer y Casanova 2011).

En la actualidad, a nivel global se están utilizando diversas tecnologías para la preparación del suelo, que abarcan desde el método de labranza intensiva hasta la práctica de mínima labranza. La tendencia predominante es avanzar hacia prácticas de labranza de conservación, destinadas a garantizar la mínima alteración del perfil del suelo, la retención de residuos de cultivos y la alteración de la menor superficie posible del suelo (Del Rey 2021).

La práctica de la labranza conservacionista se fundamenta en la preservación de los recursos naturales presentes en el entorno agrícola (tales como el suelo, el agua, el aire y la biodiversidad), a través de la manipulación del suelo y la reducción o limitación de las técnicas de labranza. Esta actividad

ayuda a proteger la capa superficial contra el calor, el viento y la lluvia, manteniendo la temperatura del suelo y disminuyendo la pérdida de humedad causada por la evaporación (Pinto 2021).

Durante un extenso período de tiempo, diversos académicos han propuesto una serie de argumentos a favor de la transición de la tecnología convencional hacia estrategias de laboreo que fomenten una mayor preservación del suelo, con el objetivo de disminuir de forma sustancial los fenómenos que deterioran el entorno (tales como la compactación, erosión, pérdida de materia orgánica, entre otros), logrando reducir las tasas de pérdida de suelo en un rango del 25-30% en comparación con las técnicas de labranza tradicionales (Martínez *et al.* 2015).

La labranza de conservación implica la implementación de siembra directa y manejo de residuos superficiales para reducir las prácticas de labranza convencional. Este tipo de prácticas sustentables han mostrado resultados positivos en cultivos de ciclo corto. Los principales beneficios de las tecnologías de labranza de conservación están asociados con la reducción de la evaporación directa del agua del suelo debido a la cubierta vegetal, la mitigación o eliminación de la erosión hídrica y eólica del suelo, la posible mejora de la macroporosidad del suelo y la mejora de la estructura del suelo. y estabilidad agregada (Palma 2021).

La labranza de conservación implica la práctica de la siembra directa, el manejo de residuos en la superficie del suelo y la reducción de las actividades de labranza. Estas prácticas sostenibles han demostrado resultados positivos en estudios realizados en varias regiones, particularmente en cultivos de ciclo corto (Del Rey 2021).

La quema de residuos de cultivos es incompatible con las prácticas de labranza de conservación, debido a su contribución a la contaminación atmosférica y a la eliminación de organismos vivos y restos de plantas de la capa superior del suelo. En la labranza de conservación, el objetivo es producir preservando los recursos (Pinto 2021).

Es necesario alcanzar una cobertura del 40 % para lograr una disminución del 90% en el proceso de erosión del suelo. Además, investigaciones han demostrado que para pendientes del 11 %, el porcentaje óptimo de cobertura vegetal se sitúa en torno al 58 %, mientras que este valor aumenta hasta un 64 % en terrenos con una pendiente del 25 %. En este sentido, el porcentaje de residuos residuales que quedan tras los distintos sistemas de labranza (Homer y Casanova 2011).

Los resultados obtenidos de las prácticas de labranza de conservación indican mejoras sustanciales en las propiedades microbiológicas y físicas del suelo a un nivel intermedio de tiempo. Entre las más destacadas se encuentran la resistencia a la compactación, densidad del suelo, capacidad de infiltración y retención de humedad, siendo notable el impacto positivo en el rendimiento de los cultivos al contar con coberturas vegetales durante la siembra. Para mejorar tanto la fertilidad del suelo como la productividad agrícola, es esencial investigar las interacciones entre el suelo y las plantas, y luego integrar estos conocimientos (Del Rey 2021).

La labranza de conservación es la integración de medidas agronómicas, biológicas y mecánicas que mejoran la calidad del suelo al adherirse a tres principios técnicos críticos: mínima alteración mecánica del suelo (plantación o siembra directa); cobertura permanente del suelo, particularmente mediante el uso de residuos de cultivos y cultivos de cobertura; y selección estratégica de rotaciones de cultivos e integración de cultivos múltiples, agroforestería y ganadería. Estos sistemas demuestran que, a medida que la calidad del suelo se optimiza, se observa un incremento en la productividad agrícola y una reducción en los procesos de erosión del suelo (Pinto 2021).

La FAO proporciona diversas terminologías para categorizar los diferentes niveles de preparación del suelo en el marco de la labranza de conservación. Aunque se puede referir en ocasiones como no labranza, los términos pueden generar confusión en ocasiones o ser utilizados de manera distinta en entornos locales.

Por ejemplo, en el contexto de Chile, los términos labranza cero y labranza reducida se utilizan indistintamente, aunque la FAO clasifica la labranza cero como lo que podría denominarse labranza mínima en el contexto chileno, donde una sola pasada de un conjunto de herramientas prepara la tierra y siembra la semilla. Además, en Argentina se utiliza el término 'siembra directa' para referirse a la agricultura sin labranza, que es la traducción directa del término utilizado en Estados Unidos como '0-tiller', mientras que en Brasil corresponde al término 'plantio direto' (Homer y Casanova 2011).

A través de la implementación de la agricultura de conservación, se facilita la acumulación de residuos vegetales en la superficie del suelo, lo cual promueve la infiltración del agua y mitiga la erosión del terreno. Estas prácticas se emplean en la agricultura convencional para mitigar la erosión en suelos desnudos (Poma 2020).

El principio fundamental de la agricultura de conservación se centra en la mínima alteración del suelo, con el objetivo de mantenerlo lo más protegido posible durante todo el año. La extensión de este concepto abarca la práctica de alternar los cultivos o sembrar una variedad de cultivos en áreas con cultivos perennes, junto con la implementación de prácticas para reciclar nutrientes y generar paja. Se insta a dejar de lado las técnicas tradicionales de arado, nivelación y desmalezado mecánico, y en su lugar se recomienda abonar y sembrar utilizando semillas o plantas de vivero, en busca de minimizar las interferencias en el suelo y en la cobertura de paja (Cuevas *et al.* 2004).

La misma fuente indica que esta estrategia tiene como objetivo proteger la paja durante todo el año. En este caso, se evidencian los beneficios derivados de los progresos en este concepto para todas las operaciones vinculadas con la explotación agropecuaria, tanto en cultivos que son temporales como en aquellos que son perennes. Especialmente relevante resulta su aplicación en contextos subtropicales y tropicales, donde la movilidad y gestión de los suelos muestran una íntima relación con los procesos de degradación de los mismos (Cuevas *et al.* 2004)

La agricultura de conservación es un concepto amplio que se ha descrito como cualquier serie de prácticas agrícolas que muestran una disminución en las tasas de erosión del suelo y de pérdida de agua en comparación con las prácticas de la agricultura convencional. Comúnmente se hace alusión a un método de labranza que no altera la estructura del suelo y que conserva los restos de cultivos en la capa superficial. Además, se utiliza la definición de que cualquier método de labranza o siembra que garantice que al menos el 30% de la superficie del suelo permanezca protegida por residuos después de la siembra, con el propósito de mitigar la erosión hídrica (Homer y Casanova 2011).

Es necesario comprender los impactos de la labranza y proponer ajustes que deban ser adoptados en los métodos empleados para la preparación de suelos, con base en los índices de erosión y las alteraciones de las características necesarias. Es habitual analizar las ventajas y desventajas de distintos métodos de labranza, considerando su impacto en las propiedades físicas del suelo y en la operatividad del terreno (Gómez y Estrada 2020).

Dentro del ámbito de la agricultura sostenible, las prácticas de labranza de conservación son esenciales para mitigar o prevenir daños, preservar o mejorar las propiedades físicas y químicas del suelo y mejorar la eficiencia en el uso del agua, lo que en última instancia conduce a un mayor rendimiento de los cultivos en comparación con los métodos de labranza convencionales. Las tecnologías de labranza clasificadas como conservacionistas incluyen labranza reducida, labranza mínima, labranza cero y siembra directa (Del Rey 2021)

Métodos de conservación de Suelos. Existe una gran variedad de métodos para el control de la erosión hídrica, ellos se agrupan en 3 categorías fundamentales:

1. Los métodos culturales se refieren a aquellas técnicas en las que se emplean implementos específicos para impartir una disposición definida a la capa cultivable (Borroto 2015).
2. Siembra con labranza conservacionista: Esta técnica implica la preparación del terreno con un enfoque minimalista, con el objetivo de perturbar lo menos posible la estructura del suelo. El sistema de

labranza reducida es una técnica agrícola que se caracteriza por la reducción en la frecuencia de pasadas de maquinaria sobre el terreno, lo que contribuye a disminuir la compactación del suelo y conservar su estructura. Este enfoque se emplea ampliamente a nivel mundial con el propósito de proteger los suelos contra la erosión hídrica y promover la retención de humedad (Borroto 2015).

3. Las prácticas de labranza de conservación ayudan a prevenir la compactación del suelo, lo cual es un problema potencialmente desastroso. El deterioro físico causado por la compactación puede reducir la productividad del suelo y provocar pérdidas por erosión (Borroto 2015).

Existen varios sistemas de labranza, incluida la labranza tradicional o convencional con inversión de prisma, la labranza de conservación que abarca la labranza reducida, la labranza vertical y la labranza cero, y la labranza de corte horizontal sin inversión de prisma basada en el principio de corte. La utilización de métodos tradicionales de arado en la agricultura ha llevado a una situación que no es propicia para la conservación de los recursos productivos, resultando particularmente en una degradación significativa de los recursos del suelo (Martínez *et al.* 2015).

La planta de conservación tiene como objetivo reducir o eliminar las perturbaciones para preservar el agua y el suelo. Se pueden identificar tres tipos de labranza de conservación: labranza cero (siembra directa de semillas), labranza mínima continua (labranza en franjas estrechas) y labranza mínima individual (labranza alrededor del lugar de siembra) (Poma 2020).

2.1.1.1. Aplicación de residuos vegetales

La aplicación de residuos vegetales, incluyendo leguminosas, en calidad de abono verde y cubierta en prácticas de labranza conservacionista, generará impactos favorables en la población y actividad microbiana, especialmente a nivel superficial del suelo y tras un período prolongado de cultivo. Estos hallazgos han sido validados mediante evaluaciones del total de bacterias,

hongos, actinomicetos, *Rhizobium* spp., nitrificadores y desnitrificadores, y se han relacionado con niveles de humedad del suelo, carbono y nitrógeno orgánico, nitrógeno amoniacal, nitrógeno nitrato, pH y, en general, niveles más altos. niveles de nutrientes en el suelo (Aciego *et al.* 2015).

Muchas de las prácticas de labranza de conservación están vinculadas al mantenimiento de la cubierta vegetal para reducir la erosión tanto eólica como hídrica. La cuestión pertinente a considerar es cuánto residuo de cultivo o cobertura vegetal se debe mantener, especificando que debe ser al menos el 30% de la superficie del suelo, o al menos el 30% de los residuos deben permanecer sin enterrar (Homer y Casanova 2011).

La identificación de la atrazina a finales de la década de 1950 y de los herbicidas de contacto en la década de 1960 amplió notablemente la base química de la agricultura de labranza de conservación, fomentando perspectivas distintivas para la investigación académica y avances innovadores dentro del ámbito de las prácticas agrícolas. (González 2018).

2.1.1.2. Labranza cero (siembra directa de semillas)

La práctica de la agricultura sin labranza implica plantar cultivos en suelos que no han sido preparados de antemano creando una hendidura, un surco o una franja estrecha tan ancha y profunda como sea necesario para lograr una cobertura adecuada de las semillas. No se lleva a cabo ninguna otra labor de preparación del terreno. La labranza se vuelve innecesaria debido al uso de herbicidas para el control de malezas y pastos indeseables. Este enfoque presenta ventajas notables que incluyen: mayores rendimientos, menores costos de producción, mejor retención de humedad del suelo, menor erosión eólica e hídrica y mínima compactación del suelo debido al uso de maquinaria (Hernández 2022).

El sistema de labranza cero sirve como medida de protección contra la erosión del suelo resultante de las prácticas tradicionales de preparación del suelo y el impacto de las precipitaciones. La incorporación de materiales

orgánicos y químicos facilitó un rendimiento aceptable de papa, al mismo tiempo que promovió la formación de agregados y mantuvo los niveles de humedad del suelo cerca de la capacidad de campo durante todo el ciclo de crecimiento del cultivo (Asaquibay *et al.* 2021).

La investigación sobre el efecto de dos prácticas de labranza sobre las propiedades específicas del suelo, el crecimiento y el rendimiento del maíz mostró que al concluir el experimento, exhibía valores más altos de altura de planta y suelo en comparación con la labranza convencional. En comparación con la labranza convencional, la labranza cero también presentó valores químicos del suelo más altos (Komolafe 2022).

El rendimiento de grano presentó una variación estadísticamente significativa entre las prácticas de labranza. El sistema de labranza cero demostró mayor rendimiento (1,71 t/ha) en comparación con el sistema de labranza convencional (0,97 t/ha). Los hallazgos del estudio indicaron que la labranza cero demostró ser una opción superior para el crecimiento de los cultivos y la preservación del suelo (Komolafe 2022).

2.1.1.3. Labranza mínima continua (labranza en franjas estrechas)

Mínima labranza en bandas como práctica de conservación agrícola. Esta técnica implica el laboreo de una franja estrecha del suelo mediante arados surcadores, lo que facilita la siembra de semillas entre una franja de suelo arado y no arado. El suelo permanece sin labrar hasta el momento de la siembra. Al realizar las actividades de siembra, se aran franjas separadas de tierra con herramientas adecuadas. Este método se basa en la labranza del suelo en franjas estrechas de 20 a 30 cm de ancho, con el propósito de sembrar las semillas, manteniendo el suelo sin labrar entre las hileras. Además, se crean surcos de 20 a 30 cm de ancho manteniendo las curvas niveladas con la ayuda de equipos de nivelación como clinómetro, soporte y nivel (Escajadillo 2023).

La práctica de la labranza mínima se caracteriza por la reducción de la manipulación del suelo a través de la utilización de herramientas verticales como

arados de cincel y rastras de dientes a intervalos regulares. Esta técnica complementa la agricultura sin labranza, en la que únicamente se utiliza una sembradora para intervenir franjas de 5 cm de suelo y sembrar semillas a profundidades de 8 a 10 cm. "La adopción conjunta de la técnica de cero labranza y el laboreo vertical intermitente del suelo ofrece beneficios que incluyen la prevención de la erosión, el fomento de la acumulación de materia orgánica y la mejora de la estructura del suelo para facilitar la infiltración del agua" (Sepúlveda *et al.* 2023)

En términos de agricultura, la labranza mínima en franja implica la técnica de sembrar en franjas angostas mediante un implemento que abre surcos, permitiendo que las semillas caigan en las franjas cultivadas y sin alterar el suelo entre estas. Además, se refiere al cultivo en contorno de una zona agrícola con una anchura de 100 metros o más, delimitada por una amplia zona agrícola que está sujeta a medidas de control de la erosión agrícola (Poma 2020).

Otro sistema, incluso menos perjudicial que el sistema de una sola pasada, es la labranza en franjas, similar a la labranza cero pero que consiste en labrar franjas estrechas que miden 10 cm de ancho y 5 cm de profundidad (Palma 2021).

2.1.1.4. Labranza mínima individual (labranza alrededor del lugar de siembra)

La labranza mínima a nivel individual consiste en la práctica de reducir al mínimo la perturbación del suelo con el fin de preparar terrenos para el cultivo o para controlar malezas mediante técnicas de fertilización. Este enfoque se sitúa a medio camino entre la agricultura sin labranza y la agricultura convencional. La tendencia actual en la agricultura pone énfasis en la importancia de la retención de residuos como una estrategia fundamental para la minimización o reducción de los mismos en las explotaciones agrícolas (Poma 2020).

Investigaciones indican que la mayor productividad de maíz se logró a través de la implementación de labranza mínima continua en conjunción con la

cobertura de rastrojo de leguminosa, alcanzando un rendimiento de 7 083.3 kg ha⁻¹. Por otro lado, se obtuvo un rendimiento de 6 800.00 kg ha⁻¹ al combinar labranza mínima individual con la ausencia de cobertura (Escajadillo 2023).

El índice óptimo de cosecha se logró con las siguientes combinaciones: cero labranza con cobertura de residuos de leguminosas al 42,9%; labranza cero sin cobertura al 40,4%; labranza mínima individual con cobertura de residuos de leguminosas en 39,0%; y labranza mínima individual con cobertura de residuos de cereal en 39,0%. La mayor acumulación de materia seca se logró mediante labranza cero combinada con cobertura de rastrojos de cereal, alcanzando el 80,4%. cuyos hallazgos demuestran que las prácticas de labranza de conservación y el acolchado influyen en el rendimiento agronómico, la materia seca y el índice de cosecha (Escajadillo 2023).

Mediante la implementación de la técnica de labranza mínima, es factible preparar y sembrar el terreno en un solo ciclo operativo, como por ejemplo, utilizando implementos agrícolas tirados por un tractor de tracción manual, de manera que se logra, en una sola actividad, la creación de un lecho de siembra de 5 cm de alto, la siembra de las semillas y su subsiguiente cobertura con suelo (Palma 2021).

2.1.1.5. Labranza reducida (como la vertical) o de conservación

El impacto negativo de la labranza convencional sobre la fertilidad del suelo puede aliviarse mediante sistemas de labranza menos agresivos, como la labranza reducida mediante arado con cincel y agricultura sin labranza; Ambos son sistemas de labranza de conservación comúnmente utilizados en la producción agrícola, y difieren en su enfoque para el manejo de los residuos de cultivos: en la labranza reducida, el residuo se incorpora a una profundidad específica mediante el arado, mientras que en la agricultura sin labranza, el residuo retenido se deja en el suelo. superficie (Sarmiento *et al.* 2022).

La labranza reducida o vertical implica el empleo de un arado para romper el suelo verticalmente sin voltearlo, promoviendo una mejor infiltración de agua

sin comprometer la estructura del suelo. Sin embargo, la ausencia de implementos de suelo adecuados en esta práctica puede restringir la germinación de las plantas (Sarmiento *et al.* 2022).

En diversos lugares, la práctica de reducción de labranza implica la sustitución del arado de vertedera por el de cinceles, al tiempo que se conservan las operaciones de labranza secundaria (Sánchez 2022).

Investigaciones realizadas en el cultivo de arroz indican que la utilización conjunta de un sistema de manejo agronómico completo con una rastra convencional resulta en una adecuada formación de macollos, una mayor densidad de plantas en la cosecha y un elevado porcentaje de macollos productivos. De manera similar, los sistemas de labranza reducida fomentaron una mayor cantidad de raíces, lo que resultó en un mayor peso seco de las raíces, lo que a su vez condujo a un mayor crecimiento vegetativo y, en última instancia, a un rendimiento superior de 6030 kg/ha (Mendoza y Guzmán 2023).

La labranza reducida o vertical implica el uso de un arado para romper el suelo de manera vertical sin voltearlo, mejorando la infiltración sin alterar la estructura del suelo. Sin embargo, las limitaciones en el uso de implementos de suelo adecuados pueden dificultar la germinación de las plantas (Avilés *et al.* 2023)

Al trasladarse de la labranza tradicional (que implica corte y volteo) a prácticas de labranza reducida (como la vertical) o de conservación, se observa una mayor uniformidad y eficacia en la distribución de tamaños de poros del suelo. Además, se logra una constancia en el consumo de agua, que penetra a mayores profundidades en el perfil durante el ciclo del cultivo. Esta transición conlleva a una mayor estabilidad en la estructura de los agregados del suelo y a una disminución en el escurrimiento superficial (Gómez y Estrada 2020).

En términos globales, se puede observar una reducción significativa de la erosión a través de la implementación de técnicas de labranza de conservación, a pesar de que dicha disminución puede variar según el tipo de suelo y las

condiciones específicas de cada localidad. En diversos estudios se ha demostrado que la erosión disminuye a partir de una cobertura del 30% del suelo, y prácticamente desaparece con una cobertura del 60 %." "En varios estudios se ha evidenciado que la erosión disminuye al alcanzar una cobertura del suelo del 30 %, y casi deja de existir cuando se alcanza una cobertura del 60 % (Mejías *et al.* 2013)

En zonas semiáridas, hay una falta de residuos de cultivos u otros materiales disponibles para proporcionar una cobertura adecuada del suelo para su protección, ya sea debido a las condiciones edafoclimáticas o su utilización como alimento para animales. Aunque en principio se podría considerar que resultaría inviable en estas áreas geográficas, se pueden identificar alternativas dentro del enfoque de agricultura de conservación (Homer y Casanova 2011).

La evolución de la labranza de conservación o la agricultura sin labranza ha variado entre países, influenciada por las condiciones locales, los incentivos gubernamentales y los programas. El avance científico de la agricultura de labranza cero surgió como una alternativa a la labranza convencional en la década de 1940, tras el descubrimiento del 2,4-D y otros herbicidas hormonales, que permitieron a los agricultores controlar eficazmente las malezas de hoja ancha sin necesidad de cultivadores ni azadones manuales (González 2018).

2.1.2. Aperos indispensables en la labranza de conservación

Actualmente, el desarrollo constructivo de la maquinaria agrícola a nivel mundial se caracteriza por una mayor saturación energética, mayor productividad y confiabilidad, utilización de nuevos materiales metálicos y no metálicos, mejora de los componentes de las máquinas y procesos tecnológicos, reducción de los costos de mantenimiento y reparación, integración de sistemas electrónicos. elementos para la automatización de procesos, y mejora de las condiciones laborales de operadores, mecánicos y maquinistas en campo y talleres (Pinto 2021).

La automatización de las operaciones de cosecha se vuelve cada vez más

crucial en el ámbito agrícola a nivel global. Este fenómeno se justifica principalmente por la necesidad de reducir los costos de producción, minimizar la dependencia de la mano de obra y mejorar las condiciones laborales de los trabajadores agrícolas (Rodríguez *et al.* 2017).

La preparación del suelo se refiere a una serie de operaciones que se llevan a cabo mediante el uso de maquinaria agrícola con el propósito de proporcionar al suelo las condiciones ideales para la germinación de las semillas y el crecimiento saludable de las plantas. Estas operaciones tienen como objetivo restaurar las características físicas, biológicas, químicas, hidrofísicas y físico-mecánicas adecuadas del suelo, lo que resulta en un mejor desarrollo de las semillas y las plantas cultivadas (Friedrich 2017).

Los principales implementos empleados para las operaciones de labranza primaria vertical incluyen herramientas de subsuelo, cinceles, escarificadores, subsoladores, paraplovs, paratills, cultivadores y cultivadores ecológicos. Por el contrario, las operaciones de labranza secundaria se ven facilitadas por cultivadores, vibrocultivadores, cinceles vibratorios y rastras o rastras de púas. Los implementos de labranza vertical se pueden categorizar en: Arcos o montantes (soporte, brazos o reja), Herramientas flexibles, Cinceles, vibrocultivadores, cultivadores, Arcos o montantes rígidos, Montantes rectos (subsoladores, escarificadores), Montantes inclinados, Angulados, Paratill, Paraplow, Curved, Cultivie y Ecoltier (Rodríguez *et al.* 2017).

2.1.2.1. Arado cincel

El empleo del cincelado en pastos establecidos sobre suelos compactados arrojó resultados muy favorables para ese año específico. Sin embargo, es imperativo mantener un seguimiento continuo a lo largo de los años ya que el impacto de la labranza puede verse influenciado por la intensidad del pastoreo, las condiciones específicas del suelo de cada parcela y/o factores climáticos. Por tanto, es fundamental evaluar si la situación de compactación se repite en un corto plazo de tiempo (Lauric *et al.* 2023).

El empleo del cincelado en pastos establecidos sobre suelos compactados arrojó resultados muy favorables para ese año específico. Sin embargo, es imperativo mantener un seguimiento continuo a lo largo de los años ya que el impacto de la labranza puede verse influenciado por la intensidad del pastoreo, las condiciones específicas del suelo de cada parcela y/o factores climáticos. Por tanto, es fundamental evaluar si la situación de compactación se repite en un corto plazo de tiempo (Macao 2023).

El método de mecanización del suelo con arado cincel proporciona mayor flexibilidad, ya que el operador puede maniobrar más fácilmente el tractor con el implemento en el campo y trabajar en cualquier dirección sin necesidad de adaptarse al surco previamente arado, dado que el suelo no está volcado (Alvarado 2023).

Debido a estos argumentos, se ha observado que los países del primer mundo han dedicado recursos significativos al progreso de la mecanización, logrando la creación de maquinaria avanzada que garantiza la calidad en la recolección de los cultivos específicos que han priorizado. Por consiguiente, en zonas tropicales donde se cultiva la papa, se han implementado estas innovadoras máquinas de cosecha, aunque aún no se ha extendido su uso a otras variedades de cultivos. Recientemente, se ha producido avances en el diseño y fabricación de maquinaria destinada a la cosecha de la yuca, una raíz cuya extracción tradicionalmente requiere un considerable esfuerzo manual (Rodríguez *et al.* 2017).

Alrededor del 50% del gasto en producción agrícola y aproximadamente el 60% de la energía consumida se destina a las actividades de preparación del suelo, lo que resalta la necesidad de maquinaria que pueda mejorar la eficiencia y aumentar la productividad en este ámbito (Friedrich 2017).

Según los autores citados anteriormente, la compactación del suelo se identifica como un factor significativo en la disminución de los rendimientos agrícolas de diversos cultivos, resultado del incremento en la utilización de maquinaria agrícola (Martínez *et al.* 2015).

La adopción de técnicas de agricultura de conservación ayuda a la intensificación sostenible de la producción al reducir la alteración del suelo y mejorar la retención de residuos de cultivos en la superficie. El proceso de mecanización debe implementarse empleando un enfoque sistemático que considere la apropiación y adaptación a las condiciones específicas de uso de la maquinaria, reconociendo al mismo tiempo los enfoques tecnológicos en la agricultura. Esto implica la selección y utilización adecuadas de equipos para minimizar los impactos ambientales adversos, particularmente en el suelo, considerando también factores como la educación y la divulgación (Shkiliova y Fundora 2014).

2.1.2.2. Arado escarificadores

Investigaciones recientes han demostrado que el uso del implemento de arado escarificador de cinceles en dual pasaje resultó en un aumento significativo en los niveles de resistencia específica y potencia necesaria. Además, el laboreo vertical realizado en dos capas logró una menor eficiencia energética en comparación con el laboreo en una sola pasada. Las conclusiones extraídas de este estudio fueron las siguientes: A nivel superficial (hasta 15 cm de profundidad), trabajar en un solo estrato resultó en una mayor descompactación en comparación con trabajar en dos estratos de profundidad (Contessotto 2020).

Además, el uso de arado de cincel en un solo estrato demostró una mayor interacción entre sus componentes; y cuando el arado chisel trabajaba en dos estratos de profundidad, a pesar de realizar la segunda pasada a menor velocidad, requería mayor potencia en la barra de enganche del tractor en comparación con el trabajo en un solo estrato (Contessotto 2020).

Para establecer una cultura agrícola, la tierra se puede preparar utilizando métodos convencionales o implementando prácticas conservacionistas. En las prácticas de labranza convencionales, se producen importantes alteraciones del suelo causadas por el arado y el rastrillo. Por otro lado, los métodos conservacionistas pretenden reducir la necesidad de intervenciones, como el

empleo de un sistema de labranza reducida con escarificador o la eliminación total de dichas actividades, como ocurre en la agricultura sin labranza, donde el cultivo se realiza exclusivamente con una sembradora adecuada. con capacidades de aplicación de fertilizantes. (Fernández y Mendoza 2020).

2.1.2.3. Arado subsoladores

El subsolador es un implemento de tractor agrícola utilizado para la preparación del suelo, específicamente para suelos compactados. Su función es alterar las capas profundas del suelo compactado sin invertir ni alterar la estructura física del suelo. El subsolador en arado optimiza la preparación del suelo aflojándolo a profundidades superiores a 30 cm. A diferencia del arado de disco o de vertedera, el subsolador no induce el efecto "arado de plato", que es la compactación del suelo que comienza a una profundidad de 30 cm. Esta compactación impide la distribución eficiente de oxígeno y agua en el suelo, limitando así el crecimiento de las raíces. (Cabrera 2022).

El arado de vertedera reduce la infiltración de agua y la conductividad hidráulica saturada. La alteración del plato de arado mediante la subsolación favorece la infiltración y mejora las propiedades hidráulicas del suelo. (Alonso et al. 2023).

En terrenos consolidados es necesario emplear un subsolador durante la época seca, ya que su efectividad es nula durante la época de lluvias; además, sin la descompactación del suelo, la utilización de semillas de alta calidad, abundante fertilizante y otras técnicas de cultivo resultarían ineficaces (Alvarado 2023).

Se ha sugerido que la eficiente conservación del suelo requiere la minimización de las operaciones de la maquinaria agrícola en la superficie terrestre. De ahí la importancia de una selección diligente de los equipos (basada en factores como la topografía, el tipo de suelo, el cultivo y el rendimiento de la maquinaria) para evitar pasos innecesarios de equipos sobre la misma área de trabajo con maquinaria no adecuada para las condiciones operativas (Gómez et

al. 2018).

En Ecuador, la información sobre las prácticas de labranza empleadas en el cultivo de maíz es limitada. Específicamente, en la región agrícola de Babahoyo dentro de la provincia de Los Ríos, hay una escasez de investigaciones que documenten los impactos de los sistemas de labranza en las propiedades físicas del suelo y su influencia en la germinación, el crecimiento y el rendimiento del maíz. El arado superficial realizado en el suelo para el cultivo de maíz, a veces en condiciones de humedad subóptimas, dentro de un sistema agrícola altamente mecanizado, ha provocado importantes problemas de degradación física y ha restringido el desarrollo de las raíces de las plantas de maíz a poca profundidad (Álvarez *et al.* 2020).

En la zona de Los Ríos es común observar prácticas inadecuadas de preparación del suelo entre los productores agrícolas. Se observa una tendencia generalizada en múltiples regiones hacia la utilización de tractores de grandes dimensiones, lo cual, como se ha mencionado previamente, y debido al empleo de implementos inadecuados, incide negativamente en las propiedades físicas del suelo (tales como textura, estructura, densidad, porosidad y capacidad de retención de humedad) (Salazar 2022).

La compactación del suelo se destaca como un factor importante que contribuye a la degradación de los suelos agrícolas, marcada por la disminución del tamaño, la continuidad y la cantidad de poros del suelo. Esta forma de degradación física puede surgir por dos vías: de forma natural, como resultado de los ciclos de humedecimiento y secado del suelo, o de forma artificial, mediante la aplicación de cargas pesadas. Esta fuente final representa el principal contribuyente a los procesos de compactación del suelo en suelos altamente productivos y mecanizados, derivados del tráfico de maquinaria, equipos e implementos agrícolas sobre la superficie del suelo (Pla y Nacci, 2001).

Cuando se trata de suelos de textura franco arenosa, es pertinente considerar que los implementos de labranza convencionales tienden a inducir

una mayor degradación del suelo, impactando en consecuencia su calidad (Palma 2021).

2.1.2.4. Arado paraplow

Paraplow fue desarrollado en el Reino Unido con el objetivo de permitir la descompresión del suelo y capas del suelo. Se trata de un implemento de reducido grosor que se distingue claramente de otros equipos como los subsoladores y escarificadores. Sus varillas presentan una peculiar inclinación que genera un ángulo lateral y frontal de 45°, lo cual resulta en un levantamiento del suelo y un desplazamiento que favorece la generación de un flujo sobre las áreas laterales. Esta dinámica conlleva la acción de fuerzas que contribuyen al proceso de descompresión del suelo (Lacerda 2020).

Debido a su escaso grosor, el paraplow desplaza una cantidad mínima de residuos de la capa superficial del suelo. No obstante, este implemento puede emplearse con efectividad para descompactar el suelo, llevar a cabo prácticas de labranza en sistemas de siembra reducida o directa, así como en suelos que no presenten las condiciones óptimas para estos sistemas o que requieran mantener una cobertura vegetal adecuada (Lacerda 2020).

El Paraplow es un implemento agrícola especializado que se ha desarrollado con el propósito de mejorar la capacidad de resistencia a la compresión del suelo en un plano horizontal. Sus cinceles están configurados en un ángulo de 45 grados tanto en sentido frontal como lateral, lo que da lugar a la elevación del suelo efectivamente. Esta acción resulta en una fractura a lo largo de las líneas naturales de debilidad dentro de los suelos. Para mejorar el rendimiento, se desarrolló un tipo rotativo que combina características de un molino vertical y un paraplow convencional (Albiero *et al.* 2018).

El implemento de labranza vertical del suelo permite una mayor movilidad del subsuelo, lo que resulta en una mayor infiltración de agua, mientras que el Paraplow afecta el suelo solo en posición horizontal sin invertirlo, reteniendo los residuos en la superficie del suelo agrícola y creando una cubierta. El Paraplow

giratorio es una herramienta innovadora diseñada para la preparación del lecho de siembra para la labranza en franjas mediante una práctica de agricultura de conservación (Albiero *et al.* 2018).

El descompactador "ParaPlow" es un implemento agrícola desarrollado a finales de los años setenta por la empresa Howard Rotavator. Se concibió con el propósito de restaurar los suelos dañados debido a la compactación ocasionada por la falta de labores agrícolas y el uso de maquinaria, especialmente durante las operaciones de recolección. Este problema surgió en Inglaterra precisamente como consecuencia de la continua práctica del cultivo sin labranza, que redujo significativamente la infiltración debido a la disminución del volumen de poros del suelo (aumento de la densidad aparente). Además, la falta de circulación de aire en el suelo contribuyó a complicaciones como la asfixia de las raíces (Sánchez 2015).

2.1.2.5. Arado paratill

Las investigaciones relacionadas con este tipo de herramientas evaluaron el impacto de la utilización de subsoladores de púas rectas (Paratill) y de púas curvas (Cultivie), así como la evaluación de subsoladores de púas rectas Paraplow. Los efectos positivos iniciales sobre la resistencia a la penetración y la densidad aparente se disiparon dentro del primer año después de la descompactación, aunque no se evaluó la persistencia de la mejora en la infiltración básica después de la descompactación. La evolución de este último parámetro es fundamental para evaluar la persistencia de grietas verticales asociadas al uso de montantes en ángulo para descompactar el suelo (Guecaimburu *et al.* 2019).

La utilización de aflojadores de subsuelo planos, como los paratills, ayuda a aflojar y fracturar el perfil del suelo sin alterar significativamente la capa superficial. La remoción de la compactación del suelo puede llevarse a cabo a una profundidad que varía entre 25 y 40 cm. Este proceso de aireación es consistente y completo, promoviendo un mejor desarrollo de las raíces y mejorando la utilización eficiente del agua y los nutrientes. Sin embargo, estos

hallazgos deben validarse en un amplio espectro de condiciones hidrológicas y en presencia de distintos grados de compactación. Además, también se debe evaluar la durabilidad de la práctica de descompactación en el campo (Mogadouro 2012).

3. MARCO METODOLÓGICO

Este documento se elaboró a través de bibliografía utilizando muchas fuentes, incluidas tesis de pregrado y posgrado, artículos científicos de alto impacto, revistas, libros indexados, sitios web y estudios de investigación.

De acuerdo a las técnicas de investigación, la metodología que se empleó en este trabajo fue de tipo exploratoria y explicativa. Exploratoria porque se centró 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.

Luego de seleccionar información de diferentes fuentes, se realizó análisis, síntesis y síntesis con el objetivo de obtener información relevante al tema de investigación y extraer conclusiones que cumplan con los objetivos. El propósito es claro y fácil entendimiento para el lector, sobre la descripción de las herramientas de mecanización agrícola utilizadas en la labranza de conservación.

4. RESULTADOS

Existen diversos métodos de cultivo del suelo, entre los cuales uno de los más eficaces es la labranza de conservación. Los fundamentos de la labranza de conservación respaldan la preservación del suelo, el aumento de la productividad y la fomentación de la sostenibilidad agrícola.

Los implementos agrícolas mencionados, incluyendo el arado de cincel con órganos rígidos y flexibles, los escarificadores, los subsoladores, el

paraplow, el paratill, el cultivie y el ecoltier, junto con los dispositivos que efectúan labores combinadas, son comúnmente empleados en prácticas agrícolas de conservación del suelo.

La actividad agrícola tiene un impacto de baja magnitud en las propiedades físicas del suelo arado, el cual varía según el tipo de equipo utilizado y la profundidad de labranza. La tasa de infiltración se incrementó ligeramente, en cerca de una unidad, como consecuencia del leve aumento en la porosidad del suelo trabajado con técnicas de conservación.

Aunque se han identificado ventajas medioambientales de la labranza de conservación, también se han observado inconvenientes asociados con esta práctica. Algunos de los aspectos destacados incluyen que la implementación de maquinaria para la labranza de conservación puede resultar costosa y requerir una cantidad considerable de mano de obra, especialmente para los pequeños productores.

En comparación con los métodos tradicionales de control de malezas y plagas, esta tecnología podría demandar una mayor cantidad de pesticidas y herbicidas. Además, los beneficios iniciales de la labranza de conservación pueden ser observados únicamente a largo plazo, y este enfoque puede contribuir a la emisión de gases de efecto invernadero, como el metano (CH₄) y el óxido nitroso (N₂O).

5. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Se disponen de múltiples enfoques para la preparación del suelo, destacando la labranza de conservación como uno de los procedimientos más eficaces. Los principios de la labranza de conservación apoyan la preservación del suelo, el aumento de la productividad y la promoción de la sostenibilidad agrícola, como lo destaca Pinto (2021), en el que la labranza de conservación implica la integración de prácticas agronómicas, biológicas y mecánicas que mejoran la calidad del suelo al adherirse a tres principios técnicos críticos: mínima alteración mecánica del suelo (como la siembra sin labranza); cobertura

permanente del suelo, especialmente mediante el uso de residuos de cultivos y cultivos de cobertura; y selección estratégica de rotación de cultivos e integración de múltiples sistemas de cultivo, agrosilvicultura y ganadería.

Estos sistemas revelan que a medida que mejora la calidad del suelo, hay una correspondiente mejora en la productividad agrícola y una disminución en los procesos de erosión del suelo. Los implementos mencionados, tales como el arado de cincel con órganos rígidos y flexibles, los escarificadores, los subsoladores, el paraplow, el paratill, el cultivie y el ecoltier, así como los dispositivos que realizan labores combinadas, son ampliamente utilizados en la implementación de técnicas de conservación del suelo en la agricultura; esto lo detalla Rodríguez *et al.* (2017), que los principales instrumentos utilizados en las labores de labranza primaria vertical abarcan herramientas tales como cinceles, escarificadores, subsoladores, paraplaws, paratills, cultivadores y cultivadores ecológicos.

La actividad agrícola ejerce un impacto de baja magnitud sobre las propiedades físicas del suelo arado, que varía según el tipo de maquinaria empleada y la profundidad de labranza. La tasa de infiltración experimentó un ligero aumento, de aproximadamente una unidad, debido al ligero aumento de la porosidad del suelo resultante de las técnicas de conservación, lo que contribuye a la producción de cultivos. Las prácticas de labranza convencionales han planteado desafíos al rendimiento de los cultivos al reducir significativamente la productividad del suelo mediante alteraciones en sus propiedades. Según Del Rey (2021) el uso de biofertilizantes, enmiendas orgánicas, prácticas de labranza de conservación, rotación de cultivos y uso a largo plazo de cultivos de cobertura contribuyen a la restauración de las poblaciones microbianas del suelo y, en última instancia, mejoran la calidad y la fertilidad del suelo.

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

3.1. CONCLUSIONES

Objetivo 1: Detallar los beneficios que brinda la utilización de aperos en la labranza de tipo conservacionista en la agricultura.

Implementar el uso de instrumentos de labranza conservacionista posibilita la mitigación o prevención de daños, el mantenimiento o la mejora de las propiedades físico-químicas del suelo, la optimización del uso del agua, la reducción del consumo de combustibles y lubricantes, un aumento en la productividad o rendimiento del trabajo, además de una mayor eficiencia y eficacia económica en comparación con la labranza convencional.

La práctica de la labranza de conservación, en contraste con métodos intensivos, presenta beneficios significativos que incluyen la mejora o preservación del contenido biológico de la capa superficial del suelo, la estabilidad de su estructura, el aumento de la retención de agua, la disminución de la erosión y la mejora de la calidad ambiental en términos generales.

La calidad de las propiedades físicas de los suelos se mejora mediante la práctica de la labranza de conservación, lo que conduce a una disminución de las emisiones de dióxido de carbono que contribuyen al efecto invernadero. Este sistema sostenible facilita la determinación de umbrales críticos en términos de indicadores de calidad física al asignar un mayor peso a los factores que contribuyen al aumento de la productividad en los cultivos. Sin embargo, la principal preocupación actualmente radica en la cada vez menor adopción de este enfoque, que, además de reducir los costos de producción, cuantifica los rendimientos económicos para los agricultores.

Objetivo 2: Describir la eficacia de los aperos y su utilización en la labranza de tipo conservacionista, en el rendimiento de los cultivos.

La eficacia ecológica, económica y tecnológica de la labranza de conservación está estrechamente asociada a la utilización adecuada y juiciosa de los tractores como fuente de energía, además del diseño y características técnicas de dichos tractores.

La preparación del suelo implica operaciones con maquinaria agrícola para crear condiciones óptimas de crecimiento de plantas. Estas operaciones mejoran las condiciones del suelo para favorecer el crecimiento de las plantas.

3.2. RECOMENDACIONES

Emplear maquinarias y aperos agrícolas para cultivar extensas áreas de terreno, lo que aporta mayor ahorro y rentabilidad.

Implementar campañas que prioricen la labranza conservacionista, ya que es una implementación oportuna y entre otros factores, mejoran la resiliencia del suelo.

Capacitar a los agricultores sobre la importancia de la utilización de implementos, especialmente los diferentes tipos de aperos, para que mejoren las características del suelo.

Realizar ensayos de campo para comparar la utilización de los diferentes tipos de aperos conservacionistas versus implementos tradicionalistas, en función de las características resultantes de su implementación en el suelo con esos dos métodos de labranza en función del rendimiento del cultivo.

7. REFERENCIAS Y ANEXOS

4.1. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Aciego, J., Borges, D., Rojas, J. 2015. Efecto de los sistemas de labranza conservacionista sobre la dinámica de poblaciones microbianas de un suelo degradado del estado Yaracuy. *Venesuelos*, 3(2), 73-82. Disponible en http://saber.ucv.ve/ojs/index.php/rev_venes/article/view/1060

Albiero, Daniel, da Silva-Maciel, Antonio J., & Tunussi, Renan D. 2018. Características del suelo en respuesta al uso de la herramienta de labranza conservacionista Paraplow Rotatorio. *Agrociencia*, 45(2), 147-156. Recuperado en 03 de marzo de 2024, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-31952011000200001&lng=es&tlng=es

Alonso-Báez, Moisés, López-Guillen, Guillermo, & Grajales-Solís, Manuel. 2023. Mejoramiento de las propiedades hidráulicas del suelo en el cultivo de soya mediante el subsuelo. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 14(5), 78-89. Epub 15 de septiembre de 2023. <https://doi.org/10.29312/remexca.v14i5.3102>

Alvarado Chaves, A. 2023. Mecanización agrícola ¿Deterioro o conservación del suelo? Tecnología en Marcha. Vol. 19-1. Disponible en https://revistas.tec.ac.cr/index.php/tec_marcha/article/view/24/23

Álvarez Arias, J., Caicedo Camposano, O., Salas Macías, C. 2020. Sistemas de labranza y su incidencia sobre híbridos de maíz cultivado Tillage systems and their incidence on cultivated maize hybrids. *Revista Killkana Técnica*. Vol, 4(2). Disponible en https://killkana.ucacue.edu.ec/index.php/killkana_tecnico/article/view/692/867

Andrade, F. H., Taboada, M. A., Lema, R. D., Maceira, N. O., Echeverría, H. E., Posse Beaulieu, G., ... & Mastrangelo, M. E. (2019). Los desafíos de la agricultura argentina: satisfacer las futuras demandas y reducir el impacto ambiental. Ediciones INTA. Disponible en <https://repositorio.inta.gob.ar/handle/20.500.12123/2149>

Asaquibay C., Narvaez G., Villavicencio A. 2021. Labranza cero en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum*). Una alternativa tecnológica que permite recuperar y

dar viqa a un suelo erosionado. Artículos del Libro de Memorias Del Simposio De Agroecología. (pp. 35-36). Riobamba, Ecuador. Disponible en <https://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/5880>

Avilés, D. V., Icaza, M. O., Hernandez, C. M., & Avila, F. S. 2023. Labranza mecanizada y fertilización del suelo: efectos sobre el comportamiento agronómico y productividad del cultivo de maíz (*Zea mays* L.). *Ciencia y Tecnología*, 16(1), 1-11. Disponible en <https://revistas.uteq.edu.ec/index.php/cyt/article/view/650/778>

Borroto, O. P. 2015. Medidas de conservación para suelos potencialmente erosionables. *Red cubana deficiencias*. Recuperado de: <http://www.bibliociencias.cu/gsdll/collect/tesis/index/assoc/HASH8ec4.dir/doc.pdf>. Disponible en <https://n9.cl/m8e01>

Cabrera Aguilera, K. E. 2022. *Eficiencia del Subsolador para la preparación de suelo, y su beneficio en los cultivos de siembra directa* (Bachelor's thesis, BABAHOYO: UTB, 2022. Disponible en <http://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/13186/E-UTB-FACIAG-ING%20AGRON-000444.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Contessotto, E. E. 2020. *Esfuerzo de tracción en laboreo vertical sobre suelos bajo siembra directa* (Doctoral dissertation, Universidad de Buenos Aires. Facultad de Agronomía. Escuela para Graduados). Disponible en <http://ri.agro.uba.ar/greenstone3/library/collection/tesis/document/2021contessottoenriqueernesto;jsessionid=1E0FD FEADD1ADAFBB2FEB6B11D35F327>

Cruz Díaz, M. 2014. Diseño de un nuevo apero para la labranza conservacionista en caña de azúcar. Disponible en <https://ojs.edicionescervantes.com/index.php/IAgric/article/view/851/965>

Cruz, C. M. A., Urdiain, C. S., & Murcia, G. 2012. Efecto del sistema de labranza conservacionista en las propiedades de los suelos de ladera en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum*). *Ingeniería y Región*, (9), 83-92. Disponible en <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5432236>

Cuevas Milán, H., Rodríguez Hernández, T., Paneque Rondón, P., Herrera Prat, M. 2004. La labranza consevacionista y sus gastos energéticos *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, vol. 13, núm. 2, p. 13 Universidad Agraria de La Habana Fructuoso Rodríguez Pérez La Habana, Cuba. Disponible en <https://www.redalyc.org/pdf/932/93213207.pdf>

Del Rey, J. C. (2021). *Estudio, desarrollo y aplicación de técnicas de agricultura de precisión en maquinaria agrícola* (Doctoral dissertation, Universidad de Córdoba (ESP)). Disponible en <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=290722>

Durán García, H., Aguirre Rivera, J., Charcas Salazar, H. 2002. Tendencias de la mecanización agrícola en el estado de san luis potosí, México. *Interciencia*, 27(6), 307-311. Recuperado en 14 de enero de 2024, de http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-18442002000600006&lng=es&tlng=es.

Escajadillo Paredes, P. 2023. Influencia del Rhizobium y labranza de conservación en la producción de arveja en verde (*Pisum sativum* L.), Ayacucho. Disponible en <https://repositorio.unsch.edu.pe/handle/UNSCH/5766>

Fernández, H. C., & Mendoza, Z. M. 2020. Demanda tractiva en función de la resistencia mecánica del suelo a la penetración. Disponible en <https://acortar.link/x6olxT>

Friedrich, T. 2017. Manejo sostenible de suelo con Agricultura de Conservación. Significado para el cultivo de arroz. *Ingeniería Agrícola*, 7(1). Disponible en <https://openurl.ebsco.com/EPDB%3Agcd%3A8%3A3690952/detailv2?sid=ebsco%3Aplink%3Ascholar&id=ebsco%3Agcd%3A121340471&crl=c>

Gómez-Calderón, Natalia, & Estrada-León, Raciél Javier. 2020. Conservación de suelos mediante la modificación de la frecuencia de labranza: un caso en Costa Rica. *Revista de Ciencias Ambientales*, 54(1), 123-139. <https://dx.doi.org/10.15359/rca.54-1.7>

Gómez-Calderón, Natalia, Villagra-Mendoza, Karolina, & Solorzano-Quintana, Milton. 2018. La labranza mecanizada y su impacto en la conservación del suelo (revisión literaria). *Revista Tecnología en Marcha*, 31(1), 167-177. <https://dx.doi.org/10.18845/tm.v31i1.3506>

González Marrero, J. 2018. Aperos de labranza ecocompatibles para un desarrollo local sostenible. *Ojeando la Agenda*, (54), 4. Disponible en <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6639417>

Guecaimburu, Juan Martín; Introcaso, Rafael; Vázquez, Juan Manuel; Rojo, Veronica; Reposo, Gisela Paola. 2019. Persistencia de la descompactación del suelo realizada con escarificadores de montantes angulados en sistemas de siembra directa; Universidad de Concepción; Chilean Journal of Agricultural and

Animal Sciences; 30; 2; 8-2014; 109-115 Disponible en <https://ri.conicet.gov.ar/handle/11336/42992>

Hernández, J. S. 2022. Abonos orgánicos y siembra del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) con labranza cero y riego por goteo en La Molina. Disponible en <https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/5329/rosas-hernandez-jakes-smith.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Homer, I., & Casanova, M. 2011. UCHILE. Labranza de conservación en laderas. Disponible en https://www.researchgate.net/profile/Ian-Homer/publication/268871052_Labranza_de_conservacion_en_laderas/links/5479d5f70cf293e2da2b5af4/Labranza-de-conservacion-en-laderas.pdf

Komolafe, O. 2022. Impacto de dos prácticas de labranza en determinadas propiedades del suelo, crecimiento y rendimiento del maíz en un Ultisol de Nigeria. *Peruvian Journal of Agronomy*, 6(2), 123-131. Disponible en <https://revistas.lamolina.edu.pe/index.php/jpagronomy/article/view/1933/2452>

Lacerda, A. R. 2020. *Levantamento de potência requerida para Paraplow Rotativo utilizando motor elétrico* (Doctoral dissertation, [sn]). Disponible en <https://seer.tupa.unesp.br/index.php/BIOENG/article/view/2>

Lauric, M. A., De Leo, G., Cerda, C. C., & Torres Carbonell, C. A. 2023. Efectos de la utilización del cincel sobre la producción de una pastura implantada de agropiro en un ambiente semiárido. Estudio de caso. Comunicación= Use of the cincel on an implanted pasture of *Thinopyrum ponticum* in a semi-arid environment. Case study. Communication. Disponible en <https://repositorio.inta.gob.ar/handle/20.500.12123/15305>

Macao, J. A. 2023. *Diseño y simulación de elementos mecánicos de un equipo prototipo semiautomático para el arado y la siembra de maíz* (Bachelor's thesis). Disponible en <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/26055/1/TTS1567.pdf>

Martínez Cañizares, J., Wong Barreiro, M., García Lamas, J., Rodríguez González, A. 2015. Caracterización preliminar de tecnologías de labranza de suelo *Revista Ingeniería Agrícola*, vol. 5, núm. 1, enero-marzo, 2015, pp. 8-13 Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola La Habana, Cuba. Disponible en <https://www.redalyc.org/pdf/5862/586261424002.pdf>

Mejías Brito J.; J.A. Martínez; I. Macías. 2013. Impacto ambiental de la introducción de un prototipo agrícola para la labranza de conservación, DELOS:

Desarrollo Local Sostenible, Vol 6, N° 16. Disponible en https://alimentacion.conahcyt.mx/glifosato/descargables/alternativas/practicas/articulos-cientificos/04_Manejo%20Mecanico/Copia%20de%20Mejias-Brito,%20J.%20A.%20et%20al.,%202013.pdf

Mendoza, J. A. L., & Guzmán, L. P. H. 2023. Efectos de seis sistemas de labranza en el cultivo de arroz (*Oryza sativa* L.) en el valle del Sinú en Colombia. Disponible en <https://repositorio.unicordoba.edu.co/server/api/core/bitstreams/6e0bbd70-53df-4cd0-b844-eea337a96d0f/content>

Mogadouro, J. (2012). Efecto de un labor con paratill y de la orientación de las líneas de siembra sobre el contenido de agua del suelo y el rendimiento de maíz. Disponible en <https://repositorio.unrc.edu.ar/xmlui/handle/123456789/71638>

Ohep, C., Marcano, F., Pudzzar, S., Colmenárez, C. 2002. Efectos de la labranza conservacionista en los atributos físicos del suelo que influyen sobre el rendimiento del maíz. *Bioagro*, 14(1), 37-45. Disponible en <https://www.redalyc.org/pdf/857/85714106.pdf>

Palma Pincay, John Henry. 2021. Efectos de la labranza convencional sobre la calidad de los suelos en la estación experimental Tunshi-Epoch. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba. Disponible en <http://dspace.esepoch.edu.ec/bitstream/123456789/16549/1/13T00981.pdf>

Pinto Falconí, L. 2021. Mecanización para la agricultura sostenible: los enfoques tecnológicos en la agricultura y el cambio de énfasis de labranza convencional a conservacionistas. Disponible en <http://190.15.129.146/bitstream/handle/49000/9182/E-UTB-FACIAG-ING%20AGROP-000114.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Pla, I. y S. Nacci. 2001. Impacts of mechanization on surface erosion on mass movements in vineyards of the Anoia-Alt Penedés Area (Catalonia, Spain), In: Scott et al. (eds.). *Sustaining the Global Farm*. Purdue Univ. West Lafayette, IN. pp. 812-816. Disponible en <https://topsoil.nserl.purdue.edu/nserlweb-old/isco99/pdf/ISCOdisc/SustainingTheGlobalFarm/P085-Sentis.pdf>

Poma Roca, J. G. 2020. Labranza conservacionista y mulch en el rendimiento de maíz amarillo duro (*Zea mays* L.), Variedad Marginal 28 T, Pichari 550 msnm, Cusco. Disponible en <https://repositorio.unsch.edu.pe/xmlui/bitstream/handle/UNSCH/4547/TESIS%2>

0AF14_Pom.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Rodríguez Ávila, J., Contreras Milán, Y., Rodríguez Morales, S., Herrera Suárez, M. 2017 Nuevo apero para la cosecha semimecanizada de raíces reservantes, tubérculos y rizomas Revista Ingeniería Agrícola, vol. 3, núm. 3, pp. 26-28 Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola La Habana, Cuba. Disponible en <https://www.redalyc.org/pdf/5862/586262038006.pdf>

Salazar Mora, L. J. 2022. Prácticas agronómicas para mejoras de suelos en cultivos agrícolas en la provincia de Los Ríos. Disponible en <http://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/11307/E-UTB-FACIAG-ING%20AGRON-000356.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Sánchez Cruz, J. A. 2015. Descripción y características de la maquinaria y equipo agrícola utilizado en el sistema de labranza de conservación. Disponible en

<http://www.repositorio.uaaan.mx:8080/bitstream/handle/123456789/5726/T14520%20SANCHEZ%20CRUZ%2C%20JOSE%20ALFREDO%20%20TESIS.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Sánchez Vásquez, M. G. 2022. *Respuesta agronómica de dos variedades de maíz suave a tres tipos de labranza y fertilización nitrogenada en la comunidad Quisacoto, cantón San Miguel de Bolívar* (Bachelor's thesis, Guaranda. Universidad Estatal de Bolívar. Facultad de Ciencias Agropecuarias, Recursos Naturales y del Ambiente. Carrera de Ingeniería Agronómica). Disponible en <https://dspace.ueb.edu.ec/bitstream/123456789/4060/3/TESIS%20MILTON%20SANCHEZ.pdf>

Sarmiento-Sarmiento, Guido, Peña-Dávila, José, & Medina-Dávila, Héctor. 2022. IMPACTO DE TRES SISTEMAS DE LABRANZA EN LA FERTILIDAD DE UN SUELO ENTISOL EN ZONAS ARIDAS. *Chilean journal of agricultural & animal sciences*, 38(1), 104-113. <https://dx.doi.org/10.29393/chjaas38-10itgh30010>

Sepúlveda, F., Corradini, F., & Fuentes, F. 2023. Manual técnico: prácticas sustentables para un suelo agrícola saludable en la Región Metropolitana de Santiago. Disponible en <https://repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/10909>

4.2. ANEXOS



Figura 1. Labranza conservacionista



Figura 2. Coberturas que disminuyen la erosión del suelo



Figura 3. Cobertura con residuos vegetales



Figura 4. Preparación del terreno como labranza cero



Figura 5. Labranza mínima continua



Figura 6. Labranza mínima individual



Figura 7. Labranza reducida



Figura 8. Implemento para arado con cincel



Figura 9. Arado de escarificador



Figura 10. Implemento para arado de subsolador



Figura 11. Implemento para arado de paraplow



Figura 12. Implemento para arado de paratill



Figura 13. Labranza conservacionista



Figura 14. Modelo de apero de cincel