

# UCUENCA

## Universidad de Cuenca

Facultad de Ciencias Agropecuarias

Carrera de Agronomía

**Análisis comparativo de los efectos de la tracción animal y motorizada con labranza vertical del suelo en el cultivo de lechuga (*Lactuca sativa*) var crespa**

Trabajo de titulación previo a la obtención del título de Ingeniero Agrónomo

**Autor:**

Ana Gabriela Lazo Gutiérrez

**Director:**

Andrés Eduardo Arciniegas Fárez

ORCID:  0009-0008-3470-511X

**Cuenca, Ecuador**

2024-08-26

### Resumen

La presente investigación se realizó en la parroquia el Valle del cantón Cuenca respectivamente en el barrio Emilio Sarmiento. El objetivo fue evaluar el desarrollo fenológico del cultivo de lechuga respecto a su productividad, con el uso de tres herramientas de labranza (tracción motorizada, animal y labranza vertical). Se consideran como variables independientes a tres tratamientos: motoazada, yunta, azadilla. En momentos diferentes de labranza; labrado del suelo y al final del cultivo. Se evaluaron propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo bajo un diseño experimental en bloques completamente al azar (DBCA) con tres tratamientos y cinco repeticiones. En la cual la variable infiltración presento diferencias significativas. Al mismo tiempo se evaluaron variables fenológicas del cultivo de lechuga donde se encontraron diferencias significativas en la variable altura y peso, además el peso por metro cuadrado por unidad experimental fue mayor en el T1. Se calculo el tiempo de trabajo usado para realizar actividades agrícolas del cultivo donde se presentaron diferencias significativas. Finalmente se determinó los costos e ingresos por tratamiento para comprobar la rentabilidad del cultivo. Respecto a los costos totales de producción por tratamientos sobre sale uno de ellos. El proyecto resulto rentable según la relación beneficio costo con una mayor rentabilidad con el uso de la tracción motorizada seguida de los demás tratamientos.

*Palabras clave del autor:* tiempo, laboreo, rendimiento, lechuga, fenología



El contenido de esta obra corresponde al derecho de expresión de los autores y no compromete el pensamiento institucional de la Universidad de Cuenca ni desata su responsabilidad frente a terceros. Los autores asumen la responsabilidad por la propiedad intelectual y los derechos de autor.

**Repositorio Institucional:** <https://dspace.ucuenca.edu.ec/>

### Abstract

The present investigation was conducted in the Valle parish of Cuenca canton respectively in the Emilio Sarmiento neighborhood. The objective was to evaluate the phenological development of the lettuce crop with respect to its productivity, with the use of three tillage tools (motorized, animal and vertical tillage). Three treatments were considered as independent variables: motohoe, yunta, hoe. At different times of tillage; tilling the soil and at the end of cultivation. Physical, chemical and biological properties of the soil were evaluated under a completely randomized block experimental design (DBCA) with three treatments and five repetitions. In which the infiltration variable presents significant differences. At the same time, phenological variables of the lettuce crop were evaluated where significant differences were found in the variable height and weight, in addition the weight per square meter per experimental unit was higher in T1. The work time used to carry out agricultural activities of the crop was calculated where significant differences were presented. Finally, costs and income per treatment will be calculated to verify the profitability of the crop. With the use of motorized traction. Regarding the total production costs for treatments, one of the treatments stands out. The project was profitable according to the benefit-cost ratio with greater profitability with the use of motorized traction by the other treatments.

*Author keywords:* motorized traction, animal traction, yield, lettuce, phenology



The content of this work corresponds to the right of expression of the authors and does not compromise the institutional thinking of the University of Cuenca, nor does it release its responsibility before third parties. The authors assume responsibility for the intellectual property and copyrights.

**Institutional Repository:** <https://dspace.ucuenca.edu.ec/>

## Índice de contenido

<b>Resumen.....</b>	<b>2</b>
<b>Abstract .....</b>	<b>3</b>
<b>Dedicatoria .....</b>	<b>8</b>
<b>Agradecimientos.....</b>	<b>9</b>
<b>Introducción .....</b>	<b>10</b>
<b>1. Objetivos.....</b>	<b>12</b>
1.1 Objetivo general.....	12
1.2 Objetivos específicos .....	12
<b>2. Revisión Bibliográfica .....</b>	<b>13</b>
2.1 Labranza con tracción animal.....	15
2.2 Yunta .....	16
2.3 Labranza con tracción motorizada .....	17
2.4 Motoazada.....	17
2.5 Características de la Motoazada.....	18
2.6 Labranza vertical.....	18
2.6.1 Azadilla .....	19
3. Técnicas de cultivo .....	22
<b>4. Materiales y métodos .....</b>	<b>22</b>
4.1 Área de estudio.....	22
4.2 Métodos.....	24
4.3 Establecimiento del cultivo.....	24
4.4 Metodología para el objetivo 1: .....	25
4.5 Metodología para el objetivo 2: .....	27
4.6 Metodología para el objetivo 3: .....	28
<b>5. Diseño experimental.....</b>	<b>29</b>
5.1 Análisis estadístico .....	30
<b>6. Resultados .....</b>	<b>30</b>
<b>Objetivo específico 1 .....</b>	<b>30</b>
1. Densidad aparente.....	30
2. La porosidad .....	31
3. Dureza .....	31
4. pH.....	32
5. Conductividad eléctrica.....	32
6. Materia Orgánica .....	33
7. Infiltración .....	33

# UCUENCA

5

8. Textura .....	34
9. Estructura .....	35
<b>Objetivo específico 2:</b> .....	<b>35</b>
<b>1. Numero de hojas y longitud de la raíz principal</b> .....	<b>35</b>
2. Altura de la planta .....	35
3. Tiempo de trabajo .....	36
4. Peso en Kg/m <sup>2</sup> del cultivo .....	37
<b>Objetivo específico 3:</b> .....	<b>38</b>
1. Costos de producción .....	38
2. Utilidad neta .....	39
3. Relación beneficio costo: .....	40
4. Rendimiento por m <sup>2</sup> .....	40
<b>7. Discusión</b> .....	<b>41</b>
<b>8. Conclusiones</b> .....	<b>49</b>
<b>9. Referencias</b> .....	<b>53</b>
<b>10. Anexos</b> .....	<b>62</b>

### Índice de figuras

<b>Figura 1.</b> Superficie sembrada donde se utilizó maquinaria y herramientas para la preparación del suelo. Fuente: Modulo de información agroambiental y tecnificación agropecuaria (2021).....	15
<b>Figura 2.</b> Arado de madera Valles centrales de Oaxaca tomado de (Diego Nava et al., 2015). .....	16
<b>Figura 3.</b> Unión de bueyes para labranza (Creación de la autora).....	16
<b>Figura 4.</b> Manejo de motoazada (Sukampo , 2024).....	17
<b>Figura 5.</b> Tipos de aperos para la agricultura creación autora .....	18
<b>Figura 6.</b> Partes de una azadilla (Puerto Alba, 2019) .....	19
<b>Figura 7.</b> Área de estudio (Adaptado del Departamento de Catastros, Municipio de Gualaceo) .....	23
<b>Figura 8.</b> Evaluación de variables fenológicas según días del cultivo (Saavedra et al,2017) .....	28
<b>Figura 9.</b> DBCA (creación autor) .....	29
<b>Figura 10.</b> Densidad aparente evaluada bajo tres tratamientos diferentes: Motoazada, Yunta y Azadilla durante la labranza y Post-labranza del cultivo. ....	30
<b>Figura 11.</b> Porosidad evaluada bajo tres tratamientos diferentes y momentos de labranza.31	
<b>Figura 12.</b> Dureza evaluada bajo tres tratamientos motoazada, yunta, azadilla .....	31
<b>Figura 13.</b> pH evaluado bajo tres tratamientos en diferentes tiempos de medición. ....	32
<b>Figura 14.</b> Conductividad Eléctrica evaluada bajo tres tratamientos diferentes .....	32
<b>Figura 15.</b> Materia Orgánica evaluada bajo tres tratamientos distintos en diferentes momentos de labranza.....	33
<b>Figura 16.</b> Infiltración evaluada bajo diferentes tratamientos en Labranza. ....	34
<b>Figura 17.</b> Infiltración evaluada en diferentes tratamientos en Post-labranza .....	34
<b>Figura 18.</b> Variables fenológicas evaluadas bajo tres tratamientos .....	35
<b>Figura 19.</b> Rendimiento del cultivo bajo tres tratamientos .....	41

## Índice de tablas

<b>Tabla 1.</b> Características de la Motoazada.....	17
<b>Tabla 2.</b> Características de la Motoazada.....	¡Error! Marcador no definido.
<b>Tabla 3.</b> Contenido nutritivo en 100g de lechuga (Vera,2008) .....	21
<b>Tabla 4.</b> Características iniciales físico-químicas del área de estudio (Creación de la autora) .....	25
<b>Tabla 5.</b> Precios iniciales .....	38
<b>Tabla 6.</b> Costos de producción tratamiento 1.....	38
<b>Tabla 7.</b> Costos de producción tratamiento 2.....	39
<b>Tabla 8.</b> Costos de producción tratamiento 3.....	39
<b>Tabla 9.</b> Utilidad neta de la investigación por diferentes tratamientos.....	39
<b>Tabla 10.</b> Relación beneficio/costo en diferentes tratamientos .....	40

## Dedicatoria

Este trabajo dedico primeramente a Dios por brindarme salud, sabiduría y fortaleza necesaria para vencer todos los obstáculos presentados hasta permitirme llegar a esta etapa de la carrera, en segundo lugar, dedico a mis padres Luis y Ana quienes han sido un pilar fundamental en este trayecto porque han sido mi fortaleza y motivo para lograr una meta más en mi vida. A mi abuelita Regina que siempre me motivo con sus concejos para salir adelante. A mis Tíos Ezequiel y Manuela quienes me apoyaron constantemente para alcanzar este logro y a mis Tíos Manuel y Verónica por brindarme sus concejos para terminar esta meta y por creer en mí. A mi segunda familia Mariana, Melina, Adrián y Kira por apoyarme con sus sabios concejos para alcanzar esta meta.

A mi novio y amigo David por estar conmigo en aquellos momentos en que el estudio y el arduo trabajo de campo ocuparon mi tiempo y esfuerzo, te agradezco por tu ayuda, apoyo y confianza incondicional y por el gran amor, cariño que me has brindado en estos últimos años para lograr culminar una de varias metas en mi vida.

**Gabriela Lazo**

## Agradecimientos

Agradezco a la Universidad de Cuenca por haberme dado la oportunidad de estudiar y formarme para ser una excelente profesional. A mis docentes por haberme impartido conocimientos, experiencias y sobre todo el apoyo brindado durante toda la carrera universitaria. Agradezco a mi director de tesis Ing. Andrés Arciniegas, Ing. Hugo Cedillo e Ing. Fernando Bermúdez por los conocimientos brindados, orientación, apoyo y confianza entregada como unos grandes docentes durante el desarrollo de esta investigación que con su vocación me han enseñado el verdadero trabajo duro de labrar la tierra y el valor de la Agronomía. También agradezco a los Ingenieros Adriana Tenezaca y Oswaldo Galarza por su gran apoyo brindado para culminar esta meta y sin falta a la Ing. Amanda Suqui por la paciencia que tuvo por apoyarme a realizar esta investigación.

A mi abuelita Regina por brindarme el área de terreno para llevar a cabo esta investigación.

A mi novio David que, con su ayuda, esfuerzo y su paciencia hizo que no me rindiera a culminar esta meta.

A mis amigas Jennifer, Kerly y Nathaly, por brindarme su amistad durante estos años y por su gran apoyo y consejos para llegar a culminar esta etapa. También a mis amigos Juan y Franklin, Katherine, Juliana y Evelin por su gran apoyo y esfuerzo para culminar esta investigación.

**Gabriela Lazo**

### Introducción

La agricultura a lo largo del tiempo ha experimentado varios cambios significativos influenciados por varios factores que se han dado por los avances tecnológicos, prácticas agrícolas al momento de labrar el suelo y la evolución de las necesidades de los agricultores al momento de cultivar, algunas de estas prácticas han degradado el suelo con distintas labores agrícolas afectando la calidad de infiltración, capacidad de retención del agua, disponibilidad de nutrientes, contenido de materia orgánica y la productividad de cultivos de interés (Gomez, Villagra, & Solorzano, 2018). El suelo al ser un recurso renovable y dinámico en el cual coexisten seres vivos, tiene propiedades físicas, químicas y biológicas que al momento de realizar un manejo y establecimiento de cultivos de interés con el uso de la labranza tradicional ha generado cambios en sus propiedades, acompañado de efectos negativos en el rendimiento de los cultivos. Además de observar pérdidas de este recurso por labrar excesivamente generando altos niveles de compactación lo cual hace que aumente su erosión en un mayor grado y haciéndose más visible el deterioro de los cultivos (Boada & Espinosa, 2016). En Ecuador, factores climáticos han favorecido la pérdida del suelo como es el caso de la cuenca del Río Paute en donde se identificó la degradación de suelo en rangos de 144 Tn/ha/año para suelos en barbecho y 87.33 Tn/ha/año para los terrenos de los agricultores de la zona (Bermúdez, y otros, 2007). Además, está comprobado que el uso de la mecanización agrícola y el uso de agroquímicos ocasionan impactos negativos en el suelo donde el mayor problema que sobresale es la erosión con el desgaste físico, pérdida nutrimental y actividad microbiana comprometiendo a la fertilidad y productividad del recurso suelo (Suquilanda, 2008). El empleo intensivo de labranza convencional, consiste en voltear el suelo usando maquinaria agrícola, el invertir la capa arable del suelo, afecta su estructura y promueve su compactación (Alvarado, 2008). Según los estudios realizados de (Guilcamaigua & Chancusig, 2008), afirman que el uso continuo de implementos de labranza como rastras de discos y el tractor agrícola por su potencia y peso provocan la rotura de los macroporos. Al ser un método para la agricultura tiene beneficios como la rapidez, pero un contra la contaminación ambiental y costos elevados (Dafonte, y otros, 2019).

Sin embargo, en Ecuador también se hace uso de los animales de tiro para labrar el suelo. Según (FAO, 2016) el uso de animales de tiro, está en un rango del 6% para la preparación del suelo. No obstante, la tracción animal ha estado desatendida durante mucho tiempo por la innovación de la maquinaria agrícola (El Universo, 2004). La labranza vertical permite un ahorro de energía reduciendo pérdidas del suelo y agua en un 20-50%. Labrar la tierra es un punto de partida para utilizar herramientas manuales y la tracción animal sobre yuntas con el arado de palo, contar con estas herramientas hacen que la labranza, sea más eficiente por la disminución de costos, la mejora en la calidad de los cultivos y del medio ambiente (Castellanos, 2012). Es importante considerar que el área que ocupa el cultivo de hortalizas y cultivos andinos a nivel nacional oscila entre 11.991 ha de terreno en producción (Sistema de Información Pública Agropecuaria del Ecuador (SIPA), 2021). Puesto que al implementar un cultivo como la lechuga se debe considerar la preparación del suelo, realizando una nivelación y labranza secundaria con arados a profundidades de 30 a 40cm, incorporando material orgánico, el trasplante se debe realizar con distancias entre surcos de 0.30m y entre plantas de 0.25cm (Ortega, 2013). Asimismo, es necesario conocer la fenología de los cultivos de mayor demanda y aceptación en el mercado (Zea et al., 2020). Las cadenas de valor alimentaria en el sector hortícola del Ecuador en los cultivos de lechuga, brocoli, zanahoria y tomate de mesa permiten conocer y mejorar la situación del sector agrícola-hortícola impulsando el desarrollo económico en distintos eslabones mejorando la eficiencia de la cadena hortícola (Córdova et al., 2019).

El presente estudio se realizó en la parroquia el Valle perteneciente al cantón Cuenca ya que en dicho lugar se labra la tierra con el uso del arado de palo, la presente investigación busca comparar los efectos de la tracción animal y motorizada con labranza vertical del suelo en el cultivo de lechuga.

## 1. Objetivos

### 1.1 Objetivo general

Analizar los efectos de la tracción animal y motorizada en labranza vertical del suelo en el cultivo de lechuga (*Lactuca sativa* var. crespá) en la parroquia rural El Valle del Cantón Cuenca.

### 1.2 Objetivos específicos

- Evaluar las posibles diferencias entre las características físicas, químicas y biológicas del suelo tras la aplicación de métodos de labranza vertical con tracción animal y motorizada.
- Evaluar el desarrollo y productividad del cultivo respecto a la labranza vertical con tracción animal y motorizada.
- Comparar los costos de producción del cultivo, respecto a la labranza vertical con tracción animal y motorizada.

## 2. Revisión Bibliográfica

La producción agrícola en el Ecuador se ha convertido en uno de los pilares fundamentales para la economía ecuatoriana ya que ha tenido grandes transformaciones debido al manejo de la agricultura tradicional lo que desgasta el suelo generando daños en sus propiedades ocasionando disminución en la fertilidad y rendimiento de cultivos de interés, factores climáticos han favorecido la pérdida del suelo (Llanga et al., 2023). Cabe indicar que en la cuenca del Río Paute, sub cuenca del Burgay en la Microcuenca de Cachihuayco se identificó la degradación del suelo entre 144 Tn/ha/año para suelos en barbecho y 87.33 Tn/ha/año para los terrenos de los agricultores y en parcelas con una degradación del 56.02 Tn/ha/año lo que provoca pérdida de fertilidad en los suelos de cultivo afectando el nivel de ingresos de los agricultores (Bermúdez, y otros, 2007). Con el transcurso del tiempo la agricultura ha evolucionado por el ingreso de las nuevas tecnologías para distintos tipos de laboreo. Según (Márquez et al., 2021) en Ecuador el uso del suelo en el sector rural se encuentra según su uso como cultivos transitorios, barbecho, descanso, pastos cultivados, pastos naturales, montes y bosques, páramos. Además, la superficie de labor agropecuaria en el 2020 fue de 5.2 millones de hectáreas.

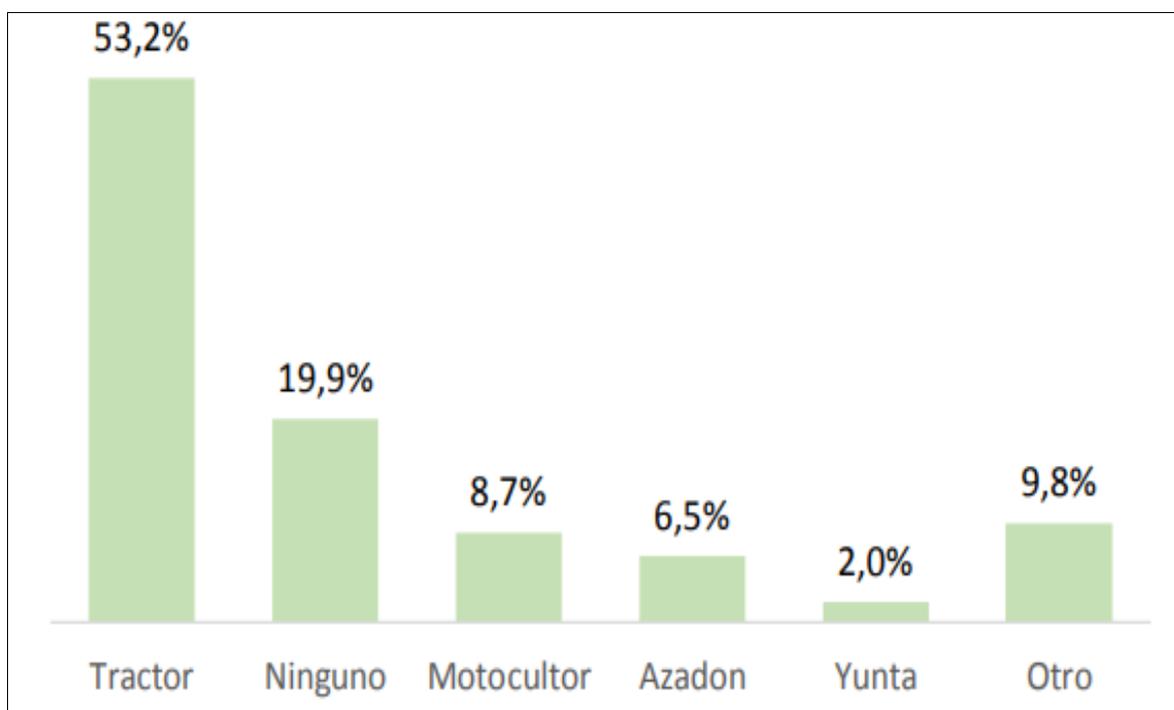
En el transcurso del tiempo la evolución de la agricultura se ha dado por los avances tecnológicos como el uso la mecanización agrícola según (Pérez De Corcho Fuentes et al., 2017) menciona que es un concepto amplio en el cual se hace uso de máquinas para realizar tareas u operaciones relacionadas a la producción agrícola, este tipo de avance ha atraído la atención de los agricultores mejorando la oportunidad de las operaciones de campo, alta eficiencia, productividad y reducción de trabajos pesados. Conjuntamente abarca una gran gama tecnológica con la aplicación de ayudas mecánicas desde las herramientas manuales, pasando por animales de tiro y el equipo de uso hasta las maquinas motorizadas , la cual reduce el trabajo físico humano integrando operaciones agrícolas mediante procesos mecánicos para sembrar y cosechar aumentando rendimientos considerablemente en la producción de un cultivo y por ende la economía del agricultor (Cortés et al., 2009).

La mecanización es un conjunto de recomendaciones para la tecnificación de la agricultura según los estudios de (Orbe & Plaza, 1988) destacan que en Ecuador se requiere importación de maquinaria y equipos agrícolas para desarrollar de mejor forma los recursos de producción, sin embargo, la adquisición de maquinaria se ha venido realizando sin considerar aspectos técnicos por lo que ha incidido negativamente en la obtención de la maquinaria, eficiencia de trabajo y costos de maquinaria.

La labranza es una secuencia de actividades que a través del tiempo deben conducir a la formación de un suelo óptimo pues al realizar el laboreo mecánico la capa arable se ve modificada afectando el almacenamiento, disponibilidad de agua y nutrientes para las raíces (López-Santos et al., 2012). El empleo intensivo de labranza convencional, consiste en voltear el suelo usando maquinaria agrícola, el invertir la capa arable, afecta su estructura y promueve su compactación el uso de implementos de disco como rastras, rastrillos y pulidores remueven la superficie del suelo, pero el número de pases de 4 a 8 ocasiona pérdidas del suelo de 10t/ha anuales generando alta compactación y degradación (Agronet , 2021). El principal impacto de este tipo de labranza se da en la porosidad afectando severamente los macroporos, encargados de facilitar las interconexiones para un adecuado movimiento de agua infiltrada a través del perfil, intercambio gaseoso y de propiciar un espacio adecuado para el crecimiento de las raíces por lo que esta labranza es evaluada por medio de la compactación, sin embargo una forma de minimizar el impacto de dicha labranza es utilizar métodos de labranza menos agresivos como lo menciona (Gómez-Calderón et al., 2018) en su estudio en el cual dice que la labranza vertical implica el uso de implementos que rompe el suelo de forma vertical sin voltearlo lo que facilita la infiltración sin dañar la estructura del recurso edáfico.

Un prerrequisito fundamental para una mayor producción en los cultivos es la presencia de óptimas condiciones en el medio edáfico tomando en cuenta el cultivo a implementarse lo cual inicia con una correcta preparación del terreno antes de comenzar un nuevo ciclo de cultivo, en el país se estima que el 80% de la superficie cultivada utilizo maquinaria o algún

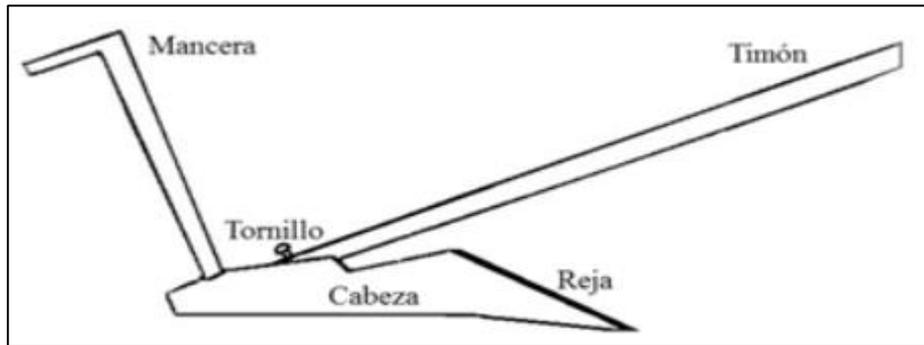
tipo de herramienta para el manejo del suelo, mientras que el 19.9% de la superficie de cultivos transitorios no se utilizó ningún tipo de maquinaria (Márquez et al., 2021.)



**Figura 1.** Superficie sembrada donde se utilizó maquinaria y herramientas para la preparación del suelo. Fuente: Modulo de información agroambiental y tecnificación agropecuaria (2021).

### 2.1 Labranza con tracción animal

El uso de animales de tiro es una tecnología ancestral ya que aumenta la fuerza de trabajo del agricultor permitiendo llevar a cabo diversas tareas como la diversificación de los cultivos y aumentar la superficie de estos, esta tecnología ancestral no tiene ninguna inversión de combustible ya que los animales utilizados para llevar a cabo esta práctica son rumiantes, aportando velocidad en el trabajo (Font & Rodríguez, 2013). Este tipo de labranza es una alternativa viable en términos de mayor eficiencia y uso de energía, durante la labranza quien maneja el arado de madera realiza maniobras para mantener una profundidad uniforme de penetración de la reja y la dirección de avance en las operaciones con el fin de garantizar la calidad de laboreo de la tierra (Diego Nava et al., 2015).



**Figura 2.** Arado de madera Valles centrales de Oaxaca tomado de (Diego Nava et al., 2015).

## 2.2 Yunta

El uso de la yunta la cual consta de dos bueyes o toros, un yugo de madera el cual une a los animales, un arnés para sujetar el yugo además del apero tipo reja el cual consta de un timón ya que permite maniobrar la dirección del implemento (Montoya, 2016). Según (Meier & Ledgard Jimenez, 1993) mencionan en su estudio que el arado tradicional que se maneja en países latinoamericanos la fuerza que se desarrolla por el peso de la yunta es del de 8% y las labores que se pueden realizar con la tracción de bovinos son de aradura, rastra, surcado y aporque, siembra, cosecha. Además, recalcan que el requerimiento de fuerza es variable por las labores agrícolas y depende de factores tales como la humedad del suelo, textura, profundidad, diseño y estado del implemento a usar. El animal de tracción convierte la energía de sus alimentos en trabajo útil para el agricultor (Ortega, 2014).



**Figura 3.** Unión de bueyes para labranza (Creación de la autora)

### 2.3 Labranza con tracción motorizada

La mecanización agrícola es el componente de la Ingeniería aplicada en todos sus aspectos enfocados en el desarrollo agrícola y rural, permite mejorar la eficiencia del trabajo agrícola para producir más y mejorar productos mediante el empleo de herramientas y/o maquinas manuales de tracción animal o motorizada con el menor tiempo, costo y esfuerzo físico posible. La tracción motorizada es una de las tecnologías más innovadoras en la agricultura por la evolución de las tecnologías agrícolas (Normalización española, 2010).

### 2.4 Motoazada

**Tabla 1.** Características de la Motoazada

#### Características

Motor:4 tiempos, Peso:91Kg.

Cilindrada:212cc

Potencia:7HP

Transmisión:Engranaje

Embraje:Multidisco fricción

Velocidades:4+2

Ancho de trabajo:60-80-100cm

Profundidad de Gasolina:32cm

Depósito de Gasolina:3.6L

Depósito de Aceite:1.6L

Toma de Fuerza para:Fumigadora,Bomba de Agua 2" pulgadas



**Figura 4.** Manejo de motoazada (Sukampo , 2024)

La motoazada o motocultor es una maquina agrícola que se puede utilizar para todo tipo de labores en terrenos con pequeñas dimensiones como huertas, plantaciones, jardines (García & Rivera, 2002).

## 2.5 Características de la Motoazada

Según estudios se menciona que la aplicación de la tracción motorizada de acuerdo a las características del medio físico, los requerimientos de los cultivos y procesos de producción tienen una gran importancia social y económica fundamental para el aumento de la productividad en el campo (García & Rivera, 2002). Dentro de este tipo de labranza se encuentran varios tipos de aperos e implementos de uso agrícola como la fresadora o rotavator, cinceles, motoazada entre otros.

## 2.6 Labranza vertical

Este tipo de tecnología se realiza para reducir el tamaño de los residuos del cultivo anterior y garantizar que la siembra no se vea inhibida por un exceso de residuos (Smith & Warnemuende-Pappas, 2015). Este método es usado en la agricultura por sus beneficios como son evitar la compactación, prevenir la erosión del suelo, mantener la humedad y restaurar los nutrientes naturales del recurso edáfico.



**Figura 5.** Tipos de aperos para la agricultura creación autora

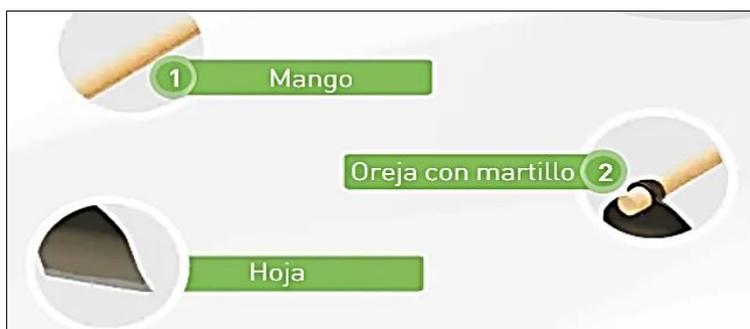
Este tipo de labranza se realiza con implementos denominados de labranza vertical como de cincel o dientes el cual se caracteriza por el ahorro energético, cultivador y vibrocultivadores entre otros. Los arados con cinceles se caracterizan por no invertir el pan de tierra ejecutando la labranza vertical además al labrar respeta los agregados dejando un 100% de cobertura

vegetal lo que lo caracteriza como un implemento conservacionista para preservar el recurso suelo (Universidad Nacional de Entre Ríos (UNER), 2008).

### 2.6.1 Azadilla

Las herramientas manuales se definen como instrumentos de trabajo utilizados de forma individual que requieren de la fuerza motriz humana (Instituto Nacional de Seguros, 2012).

Una de varias herramientas es la azadilla o azadón, es una herramienta agrícola que está formada por una lámina ancha y gruesa a veces puede ser curvada, insertada en un mango de madera, esta herramienta que se usa desde nuestro antepasado se emplea para roturar la tierra, labrar surcos, cavar en tierras duras o para cortar raíces. Existen diferentes tipos de azadón como el sencillo, azadón de oreja, martillo y el forjado (Puerto Alba, 2019).



**Figura 6.** Partes de una azadilla (Puerto Alba, 2019)

### 3. El cultivo de lechuga

La lechuga (*Lactuca sativa L*) es una de las hortalizas que se producen en todas las regiones del Ecuador bajo diferentes condiciones climáticas, en sus diferentes formas y colores es una de las hortalizas más comunes y consumidas en todo el mundo, aunque su principal producción se centra en zonas templadas y subtropicales, su ancestro directo es la *Lactuca serriola* ya que crecía de forma silvestre. Este cultivo se consume durante todas las épocas del año por lo que existe una gran demanda en el mercado, la duración del cultivo suele ser de 50 a 60 días en variedades tempranas y de 70-80 días para tardías desde la plantación hasta su recolección (Enkhuizen, 1994).

Según (Quintero, 1997) menciona que el Ecuador tiene un rendimiento de 7.92 Kg/ha del cultivo de lechuga, donde la producción total corresponde al 70% de variedades criollas y el

30% a variedades como la roja, crespa, romana y otras más. Su distribución comprende los valles secos-templados de la Sierra en las provincias de Tungurahua, Azuay, Chimborazo y Pichincha como las más representativas, la lechuga se vende por bulto aproximadamente 85 libras con un valor de 6.75\$ en el mes de marzo hasta abril ya que dicho valor puede disminuir por las condiciones climáticas que se viven actualmente ya que las precipitaciones inciden en su rendimiento. El territorio que ocupan los cultivos andinos y hortícolas oscila entre 11.991 ha de terreno en producción (Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG), 2021).

La lechuga es una planta anual y autógena, cuyo nombre científico es *Lactuca sativa* L conocida como lechuga o repollo, su raíz no llega a sobrepasar los 25 cm de profundidad, es pivotante y corta con ramificaciones, sus hojas al comienzo de su desarrollo tienen la forma de roseta para cerrarse y más tarde forman un cogollo según su variedad, generalmente son dentadas de formas variadas, su color es verde variable ocasionalmente teñido con tonalidades rojizas, de acuerdo a la figura 7 por su valor nutricional es una de las cuatro hortalizas más consumidas a nivel mundial (Vera, 2008). De acuerdo a sus flores son hermafroditas reunidas en capítulos de color blanco-amarillento con cinco estambres soldados y un ovario bicarpelar. Su fruto con frecuencia es un aquenio de forma alargada con estrías longitudinales de 3-4 mm de largo y 1 de ancho (Rubio, 2002). Las exigencias climáticas adecuadas del cultivo son una temperatura óptima de 15-20°C ya que si baja de los 6°C puede presentar efectos que si persisten ocasionan lesiones foliares. El suelo es otro factor importante pues este cultivo se adapta bien a todo tipo de suelo excepto a los que tengan problemas de encharcamiento, siendo los más idóneos los ricos en materia orgánica y elevada fertilización, además requiere un pH prácticamente neutro. Se ha dicho que es un cultivo muy sensible a los excesos de humedad su poco desarrollo radicular hace que soporte mal a la sequía por lo que disminuye el tamaño del producto final (Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA), 2017).

**Tabla 2.** Contenido nutritivo en 100g de lechuga (Vera,2008)

<b>Componente</b>	<b>Valor nutricional en 100 g</b>	<b>Unidad</b>
Carbohidratos	20.1	g
Proteínas	8.4	g
Grasas	1.3	g
Calcio	0.4	g
Fosforo	138.9	mg
Vitamina C	125.7	mg
Hierro	78.5	mg
Niacina	1.3	mg
Riboflavina	0.6	mg
Tiamina	0.3	mg
Vitamina A	1.15	mg
Calorías	18	cal

Montesdeoca & Pacheco (2008), mencionan que el ciclo fenológico del cultivo de lechuga puede variar entre 40 y 50 días desde su siembra hasta la cosecha; es decir, desde el trasplante hasta la cosecha deben considerarse aproximadamente tres meses, por lo que puede ser cultivada durante todo el año. La etapa de plántula es un periodo comprendido desde la emergencia hasta la aparición de la tercera o cuarta hoja verdadera tiene una duración de 2-3 semanas. En la etapa de acogollado se forma la roseta, disminuye la relación larga/ancho de las hojas y se forman de 12-14 hojas verdaderas con una duración de 3-4 semanas, la formación de la cabeza tiene una duración de 2-3 semanas. La madurez y la floración es la etapa en la que se han formado un gran número de hojas con una duración de 40-190 días en el cual se recolecta sus semillas para siembras posteriores (Saavedra et al,2017).

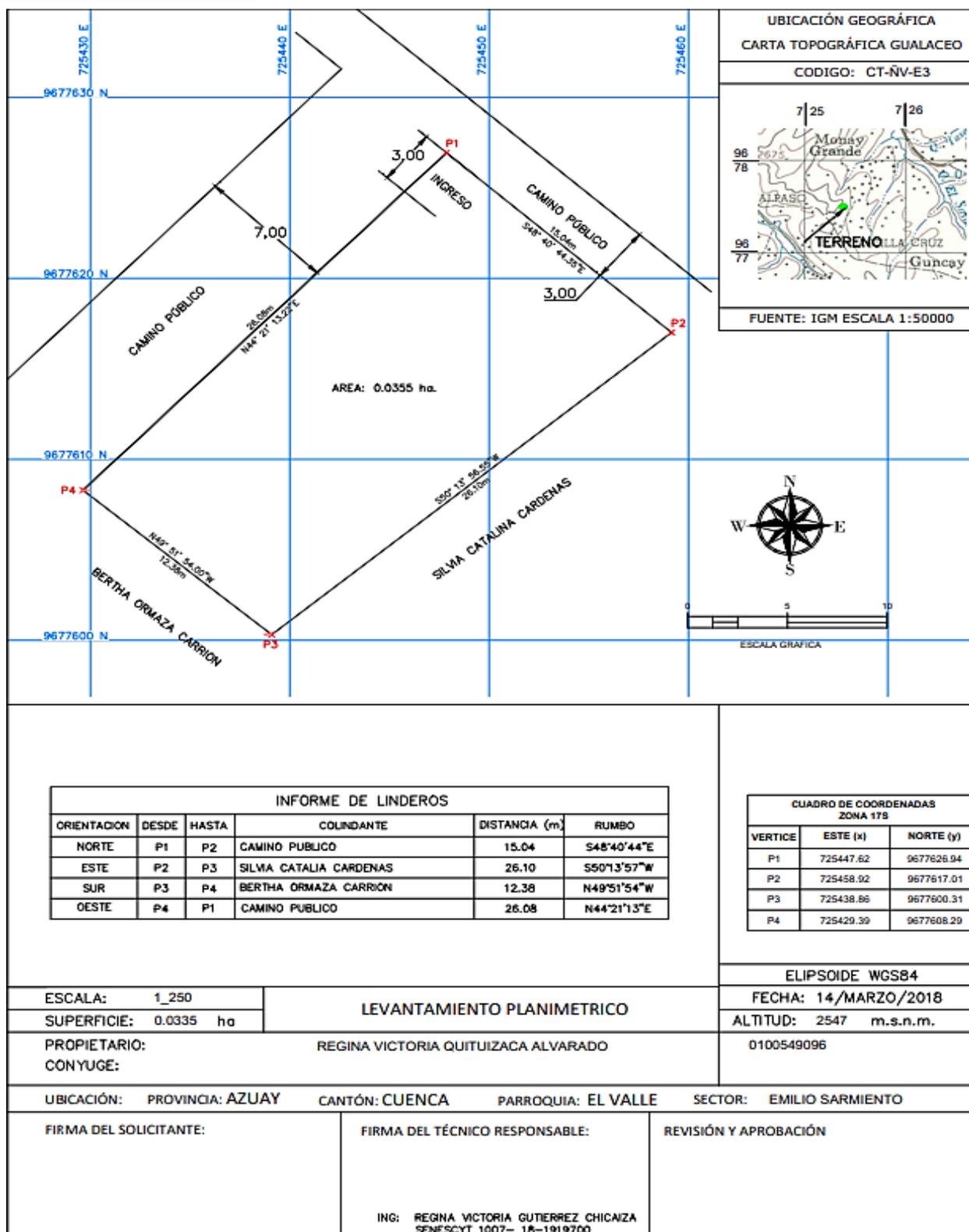
### 3.1 Técnicas de cultivo

Este cultivo hortícola de gran importancia se explota mediante dos sistemas de cultivo sustancialmente diferentes como es el extensivo y el tradicional. Actualmente se empieza a introducir el cultivo extensivo con el fin de mecanizar al máximo las operaciones culturales, adoptando otras medidas técnicas (herbicidas, recolección mecanizada, etc.) que permitan reducir al mínimo el empleo de mano de obra (Japón, 1977). Se entiende por cultivo tradicional el típico de carácter hortelano en donde las operaciones son manuales teniendo por objeto el suministro a los mercados en mayor parte locales. Otro factor transcendental es la labranza la cual consiste en la remoción del suelo en toda su profundidad, con el propósito de mejorar mecánicamente la estructura del suelo mediante el arado para un adecuado desarrollo de las raíces, estas operaciones se realizan con una profundidad de 20-25 cm dependiendo de la textura del suelo, haciendo uso de rotavadores, vibrocultivadores y motocultores (Roche, 2011). Las necesidades del cultivo son indispensables en donde el aportar abonado tiene una gran importancia para el rendimiento óptimo del cultivo de lechuga antes de la siembra de este cultivo ayuda a tener mayores rendimientos, como abonos orgánicos como abonaza o estiércol de bovinos, se debe colocar 3kg/m<sup>2</sup> lo que ayuda a disminuir la compactación o se puede usar abono inorgánico de fondo con 8-15-15 con 50g/m<sup>2</sup> (R & Gabriel (ed.), 2017). Conjuntamente, la densidad de siembra es otro factor sustancial a tomar en cuenta en la cual la densidad más usada es de 30\*40cm ya que según los estudios de (Pillajo, 1989) se calculan de 8-10 plantas/m<sup>2</sup> para la siembra de dicho cultivo.

## 4. Materiales y métodos

### 4.1 Área de estudio

La investigación se realizó en el barrio Emilio Sarmiento de la parroquia el Valle ubicada al sur este del Cantón Cuenca, en la provincia del Azuay, geográficamente se sitúa bajo las coordenadas UTM, 2°54'53.7"S 78°58'17.8"W y con una altitud media de 2520 m.s.n.m. En el área de experimentación se instalaron 15 unidades experimentales con un total de 355 m<sup>2</sup>.



**Figura 7.** Área de estudio (Adaptado del Departamento de Catastros, Municipio de Gualaceo)

Este territorio rural presenta una pendiente del 25% en el cual la precipitación del área oscila entre 500 a 2000mm (Gobierno Autónomo Decentralizado Parroquial del Valle , 2010).

Al analizar el uso de la tierra de la parroquia el Valle en el barrio Emilio Sarmiento se observan producciones agrícolas conformadas por cultivo de maíz asociado con frejol, haba y huertas hortícolas. En el terreno de cultivo donde se implementaron las unidades experimentales correspondió a un lote en barbecho.

## **4.2 Métodos**

### **4.3 Establecimiento del cultivo**

Para el establecimiento del cultivo se emplearon 3600 plántulas de lechuga de la variedad crespa, las mismas fueron sembradas de manera directa en un terreno previamente manejado con tractor agrícola en un inicio y posteriormente mediante los tratamientos definidos para este estudio, cabe recalcar que el área del cultivo se encontraba en barbecho es decir en descanso. Para su preparación se hizo uso de labranza vertical con tracción animal y motorizada. El área establecida fue de 355 m<sup>2</sup> el cual se dividió en 15 camas de cultivo donde se instalaron cada uno de los tratamientos antes mencionados, cada cama cultivo tuvo una dimensión de 12m de largo por 1,50m de ancho en el cual se sembraron 240 plántulas dando un total de 3600 plántulas para la investigación. El cultivo se sembró entre surcos de 0.30m y 0.25cm entre plantas obteniendo así una densidad de siembra de 12 plantas / m<sup>2</sup>. Además, se aplicaron 24 sacos de estiércol de cobayos los cuales se distribuyeron por todo el terreno previo a esto se sembraron las plántulas.

En un inicio previamente en el mes de octubre del 2023 se realizó el primer muestreo del suelo para determinar cómo se encontraban las características físico-químicas del área de estudio determinando los parámetros de la tabla 4.

**Tabla 3.** Características iniciales físico-químicas del área de estudio (Creación de la autora)

PARÁMETROS	UNIDAD	VALOR
pH		6.20
Conductividad eléctrica	dS/cm	0.13
da	g/cm <sup>3</sup>	0.94
dr	g/cm <sup>3</sup>	0.23
Textura		Franco arcillo arenoso
MO	%	3.61

#### 4.4 Metodología para el objetivo 1:

Establecer las posibles diferencias entre las características físicas, químicas y biológicas del suelo tras la aplicación de métodos de labranza vertical con tracción animal y motorizada.

Se determinaron las diferencias entre las características físicas del suelo (densidad aparente, porosidad, textura, estructura, dureza, infiltración); químicas (pH, conductividad eléctrica) y biológicas (materia orgánica). En donde se realizaron muestreos en tres etapas distintas de la implementación del cultivo el primero se lo realizó antes de la intervención del tractor agrícola, el segundo muestreo después de la tracción animal y motorizada y el tercer muestreo al finalizar el ciclo de cultivo en la cosecha. Esto para evidenciar si el uso del tractor agrícola y de la labranza vertical con tracción animal y motorizada influyen o no en el comportamiento del recurso edáfico. Las muestras fueron tomadas en cada unidad experimental con un total de 2 muestras por parcela, teniendo en cuenta la consideración del marco de error para la toma de muestras alteradas e inalteradas.

Para la variable estructura se realizó una calicata para observar el perfil del suelo mediante la guía de la FAO, para la variable dureza se hizo uso del penetrómetro con el cual se hizo mediciones en cada unidad experimental con un total de 3 mediciones para evidenciar que sucedió con dicha variable para ver resultados en el desarrollo de la raíz principal de cada planta.

Para la densidad aparente se tomaron muestras inalteradas con anillos de volumen conocido, con dos repeticiones por unidad experimental teniendo un total de 30 anillos tomando en cuenta la metodología adecuada, se analizó dicha variable con las muestras inalteradas recolectadas en campo, estas fueron secadas a 105° por 24 horas, posteriormente se tomó los datos del suelo seco y datos del anillo (altura y radio) para obtener el volumen del anillo. Finalmente, de cálculo la densidad aparente utilizando la siguiente formula:  $D_a = P_{ss}/V_t$ .

Para el caso de las variables textura, dureza y propiedades químicas se recolecto una muestra compuesta conformada por submuestras de cada unidad experimental por cada fase de muestreo. Se llego a obtener 90 muestras totales y se utilizaron los siguientes métodos para los análisis respectivos.

Para el caso de la variable porosidad se calculó la densidad real previamente donde se tamizo la muestra evitando que tenga raíces para colocar en los picnómetros dos repeticiones por tratamiento ya con sus datos de peso con y sin agua, luego se procedió a colocar el suelo y agua destilada aplicando un movimiento leve para que el aire salga y no se formen burbujas y se obtienen los datos correspondientes. Inmediatamente con los datos de densidad aparente se calculó la porosidad con la formula  $\%P = (d_r - d_a) / d_r * 100$ .

Para el cálculo de la textura se tamizo 20 g de suelo por un tamiz número 10 con medida de 2mm y se secó a 105° por 24 horas, se mezcló el suelo con 20 ml al 4% de hexametáfosfato y se batió durante 15 min, el suelo fue colocado en un tamiz de 63 micras. Luego, se realizó un proceso de lavado de partículas, las partículas del tamiz consideradas como arenas se colocaron en una probeta para ser secadas y el agua se colocó en una probeta de 1000 ml

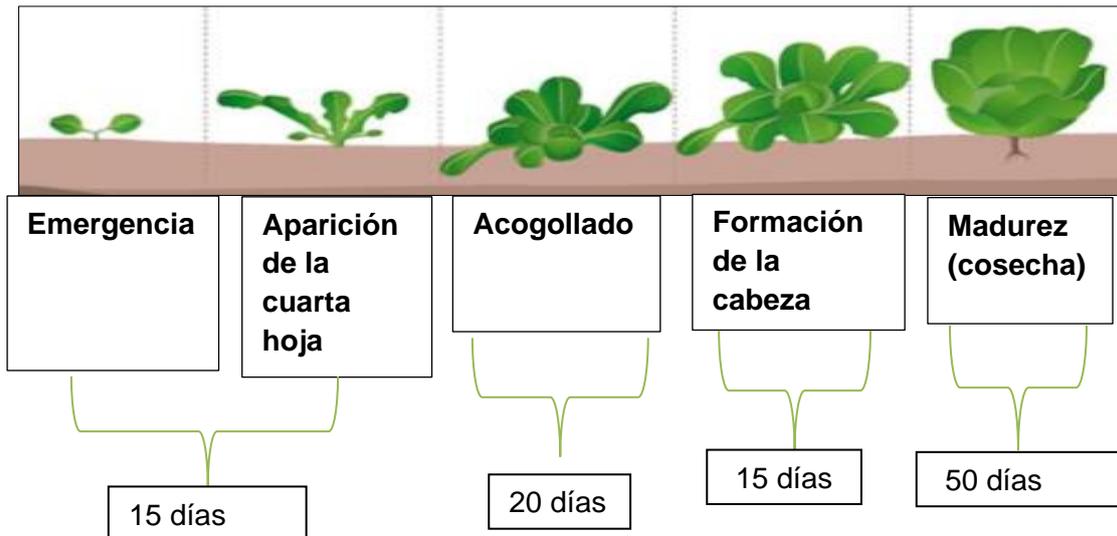
para tomar los respectivos datos. Finalmente, con el uso del hidrómetro se tomaron datos a los 50 sg ,5 minutos, 2 horas y 16 horas. Para determinar la conductividad eléctrica se pesó 10 g de suelo seco (previamente tamizado) secado al ambiente, luego se mezcló 50 ml de agua destilada para batir durante 15 min y con el uso del Conductímetro se obtuvo datos de dicha variable.

Para el cálculo de materia orgánica se pesó 10 g de suelos previamente tamizado y se colocó en crisoles dos repeticiones por tratamiento. Seguidamente se llevó a secar en la mufla a una temperatura de 400° por 8 horas y por último se tomaron datos. Para determinar el pH se mezcló 20 g de suelo secado al ambiente, con 50 ml de agua destilada se batió por 15 min y por último mediante el pH metro se tomaron los respectivos datos.

#### **4.5 Metodología para el objetivo 2:**

Evaluar el desarrollo y productividad del cultivo respecto a la labranza vertical con tracción animal y motorizada.

Para la evaluación del comportamiento fenológico y productividad del cultivo se realizó un muestreo aleatorio con 1m<sup>2</sup> por tratamiento, obteniendo un rango de 12 plantas para el análisis respectivo, en el cual se registraron variables como el número de hojas de la plántula en un periodo de 3 semanas. A los 10-15-20 días se tomaron datos de la altura de la planta desde el tallo hasta el ápice y a los 50 días en la etapa de cosecha se tomaron las variables de longitud de la raíz principal desde el cuello hasta la longitud de la raíz principal mediante una regla; para el peso de la planta se lo realizó mediante una báscula en gramos. Para la determinación del rendimiento y productividad del cultivo en cada parcela se registró el peso de la producción muestreada de cada cama del cultivo por unidad experimental y se expresó en kg/m<sup>2</sup>.



**Figura 8.** Evaluación de variables fenológicas según días del cultivo (Saavedra et al,2017)

Según las etapas fenológicas del cultivo de lechuga se realizaron prácticas culturales para el control de arvenses (malezas) para disminuir la competencia interespecífica, se consideró la etapa de formación de la cabeza para dicha práctica ya que al tener la influencia de variables climáticas como la presencia de lluvias las arvenses se encontraban compitiendo por nutrientes y espacio con el cultivo, este control se hizo mediante el uso de azadillas y de forma manual a los 30 días después de la siembra.

#### 4.6 Metodología para el objetivo 3:

Comparar los costos de producción del cultivo, respecto a la labranza vertical con tracción animal y motorizada.

Para la determinación de los costos parciales de la investigación se contemplaron las inversiones realizadas desde costos fijos y variables, utilidad neta con los cuales se determinaron la rentabilidad de la investigación.

De acuerdo a los Ingresos se consideró los valores totales de los tratamientos, para la determinación de los costos totales se sumaron los costos variables más los costos fijos por

lo que se consideró todos los gastos realizados en la investigación y se aplicaron las siguientes fórmulas de utilidad neta y beneficio-costo:

$$UN = \text{Ingresos} - \text{Costos}$$

$$RB/C = \text{Ingresos} / \text{Costos}$$

## 5. Diseño experimental

El presente trabajo investigativo se lo realizó en un diseño de bloques completamente al azar (DBCA) con 3 tratamientos y 5 repeticiones por cada tratamiento.) El tratamiento con Motoazada consistió en emplear una máquina motorizada con un apero tipo fresadora para la preparación del suelo y posteriormente se trasplanto las plántulas con material orgánico. El tratamiento de tracción animal con yunta consistió en aplicar la típica reja que consiste en un apero en punta para la labranza vertical y el tratamiento con herramientas manuales consistió en trabajar con las típicas (azadillas).

T1=Tracción mecanizada (Motoazada)

T2=Tracción animal (Yunta)

T3=Azadillas

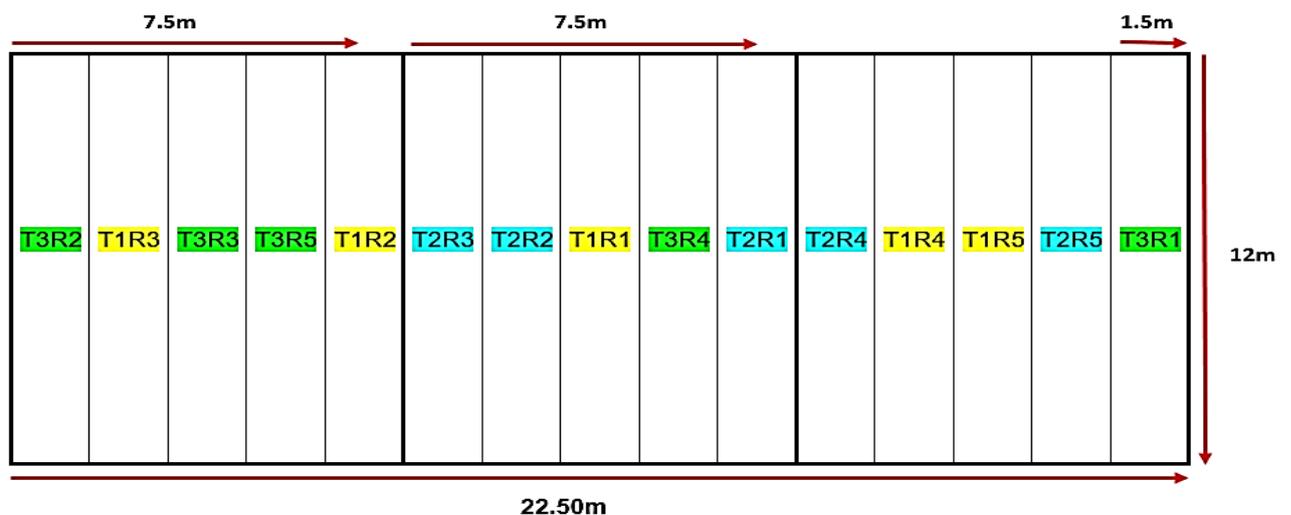


Figura 9. DBCA (creación autor)

### 5.1 Análisis estadístico

Mediante el empleo del software estadístico INFOSTAT se realizó el análisis de la información obtenida, en donde se empleó estadística descriptiva y un análisis gráfico de cada variable. Posteriormente para el análisis de datos paramétricos se realizó un test de ANOVA y una prueba de TUKEY con un margen de error al 5%.

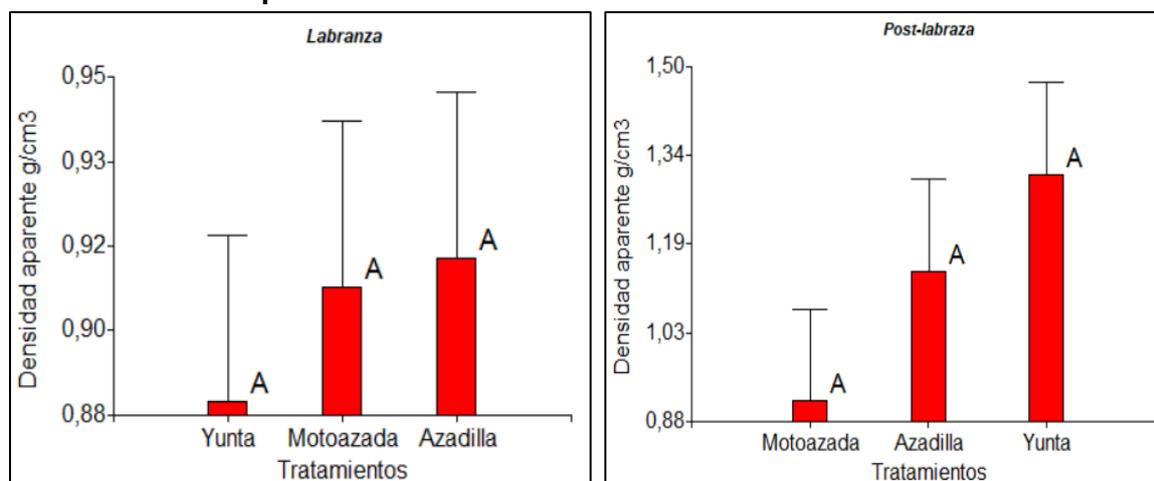
## 6. Resultados

### Objetivo específico 1

En las variables evaluadas en el suelo: densidad aparente (Figura 11); porosidad (figura 12), dureza (Figura13); pH (Figura 15); CE (Figura 16) y MO (Figura 17), no se encontraron diferencias significativas en ninguno de los tres tratamientos evaluados (Motoazada, yunta, azadilla) de igual forma no se encontraron diferencias respecto a los momentos de labranza.

Sin embargo, los valores de la variable densidad aparente incrementan respecto a los tratamientos Azadilla con un valor de (1.14 g/cm<sup>3</sup>) y en el tratamiento Yunta con un valor de (1.31 g/cm<sup>3</sup>) mientras que en el tratamiento de Motoazada disminuye respectivamente en la Post-labranza con un valor de (0.92 g/cm<sup>3</sup>), pues esto se debe al manejo que se le dio al suelo.

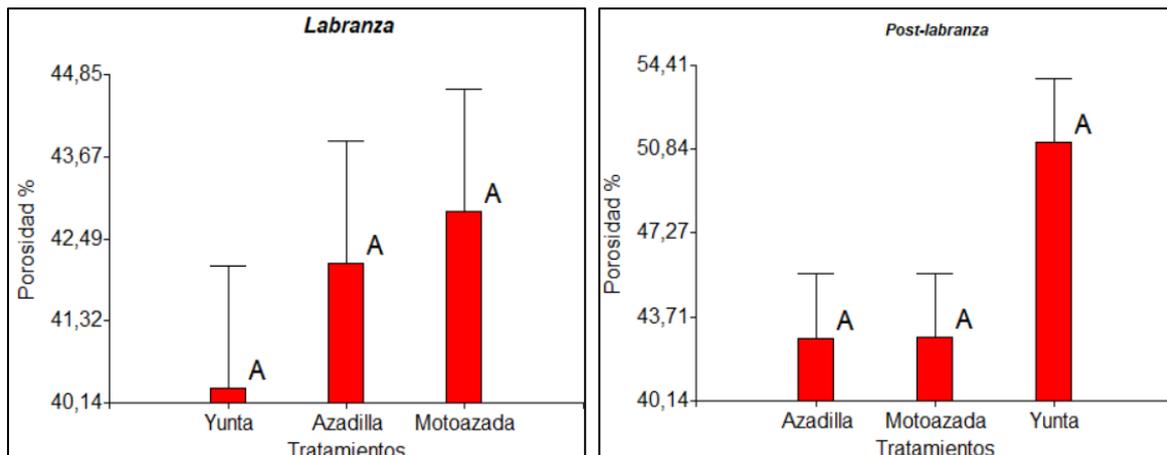
#### 1. Densidad aparente



**Figura 10.** Densidad aparente evaluada bajo tres tratamientos diferentes: Motoazada, Yunta y Azadilla durante la labranza y Post-labranza del cultivo.

**2. La porosidad**

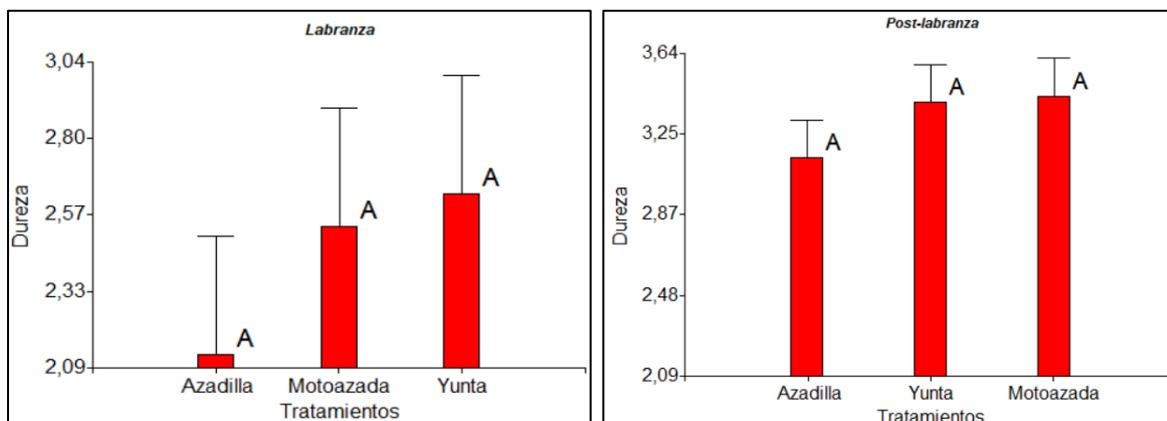
De acuerdo a la variable porosidad los valores se incrementan en el tratamiento Yunta con un valor de (51.14%) y en el tratamiento con Azadilla con un valor de (42.81%), pero disminuyen en el tratamiento de motoazada con un valor de (42.84%) en el momento de Post-labranza en comparación con el momento de labranza, esto se debe a que la maquinaria compacta el suelo rompiendo los agregados.



**Figura 11.** Porosidad evaluada bajo tres tratamientos diferentes y momentos de labranza.

**3. Dureza**

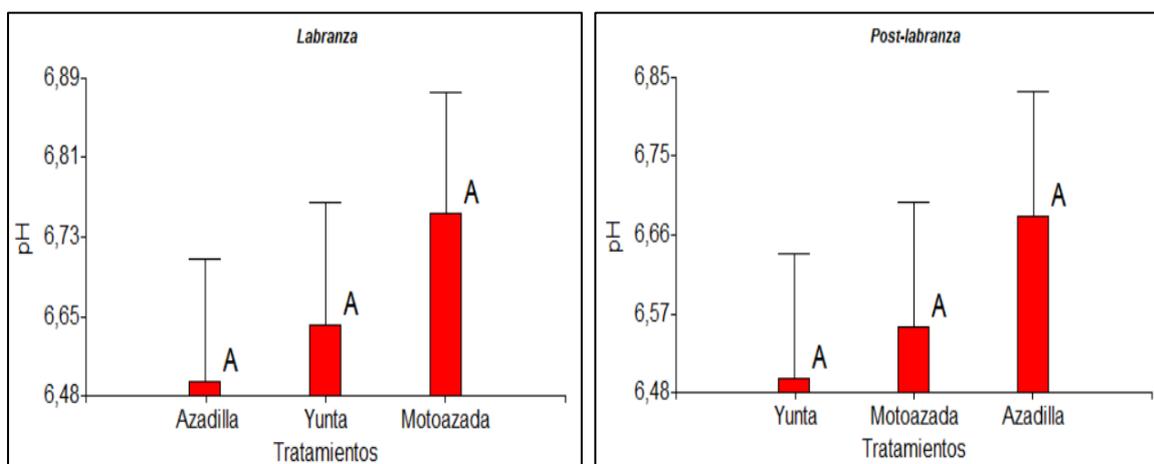
En la variable dureza los valores tienden a aumentar justamente en el momento de la Post-labranza en los tres tratamientos de Azadilla (3.24); Yunta (3.40); Motoazada (3.43) debido a que los poros se rompen por los diferentes pases que hacen los diferentes tipos de aperos como la tracción motorizada, animal y azadilla.



**Figura 12.** Dureza evaluada bajo tres tratamientos motoazada, yunta, azadilla

## 4. pH

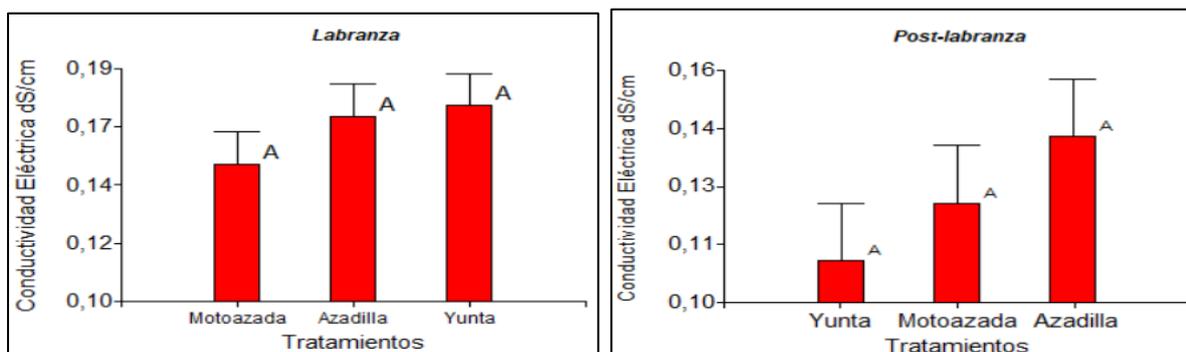
De igual modo en la variable pH los valores del tratamiento Azadilla (6.68) incrementaron esto debido a que al momento de incorporar el abono este tuvo más incidencia en la cantidad incorporada, pero en los tratamientos Yunta (6.49) y Motoazada (6.55) los valores disminuyen esto por el manejo que se le dio al recurso suelo por el uso de diferentes tipos de aperos además que este tipo de abono no tiene tanta incidencia en los cambios de potencial de hidrogeno de cultivos hortícolas frente a otros abonos que tengan mayor pH.



**Figura 13.** pH evaluado bajo tres tratamientos en diferentes tiempos de medición.

## 5. Conductividad eléctrica

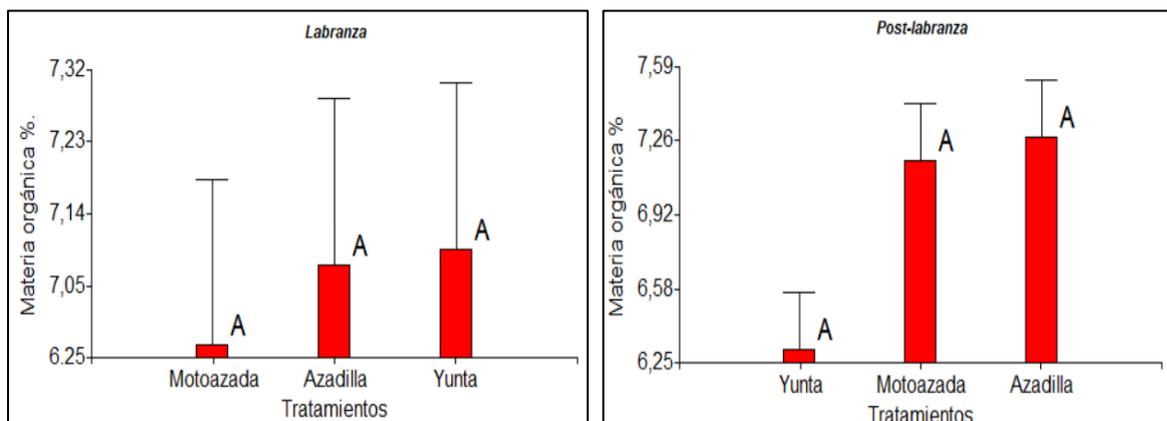
En la variable evaluada de Conductividad Eléctrica (CE) los valores tienden a disminuir en el momento de Post-labranza en los tres tratamientos de Azadilla (0.14 dS/cm); Yunta (0.11dS/cm) y en el tratamiento de Motoazada (0.12dS/cm) esto debido a que las sales se lixiviaron por efecto de las precipitaciones que se dieron en ese momento además por el manejo de preparación del suelo.



**Figura 14.** Conductividad Eléctrica evaluada bajo tres tratamientos diferentes

## 6. Materia Orgánica

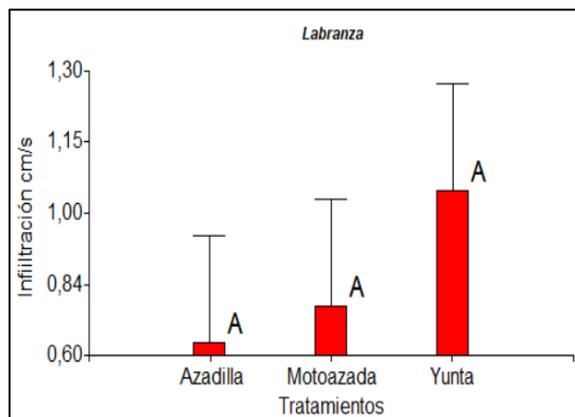
En la variable MO de la (figura 18) se puede apreciar que los valores tienden a incrementarse en el momento de Post-labranza justamente en el tratamiento de Azadilla (7.27%) y en el tratamiento de Motoazada (7.17%) esto se debe a la incorporación de abono orgánico y el tiempo de laboreo. Además, en el tratamiento de Yunta se observa una disminución (6.31%) en comparación con el primer momento de labranza pues esto se debe a la influencia del apero sobre la superficie del suelo.



**Figura 15.** Materia Orgánica evaluada bajo tres tratamientos distintos en diferentes momentos de labranza

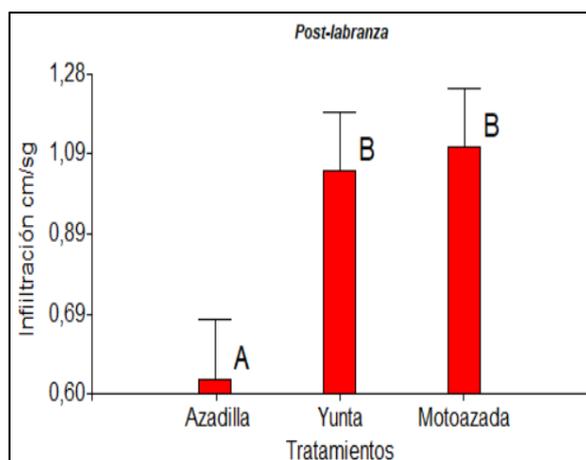
## 7. Infiltración

La infiltración evaluada bajo tres tratamientos en el momento de labranza (Figura 14), no presenta diferencias significativas entre tratamientos esto se debe al uso de diferentes tipos de labranza en este caso los tres tratamientos evaluados tanto como (Azadilla, Motoazada, Yunta) ya que por estos tipos de labranza, la estructura tiende a alterarse disminuyendo la capacidad de retención de agua, pues también influencio la textura del suelo ya que al ser un suelo franco arcillo arenoso los efectos pueden ser buenos al inicio tras dicha labranza pero conduce a problemas de compactación y erosión a largo plazo.



**Figura 16.** Infiltración evaluada bajo diferentes tratamientos en Labranza.

Respecto a la variable infiltración en el momento de Post-Labranza del cultivo se evidencia diferencias significativas para los tres tratamientos aplicados cuyos valores son altos respectivamente en los tratamientos (Yunta, Motoazada) esto por la aplicación de laboreo con mayor número de pases además porque la porosidad del suelo aumento por el uso de la maquinaria y por los diferentes aperos que se manejaron. Cabe recalcar que en la Post-labranza se cosechaba el producto por lo que apporto para que la infiltración tenga dichos valores demostrando así que la disminución de cobertura vegetal en si el cultivo hizo que el agua penetre con mayor facilidad.



**Figura 17.** Infiltración evaluada en diferentes tratamientos en Post-labranza

**8. Textura**

La textura fue analizada en base al porcentaje de partículas (arena, limo, arcilla) bajo el método de Bouyoucos en donde se identificó la predominancia de la clase textural Franco

arcillo arenoso puesto que el usar abono orgánico no influyo en esta variable pues se mantenía el mismo resultado durante los diferentes momentos de muestreo.

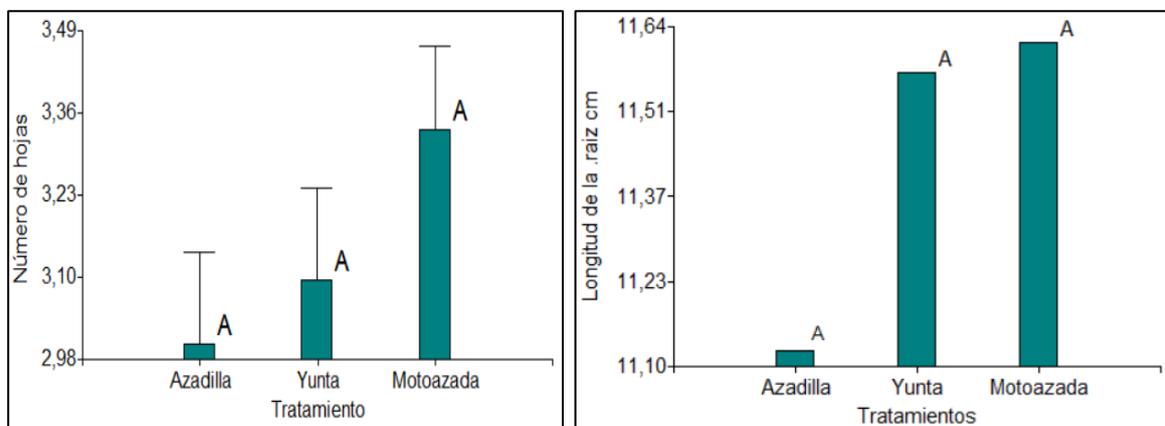
## 9. Estructura

La estructura fue analizada en base a la observación de la calicata construida en el área de estudio previamente antes del uso de los diferentes tipos de labranza, en donde existió la predominancia de la estructura laminar esto debido a que la zona tiene un clima con sequias y precipitaciones intensas además por la textura de este suelo.

### Objetivo específico 2:

#### 1. Numero de hojas y longitud de la raíz principal

De acuerdo a las variables fenológicas evaluadas respecto al número de hojas de las plantas de lechuga y la longitud de la raíz (Figura 19) se puede evidenciar que no presentaron diferencias significativas entre los diferentes tratamientos debido al uso de diferentes aperos y que el cultivo se encontraba en la etapa de desarrollo, cabe recalcar que las condiciones ambientales como la precipitación influyeron en dichas variables.

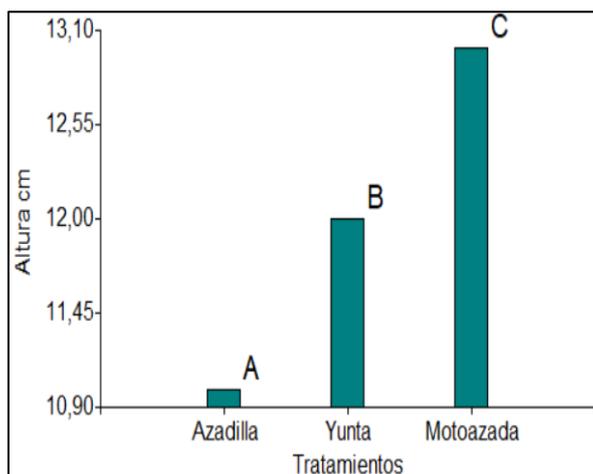


**Figura 18.** Variables fenológicas evaluadas bajo tres tratamientos

#### 2. Altura de la planta

De acuerdo a la variable altura de la planta (Figura 20) al ser evaluada se pueden observar diferencias significativas con valores altos en el caso del tratamiento Motoazada (13 cm) respecto al tratamiento Azadilla (10.95 cm) y el tratamiento Yunta (12cm) por lo que el usar maquinaria agrícola con aperos tipo fresadora influyen en dichas variables, cabe recalcar que esto se debe por la alta eficiencia y el ahorro de tiempo que brinda la tracción motorizada

puesto que optimiza los tiempos de laboreo con respecto a los diferentes tipos de tratamiento. Además, en esta variable también se vio influenciada por el uso de abono de cobayos ya que el cultivo al estar en desarrollo fue absorbiendo más nutrientes que se encontraban en el suelo y también por el manejo de las arvenses presentes en la etapa de acogollado del cultivo hicieron que esta variable aumente significativamente.

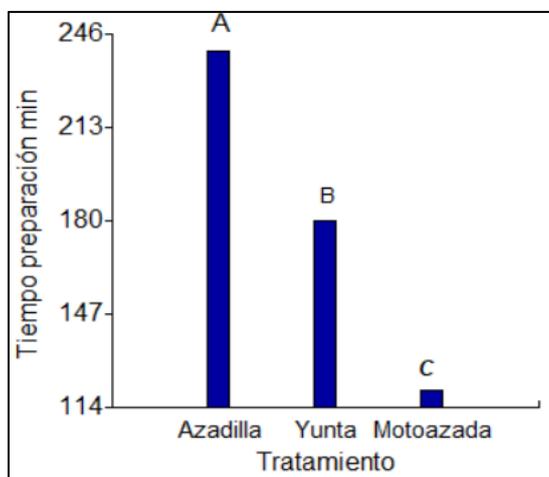


**Figura 20.** Altura evaluada en plantas de lechuga comparadas por cada tratamiento mediante el empleo de la prueba de Tukey  $P < 0.05$ .

### 3. Tiempo de trabajo

De acuerdo al tiempo de trabajo o tiempo de laboreo realizado entre los diferentes tratamientos se observan diferencias significativas según Tukey al 5% respectivamente en la (figura 21), en donde sobresale el tratamiento Azadilla con un tiempo de (246 min) respecto a los demás tratamientos esto se debe a que el uso de la azadilla toma más tiempo de trabajo, no existe una optimización adecuada del tiempo para el laboreo del suelo. Sin embargo, el uso de la yunta resulta ser mejor ante el uso de la azadilla ya que al usar los animales de tiro aumenta la fuerza de trabajo y disminuyen los tiempos de laboreo del suelo siempre que los animales tengan la energía completa para el trabajo agrícola. Del mismo modo la tracción motorizada también juega un papel importante en esta variable ya que es la que menos

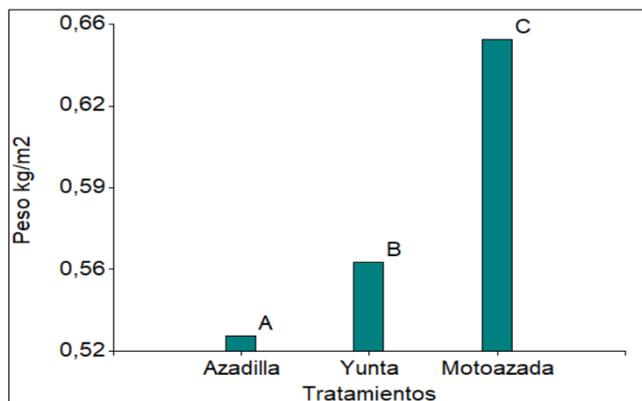
tiempo de laboreo ocupa (115 min) por lo que el usar la maquinaria agrícola es uno de las mejores tecnologías que reducen la mano de obra y mejoran la calidad del cultivo.



**Figura 21.** Tiempo de trabajo empleado por tratamientos (Motoazada, Yunta, Azadilla)

#### 4. Peso en Kg/m<sup>2</sup> del cultivo

En la fenología del cultivo respecto a la variable peso en kg/m<sup>2</sup> del cultivo (Figura 21) se encuentran diferencias significativas entre los tres tratamientos evaluados como es el caso de la Motoazada con un valor de (0.66 Kg/m<sup>2</sup>) seguida del tratamiento Yunta (0.56 Kg/m<sup>2</sup>) y Azadilla (0.53 Kg/m<sup>2</sup>).



**Figura 22.** Evaluación del peso de lechugas bajo tres tratamientos

Cabe mencionar que el uso de abono orgánico de cobayos influyo en esta variable además del uso de la tracción motorizada con la cual se optimizo el tiempo de laboreo realizando menos pasadas con el apero de tipo fresadora y por el deshierbe que se realizó la calidad del

cultivo mejoro notablemente para evitar la competencia interespecífica por lo que los valores aumentaron significativamente.

Respecto al uso de la Yunta los pesos del cultivo bajan por el tiempo de labranza con los animales puesto que estos se demoran más tiempo para labrar la tierra ya que tienden a cansarse demasiado por lo que el tiempo tiende a aumentar notablemente perdiendo así energía respectivamente para los animales.

### Objetivo específico 3:

#### 1. Costos de producción

Los costos de producción del cultivo de lechuga aplicados por cada variable y por actividad numéricamente son superiores en cuanto a las exigencias de laboreo especialmente en el uso de la tracción motorizada (Motoazada) como se muestra en la (tabla 6). Cabe mencionar que se consideraron los precios iniciales de los rubros los cuales se aplicaron en general al terreno como se muestra en la (tabla 5)

**Tabla 4.** Precios iniciales

Rubros	Subtotal (\$)
Tractor agrícola	35
Abonamiento	48
Cercado del terreno	228.6

**Tabla 5.** Costos de producción tratamiento 1

Rubro	Unidad	Precio	Cantidad	Subtotal (\$)
Preparación del terreno (Motoazada)	hora	40	1	40
Costo de plántulas	unidad	0,01	1200	12
Implementación de camas	Jornal	20	4	80
Siembra	Jornal	20	2	40
Gastos varios				15
<b>Total</b>				<b>187</b>

Elaborado por: Lazo,2024

**Tabla 6.**Costos de producción tratamiento 2

Rubro	Unidad	Precio	Cantidad	Subtotal (\$)
Preparación del terreno (Yunta)	día	30	1	30
Costo de plántulas	unidad	0,01	1200	12
Implementación de camas	Jornal	20	1	20
Siembra	Jornal	20	1	60
Gastos varios				15
<b>Total</b>				<b>137</b>

**Elaborado por Lazo,2024**

**Tabla 7.**Costos de producción tratamiento 3

Rubro	Unidad	Precio	Cantidad	Subtotal (\$)
Preparación del terreno (Azadillas)	jornal	20	3	60
Costo de plántulas	jornal	0,01	1200	12
Implementación de camas	jornal	20	3	60
Siembra	jornal	20	1	20
Gastos varios				15
<b>Total</b>				<b>167</b>

**Elaborado por: Lazo,2024**

De acuerdo a los valores presentados en las tablas anteriores (Tabla 6;7;8) se puede deducir que el tratamiento con mayor costo es la Motoazada (187\$) seguido de azadilla y posteriormente de Yunta por lo que el usar la tracción motorizada es un método para realizar con rapidez las labores agrícolas pero tomando en cuenta que la maquinaria tiene valores altos para trabajo pero es una opción para evitar alta mano de obra y tener más gastos como el uso de Azadillas .Cabe mencionar que el uso de la Yunta también es un método viable para labrar la tierra pero se debe tomar en cuenta aspectos de costos y si se desea abaratarlos sería conveniente contar con el apero de yunta y los animales.

## 2. Utilidad neta

**Tabla 8.**Utilidad neta de la investigación por diferentes tratamientos

Utilidad neta	
T1 (Motoazada)	13\$
T2 (Yunta)	3\$
T3 (Azadilla)	3\$

**Elaborado por: Lazo,2024**

De acuerdo a la utilidad neta (Tabla 9) nos muestra valores por diferentes tratamientos en donde se puede observar que el T1 con un valor de 13\$ es el que genera un beneficio costo positivo lo que hace que sea el tratamiento más eficiente seguido del T2 (Yunta) que también tiene una utilidad neta positiva al igual que el T3. Pero en comparación la tracción motorizada es método para labrar el suelo teniendo en consideración los beneficios que esta trae además de sus efectos negativos a largo plazo.

### 3. Relación beneficio costo:

**Tabla 9.** Relación beneficio/costo en diferentes tratamientos

Relación B/C	
T1 (Motoazada)	1.07
T2 (Yunta)	1.02
T3 (Azadilla)	1.01

**Elaborado por: Lazo, 2024**

Según la tabla 10 nos muestra datos de la relación beneficio/costo por los tratamientos utilizados en la investigación en donde el tratamiento que sobresale es el T1 (Motoazada) esto debido a que los ingresos que se obtuvieron en las ventas del producto fueron adecuadas demostrando así que dicho tratamiento nos demuestra que es rentable labrar el suelo con este tipo de apero conjuntamente seguido del T2 Y T3. Pero en comparar los tres tratamientos el mejor es la Motoazada siendo una opción para labrar la tierra conjuntamente con la yunta ya que son métodos viables para mejorar la rentabilidad de cultivos de los agricultores.

### 4. Rendimiento por m<sup>2</sup>

De acuerdo al rendimiento por m<sup>2</sup> en la (figura 19) se puede apreciar esta variable bajo tres tratamientos diferentes como T1 (Motoazada); T2 (Yunta); T3 (Azadilla) los cuales según los datos obtenidos se pudo observar que el tratamiento con mejor rendimiento es el T1 siendo la tracción motorizada con un valor de 0.7 por m<sup>2</sup> seguido del tratamiento 2 y 3. Pues estos valores demuestran que los tipos de labranza y diferentes aperos influyen el rendimiento de los cultivos como es el caso de la lechuga.



**Figura 19.** Rendimiento del cultivo bajo tres tratamientos

## 7. Discusión

### Objetivo Específico 1

La labranza del suelo es una práctica muy utilizada en la agricultura con el objetivo de mejorar las propiedades del suelo ya sean físicas, químicas y biológicas de este recurso para el desarrollo de cultivos. Se sabe que el suelo es un recurso natural y un sistema muy complejo que permite el sostenimiento de las actividades productivas. Los métodos agrícolas para la producción de cultivos se han concentrado en la labranza tradicional y mecánica ya sea manual-motorizada o con el uso de animales de tiro, pues al tener en cuenta estos tipos de labranza y del tipo de trabajo que se desea aplicar va a mejorar las condiciones tanto físicas y químicas del recurso edáfico en este caso de la densidad aparente. De acuerdo a estudios realizados por (Soil Science Division Staff, 2017) sugieren que los efectos de la labranza podrían no presentar diferencias significativas ya sea por muy poco tiempo de labranza o por la profundidad ya que los cambios en esta variable suelen ser a corto plazo. Como es el caso de este estudio el cual no presenta diferencias significativas en la variable densidad aparente para evaluar a gran escala el comportamiento del suelo. Sin embargo, después de la intervención tanto mecanizada, animal y manual se observa que los valores en el momento de Post-labranza aumentan tanto para el tratamiento con azadilla y yunta, pero disminuyen en Motoazada lo cual lo podemos contrastar con estudios de (García R et al., 2018) el cual menciona que esta disminución se debe al disturbio de los agregados por acciones naturales o antrópicas. Lo que permite señalar que los tipos de labranza empleados no están alterando de manera importante la estructura del suelo (Alonso Báez & Aguirre Medina, 2011). Los tratamientos de labranza utilizados en la presente investigación no se obtuvieron diferencias

significativas respecto a los parámetros tanto físicos como químicos del suelo. Estos resultados están de acuerdo con los obtenidos por Prieto et al., (2017) ya que en su estudio realizado en cultivos de maíz y algodón den Colombia mencionan que se evaluaron propiedades físicas (densidad aparente, porosidad, resistencia del suelo) y propiedades químicas como contenido nutrientes y materia orgánica ,en dicho estudio mencionan que el usar labranza vertical con cinceles y labranza convencional no producen cambios significativos esto debido al tiempo que duro la experimentación pues no encontraron un claro efecto de los sistemas de laboreo. En otro estudio realizado en Cartago se menciona que los tipos de labranza no presentan cambios en el suelo usando tres implementos diferentes pues valores de las propiedades físicas del suelo tienden a aumentar tras utilizar diferentes tipos de labranza esto se debe al tiempo y numero de pases de maquinaria por lo se recomienda realizar más mediciones en cada momento y durante mas ciclos de cultivo para evidenciar cambios en el suelo (Marín-Araya et al., 2023).

La degradación del suelo se puede medir a través de varios indicadores de calidad que están estrechamente relacionados con la porosidad del suelo lo que este influye en la recuperación de la estructura del suelo y su estabilidad cuando se realizan diferentes tipos de labranza. Sin embargo los estudios realizados en Villanueva Casanare en donde se evaluaron tres sistemas de labranza sobre algunas propiedades del recurso edáfico como textura, estructura las cuales no cambian respecto a estos tipos de labranza pero si al usar labranza cero o al aumentar materia orgánica, en el que se demuestra que el porcentaje de porosidad y la dureza del suelo puede aumentar sus valores pero no presentar diferencias significativas entre muestreos ya que los efectos de diferentes tipos de labranza sobre las propiedades del suelo no son apreciables en periodos cortos de tiempo, además el incremento de valores de dureza tiende a serlo por la recompactación natural del suelo o por el efecto de las precipitaciones (Díaz-Zorita et al., 2004) (Gómez et al., 2001) (Zamorano et al., 2002) (Ceballos et al., 2010) (Acosta-Martínez et al., 2010). Esto sucede de manera similar en los tres tratamientos y en los momentos de labranza del presente estudio en el cual no se

presentaron diferencias significativas ,pues solamente los valores aumentan en el tratamiento (Yunta) respecto a la post labranza.

La infiltración es otro parámetro muy importante del recurso edáfico ,esta variable puede verse afectada por el tipo de labranza ya sea motorizada, animal o tradicional ya sea con efectos positivos o negativos para el recurso suelo como es el caso de la labranza vertical la implica el uso de implementos que rompen el suelo sin voltearlo según estudios de Gómez-Calderón et al. (2018) mencionan que este tipo de labranza facilita la infiltración del suelo sin dañar su estructura. Los resultados que se obtuvieron en el presente estudio demuestran diferencias significativas entre tratamientos (Motoazada-yunta-azadilla) respecto a la post labranza esto lo corroboramos con estudios de (Puebla et al., 2017) en donde obtuvieron resultados que difirieron significativamente indicando que la variable de infiltración puede cambiar respecto al sistema de labranza ya sea tradicional o por el uso de sistemas con menos intervención, además recalcan que la labranza de maquinaria agrícola compacta los suelos por lo que es necesario optar por métodos que disminuyan la compactación de los suelos.

Otros aspectos se dieron en la variable pH el cual no demostró diferencias significativas entre tratamientos ni momentos de labranza pues al ser valores ligeramente ácidos demuestran estar dentro del rango adecuado para el cultivo de lechuga para un crecimiento y desarrollo saludable, esta variable solamente aumenta en el momento de Post-labranza del cultivo respectivamente en el tratamiento (Azadilla). Esto lo respaldamos con estudios de (Mármol et al., 2014) los cuales evaluaron el efecto a corto plazo del pase de rastras en donde la variable pH en el momento de cosecha no presenta diferencias significativas ,recalcan que estos resultados se deben a el tipo de suelo y las condiciones agroecológicas y el tipo de cultivo. Por lo que en estudios futuros se podría investigar esta variable juntamente con las condiciones antes mencionadas para obtener valores diferentes de acuerdo al Potencial de Hidrogeno. Coincido mis resultados con los de (Hervé et al., 1999) los cuales en sus estudio respecto a suelos salinos con el uso de maquinaria agrícola realizados en Villarroel en donde

se buscaba romper las costras y llevar sales a mayor profundidad en donde evaluaban el pH y la CE en cinco fechas del cultivo en donde no se encontraron diferencias significativas solamente los valores de pH aumentan y la CE disminuye por lo que enfatizan que el efecto de la labranza en suelos arcillosos no influye en las propiedades químicas del suelo por el tiempo de laboreo.

La conductividad eléctrica (CE) evaluada entre diferentes tratamientos y en distintos tiempos de labranza se observa que no existen diferencias significativas entre tratamientos pero en el momento de Post-labranza los valores disminuyen en el tratamiento (Azadilla) respecto a la cosecha del cultivo en este caso del cultivo de lechuga. Estos resultados los respaldamos con estudios de (Obalum et al., 2011) los cuales mencionan en su estudio que este tipo de ensayos de campo deben ser de larga duración para validar y determinar la eficacia de estas prácticas agronómicas en el recurso edáfico para estudiar más a fondo las variables de pH y CE pero de acuerdo a sus resultados no se vieron diferencias significativas en el momento de cosecha ratifican que dichos resultados se atribuyen al tipo de labranza y tipo de cultivo además que el tiempo de evaluación no fue suficiente para generar diferencias consistentes. En Perú, un estudio similar en el cual (Sarmiento-Sarmiento et al., 2022) comparaban tres sistemas de labranza para determinar su impacto sobre la fertilidad del suelo evaluando el pH en el cual usaron aperos de disco, labranza vertical y se realizó labranza cero, de acuerdo a los tres sistemas de labranza no se presentaron diferencias significativas entre ellos respecto a los niveles de pH esto se debe al tiempo de labranza y las variaciones del espacio. Asimismo en los estudios realizado por (Sánchez-Marañón et al., 2002) mencionan que los impactos en los sistemas de labranza respecto a las características tanto físicas y químicas del suelo no presentan diferencias por el tiempo de labranza que realiza en el recurso suelo siendo no suficiente para evaluar variables de pH, CE además de elementos esenciales como N y P. Al evaluar las propiedades químicas del suelo tras la aplicación de labranza con tracción animal y motorizada no se encontraron diferencias significativas ni al usar abono orgánico pues la variable pH no tuvo cambios respecto al suelo solamente el rendimiento

sobresalió en el tratamiento de Motoazada estos resultados son similares a los obtenidos por Motta et al. (2001) quienes no encontraron efectos de los sistemas de laboreo pero si aumentos en la variable materia orgánica , puesto que el efecto de los abonos orgánicos inciden en esta variable mejorando los rendimientos de los cultivos.

La materia orgánica del suelo (MOS) está constituida por residuos de plantas y animales en diferentes estados de descomposición pues está estrechamente relacionada con las propiedades biológicas, físicas y químicas del suelo. De acuerdo al presente estudio no se demostraron diferencias significativas tanto por tratamientos ni momentos de labranza. Por otro lado, los valores del tratamiento de motoazada y azadillas aumentan, pero el de yunta disminuye pues dichos resultados los respaldamos con estudios realizados por (Sarmiento-Sarmiento et al., 2022) los cuales mencionan en su estudio que el contenido de materia orgánica no presento diferencias significativas entre los sistemas de labranza utilizados como son la labranza vertical, cero y horizontal aunque se observó un incremento de esta variable durante la primera etapa pues recalcan que estos resultados se deben a la temporalidad de los datos por lo que sugieren que se debe continuar con evaluaciones de tiempo más prolongados y considerar que los resultados no presentan dichas diferencias por el tipo de suelo, clima la profundidad de labranza y los factores de manejo agrícola. Los resultados de la variable de materia orgánica evaluada con diferentes momentos de labranza se observan un incremento de los valores pero no diferencias entre los tratamientos utilizados pues al usar abono orgánico incidieron en la variable estando de acuerdo con los resultados de Motta et al. (2001) quien menciona que el manejo de abonos orgánicos como pollinaza,bovinaza y otros abonos aumentan los contenidos de materia orgánica además de mejorar los rendimientos de los cultivos.

### **Objetivo específico 2**

De acuerdo a las variables evaluadas en el presente estudio para el cultivo de lechuga como el número de hojas y la longitud de la raíz no se presentan diferencias significativas entre

tratamientos, estos resultados los respaldan con estudios de (Demuner-Molina et al., 2014) los cuales evaluaron el efecto de tres sistemas de labranza convencional, vertical y cero en donde no encontraron diferencias significativas respecto al cultivo, se evidencian diferencias en la actividad microbiana del suelo por lo que aclaraban que la labranza no afecta directamente esta variable sino afecta al suelo en sus propiedades físicas por el tipo de apero que se usa. De acuerdo a la altura de la planta se puede evidenciar diferencias significativas en el tratamiento de yunta puesto que el usar este tipo de labranza no compacta demasiado el suelo como el uso de maquinaria agrícola, estos resultados lo corroboro con estudios de (Demuner-Molina et al., 2014) los cuales dicen el usar labranza con animales influyen en el crecimiento de los cultivos, no tiene efectos tan grandes respecto a esta variable pero si el usar labranza motorizada y vertical influye en el mullido del suelo afectando su estructura. Respecto a la variable peso del cultivo de lechuga se observaron diferencias significativas respecto a los tres tratamientos utilizados pues los valores más altos se reflejan en el tratamiento motoazada seguido del tratamiento yunta, azadilla. Actualmente no existen estudios previos evaluando este cultivo respectivamente. Según investigaciones de (Alva Montoya, 2016) menciona que la labranza mecanizada tiene mayores rendimientos en la agricultura familiar respecto al uso de la labranza tradicional ya que el uso de esta labranza mejora la calidad de los cultivos por obtener más producción. Las variables fenológicas de la raíz y número de hojas evaluadas en cultivo de lechuga no presentan diferencias respecto a los tratamientos utilizados tanto como tracción animal y motorizada, pero si existen diferencias en la altura de las plantas estos resultados están de acuerdo al estudio realizado en el cultivo de soja en donde no se presentan diferencias en el cultivo en variable de la raíz ya que la maquinaria no incide drásticamente en esta variable pero si se presentan diferencias en el tallo de la planta por el uso de abonos orgánicos y por labrar con maquinaria agrícola con aperos de tipo fresadora ya que la eficiencia de la maquinaria es alta de la misma manera el cultivo mejora su rendimiento por romper los agregados del suelo, además que el tiempo de laboreo con labranza vertical es muy poco para encontrar cambios significativos en la fenología del cultivo desde su siembra (Taher et al., 2013). En el estudio realizado en

Ayacucho Pampa del Arco justamente en el cultivo de trigo se menciona que los métodos de labranza mecanizada no inciden significativamente en las variables fenológicas del cultivo puesto que el número de pases de la maquinaria debe ser mayor para observar cambios en las propiedades físicas del suelo además de incluir fertilización orgánica en grandes cantidades para obtener cambios significativos en la respecto a la raíz del cultivo pues estos resultados concuerdan con la presente investigación (Chipana Barrientos, 2017).

### **Objetivo específico 3**

El uso de maquinaria agrícola (Motoazada-tractor agrícola) para labrar el suelo fue mucho más rápida respecto a la labranza tradicional con el uso de herramientas manuales como es la azadilla según estos resultados demuestran mayor eficiencia a la tracción motorizada respecto a los demás tratamientos, dichos resultados los respaldó con estudios de (Alva Montoya, 2016) los cuales mencionan que el uso de la tracción mecanizada mejora notablemente el rendimiento de los cultivos además de la calidad del suelo labrado donde se verificó cuantitativamente costos, rendimientos tanto en tiempos y esfuerzo para este tipo de labranza que a pesar de ser una labranza con altos costos los agricultores la prefieren para tener altos valores en la producción para una agricultura familiar sustentable. (Ríos, 2016) afirma en sus investigaciones que la mecanización agrícola, conjuntamente de mejorar los rendimientos en cultivos importantes optimiza el tiempo de trabajo demostrando así una mejor eficiencia respecto a el uso de herramientas de mano, disminuyendo así los costos de mano de obra para dar el mantenimiento correspondiente al equipo. De acuerdo al mantenimiento del cultivo el usar herramientas manuales ayudan a mejorar el espacio del cultivo evitando la competencia por nutrientes y luz. El uso de la tracción animal en este caso con el arado de palo juntamente con bueyes para el trabajo es una práctica ancestral muy conocida la cual ahorra tiempo y energía pero implica alimentación y aperos de labranza como la típica reja , por lo que se debe elegir los mejores bueyes para labores agrícolas según (FAO, 1979) en su manual constatan que el uso de la tracción animal es una opción de laboreo ya que los agricultores cuentan con ello para realizar su trabajo diario tomando en

cuenta varias consideraciones como el arar la tierra no más de 5 horas al día además de trabajar con los bueyes en las horas de la mañana para evitar que estos se canse y trabajen eficientemente. Respecto a los rendimientos sobresale la Motoazada esto lo corroboro con estudios de (Mamani et al., 2001) los cuales mencionan que este tipo de labranza con maquinaria hacen que los cultivos mejoren notablemente, demostrando gran eficiencia y ahorro de tiempo. Respecto a la tracción animal con animales de tiro y el arado de palo hacen el desterronamiento se incrementa con el número de pasadas de los animales, si se presentara más de 3 pasadas con el arado de palo no repercute el incremento de los rendimientos de los cultivos. Se sabe que el uso de diferentes tipos de labranza en el suelo no presentan diferencias significativas pero si inciden en el rendimiento de cultivos de interés como es la presente investigación la cual el rendimiento más alto fue el uso de tracción motorizada para el laboreo del suelo estos resultados está de acuerdo a los de Marín-Araya et al. (2023) los cuales mencionan en su estudio realizado en Cartago el tipo de implementos y de labranza ocasionan una gran pérdida del suelo pero a largo tiempo puesto que al usar maquinaria agrícola disminuye el tiempo de trabajo y mejora la rentabilidad de un cultivo.

De acuerdo a los costos de producción se ven representados en la figura 22 en la cual se puede observar que hay una gran diferencia en la cual el tratamiento que sobresale es la Motoazada, según la literatura nos dice que este tipo de equipo es el mejor para un buen rendimiento y calidad del cultivo, pero sus gastos difieren por lo que es necesario definir sus beneficios, ventajas y desventajas. Pues de acuerdo a los precios del producto se debe contemplar los del mercado para cubrir costos y tener ganancias ,por lo que para este tipo de productos se debe realizar análisis a fondo para diferenciar si el proyecto agrícola es rentable o no (Alva Montoya, 2016). El uso de maquinaria agrícola es una de las fuentes de trabajo mas importantes en la agricultura puesto que la mayoría de agricultores hacen uso de arados de discos y la yunta con bovinos ya sea por facilidad de trabajo y por la incidencia de la cultura ,en estudios realizados por (Sánchez-Hernández et al., 2014) mencionan que el índice de mecanización agrícola es alto en agricultores ya que según el estudio recalcan que la

maquinaria mejora el rendimiento de cultivos además de optimizar el tiempo de trabajo lo que similar a la investigación presentada en donde el uso de la tracción motorizada es la mas eficiente para los trabajos agrícolas.

Esta investigación en base a diferentes ingresos resulto ser rentable en dos tratamientos (Motoazada-yunta) mostrando una relación beneficio costo positiva frente a una negativa del tratamiento (azadilla), por lo que el realizar este tipo de cultivos con herramientas manuales no presenta ganancias.

## 8. Conclusiones

### Objetivo Específico 1

El suelo al ser un recurso natural, renovable y dinámico tiene un comportamiento que influye en sus propiedades tanto físicas como químicas, las cuales fueron evaluadas cuando el área de estudio se encontraba en barbecho para tener una visión sobre cómo se encontraban sus propiedades en un inicio, luego de la labranza mecánica, animal, tradicional (Labranza) y al final el ciclo del cultivo(Post-labranza).En ninguno de los últimos momentos de evaluación respecto a la las propiedades físicas que fueron analizadas la densidad aparente no fue estadísticamente diferente en ninguno de los tratamientos evaluados ,no obstante los valores del tratamiento de Motoazada disminuyen, en Azadilla y Yunta aumentan respecto al momento de Post-labranza .Esto podría presentarse por la escasas de espacio poroso donde se instaló el experimento ya que al inicio el terreno se encontraba con el cultivo de alfalfa.

Finalmente, en el momento de Post-labranza durante la cosecha del cultivo la densidad se aumenta en dos tratamientos, pero no se muestran diferencias entre tratamientos, por lo que se concluye que los tipos de labranza no influyen directamente en esta variable solamente aumenta ligeramente el valor, pero no afecta al cultivo directamente en su ciclo de desarrollo.

Cabe recalcar que los sistemas de labranza estudiados tanto como tracción animal, motorizada y labranza vertical no presentaron diferencias sobre las propiedades físicas, químicas y biológicas puesto que el tiempo que duro el cultivo no fue suficiente para lograr mejoras significativas en el recurso edáfico. Además, el manejo del cultivo con labores culturales como deshierbe mejora la fase de formación de roseta del cultivo de lechuga respectivamente y el aplicar abonos orgánicos aumentan contenidos de materia orgánica demostrando así productos de calidad asegurado seguridad alimentaria.

## **Objetivo Específico 2**

La fenología del cultivo dependerá de las labores de manejo y laboreo del recurso suelo, como es el caso de la lechuga en la cual los mejores resultados fueron del tratamiento 1 (Motoazada) seguido de yunta y azadilla, además de la variable altura en donde se evidencio que el uso de la tracción motorizada mejoro esta variable puesto que el usar maquinaria agrícola hace que el cultivo mejore notablemente ,cabe mencionar que esto se debe por la alta eficiencia y el ahorro de tiempo que brinda este tipo de labranza.

En esta investigación se exploró la fenología del cultivo de lechuga y su respuesta a los diferentes tipos de labranza pues los resultados más adecuados fueron para el uso de la tracción motorizada por el uso de aperos de cinceles, estos hallazgos nos mencionan que la mecanización agrícola afecta la morfología del cultivo y específicamente en términos de altura de la planta, es importante considerar dichos resultados al momento de implementar practicas agrícolas.

La labranza mecanizada evidencia diferencias en la altura del cultivo por lo que el rendimiento de es alto respecto a los demás tratamientos por lo que los agricultores deben considerar algunos aspectos respecto al manejo del cultivo tomando en cuenta las etapas fenológicas y los beneficios de los diferentes tipos de labranza para maximizar su producción y calidad de los productos.

## Objetivo específico 3

De acuerdo a los tratamientos la rentabilidad según la relación beneficio costo el tratamiento que sobresalió fue el T1(Motoazada) seguido de yunta y azadilla y de igual manera en la Utilidad neta, demostrando así que el tratamiento más rentable es el T1 para tener un rendimiento y calidad de producto adecuado tomando en cuenta sus beneficios y contras.

Respecto al rendimiento por m<sup>2</sup> sobresale el tratamiento de Motoazada por presentar valores altos en comparación a los demás tratamientos esto debido a que el uso de maquinaria hace que los cultivos tengan una rentabilidad alta además que el producto presenta características visuales adecuadas como el peso lo que hace que el uso de esta labranza disminuya mano de obra y por ende aumente la producción lo cual es una opción para mejorar la economía de los agricultores de la zona.

La tracción animal jugo un papel fundamental al momento de labrar el suelo tanto evitando mayor compactación y disminuyendo tiempo de trabajo no tanto como la tracción mecanizada, pero es una opción para labrar el suelo en cultivos de larga duración si no se contara con tracción motorizada ya que por sus beneficios no contamina el ambiente por no usar combustibles sino se hace uso de la energía de los animales de tiro, siendo así una opción viable para no perder esta práctica ancestral y mantenerla.

De acuerdo al rendimiento por m<sup>2</sup> del cultivo se puede apreciar que el valor más alto es el T1 siendo así la Motoazada ya que según la literatura podemos concluir que el usar la tracción motorizada influencia dicha variable respecto a la eficiencia del trabajo y al tiempo de laboreo además de mejorar visiblemente la calidad de los productos y contando con un manejo adecuado en labores culturales.

El cultivo de lechuga es uno de los cultivos hortícolas más importantes no solo por el producto sino por las características que este posee por lo que es importante considerar la variedad de lechuga, la eficiencia del tipo de labranza y de los recursos necesarios para generar ganancias.

Respecto al tiempo de laboreo concluyo que el mejor tratamiento es la Motoazada evitando gastos en mano de obra ya que representa una adecuada optimización del tiempo para labrar haciendo así que los agricultores opten por este tipo de labranza para que la producción del cultivo de interés sea mayor y eviten pérdidas económicas.

## 9. Referencias

- Acosta-Martínez, V., Bell, C. W., Morris, B. E. L., Zack, J., & Allen, V. G. (2010). Long-term soil microbial community and enzyme activity responses to an integrated cropping-livestock system in a semi-arid región. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 137(3), 231-240. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2010.02.008>
- Agronet . (15 de Febrero de 2021). *Tipos de labranza que usted puede utilizar en su predio*. Obtenido de <https://www.agronet.gov.co/Noticias/Paginas/Estos-son-los-tipos-de-labranza-que-usted-puede-utilizar-en-su-predio.aspx>
- Alonso Báez, M., & Aguirre Medina, J. F. (2011). EFECTO DE LA LABRANZA DE CONSERVACIÓN SOBRE LAS PROPIEDADES DEL SUELO. *Terra Latinoamericana*, 29(2), 113-121.
- Alva Montoya, C. R. (2016). Labranza con motocultores, motoazada y labranza tradicional en terrazas, en la agricultura familiar—Comunidad campesina Barrio Bajo, Matucana—Lima. *Universidad Nacional Agraria La Molina*. <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/20.500.12996/2221>
- Alvarado, S. O. (2008). Efecto de las prácticas de manejo del suelo en la captura y estabilización del carbono. En Memorias del XI Congreso Ecuatoriano de la Ciencia del Suelo "La Ciencia del Suelo y la Conservación Ambiental". En S. Alvarado Ochoa. Quito-Ecuador: Sociedad Ecuatoriana de la Ciencia del Suelo/UCE.
- Bermúdez, F., Torres, M., Lazo, L., Once, F., Vivar, V., Pelchor, J., & Orellana, M. (2007). Evaluación de Índices de erosión por medio de perfiladores micro topográficos en la cuenca media del río Paute, microcuenca de cachihuayco. *Revista de Ciencias Agropecuarias No 10 Universidad de Cuenca*, 53-62.
- Boada, R., & Espinosa, J. (2016). *Factors affecting yield potential of open pollinated corn in small farmers' fields in the Ecuadorian highlands*. Ecuador: Universidad Central del Ecuador -Siembra.

- Castellanos, M. (2012). *Manual de Preparacion de suelos con Traccion Animal*. Honduras: Abelino Pitty, Patricia Valladares.
- Ceballos, D., Hernández, O., & Vélez, J. A. (2010). Efecto de la labranza sobre las propiedades físicas en un andisol del departamento de Nariño. *Revista de Ciencias Agrícolas*, 27(1), 40-48.
- Chipana Barrientos, J. E. (2017). *Métodos de labranza mecanizada y niveles de abonamiento nitrogenado en el cultivo de trigo (Triticum aestivum L). Pampa del Arco, 2760 msnm—Ayacucho*. <http://repositorio.unsch.edu.pe/handle/UNSCH/2674>
- Córdova, N. C., Felipe, T. B. D., & Bermúdez, F. G. (2019). *Análisis comparativo de las cadenas de valor hortícolas en España y Ecuador: Caso de Azuay y Madrid*.
- Cortés, E., Álvarez, F., & González, H. (2009). La mecanización agrícola: Gestión, selección y administración de la maquinaria para las operaciones de campo. *CES Medicina Veterinaria y Zootecnia*, 4(2), Article 2.
- Dafonte, J., García-Tomillo, A., Figueiredo, T. d., Barbieri, R., Fonseca, F., Rodrigues, J., . . . Costa, O. V. (2019). Tomografía de resistividad eléctrica para detectar impactos cambios en las propiedades físicas del suelo, resultantes del laboreo con tracción animal y motorizada In J.L.G Pérez; D. Martín-Lammerding; M.Q. Sáenz-Badillos (Eds) Estudios en la Zona No Satur. En J. Dafonte Dafonte, A. García-Tomillo, T. d. Figueiredo, R. Barbieri, F. Fonseca, J. Rodrigues, . . . O. V. Costa. Madrid: Madrid: Universidad Politécnica de Madrid.
- Demuner-Molina, G., Cadena-Zapata, M., Campos-Magaña, S. G., Zermeño-González, A., & Sánchez-Pérez, F. de J. (2014). Efecto de labranza y mejoradores de suelo en humedad y desarrollo radicular. *Tecnología y ciencias del agua*, 5(2), 123-130.
- Díaz-Zorita, M., Grove, J. H., Murdock, L., Herbeck, J., & Perfect, E. (2004). Soil Structural Disturbance Effects on Crop Yields and Soil Properties in a No-Till Production System. *Agronomy Journal*, 96(6), 1651-1659. <https://doi.org/10.2134/agronj2004.1651>
- Diego Nava, F., Herrera Suárez, M., García de la Figal Costales, A. E., & Martínez y Cárdenas, J. R. (2015). Análisis de los sistemas de fuerza surgidos durante la operación del

- Arado de palo tradicional mexicano. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 24(1), 29-37.
- El Universo. (26 de Junio de 2004). Tracción animal en aumento. *Ecuador:Tracción animal en aumento*, pág. 2.
- Enkhuizen, R. S. (1994). *Plant Disease Reporter*. California.
- FAO. (1979). El cultivo con tracción animal. Roma: Edición francesa, Institut african pour le développement économique et social (INADES).
- FAO. (2016). Tecnologías para el ahorro de mano de obra: tracción animal y procesado mecánico de cultivos. *The Food and Agriculture Organization of the United Nations FAO TECA*.
- Font, D., & Rodríguez, A. (2013). Valoración de diferentes sistemas de preparación del suelo con tracción mecánica y animal, sobre algunas propiedades físico-mecánicas edáfica, en la producción del
- García, H. M. D., & Rivera, J. R. A. (2002). *TENDENCIAS DE LA MECANIZACIÓN AGRÍCOLA EN EL ESTADO DE SAN LUIS POTOSÍ, MÉXICO*. 27.
- García R, D. Y., Cárdenas H, J. F., Parra, A. S., García R, D. Y., Cárdenas H, J. F., & Parra, A. S. (2018). Evaluación de sistemas de labranza sobre propiedades físico-químicas y microbiológicas en un Inceptisol. *Revista de Ciencias Agrícolas*, 35(1), 16-25. <https://doi.org/10.22267/rcia.183501.79>
- García, Rivera, Aguirre, & Salazar, y. C. (2002). Tendencias de la mecanización agrícola en el estado de san luis potosí, méxico. *Interciencia*, 307-311.
- Gobierno Autónomo Decentralizado Parroquial del Valle . (2010). *MODELO DE GESTION PARTICIPATIVA DEL TERRITORIO PARROQUIAL EL VALLE*. Obtenido de Cuenca:Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial.
- Gómez, E., Ferreras, L., Toresani, S., Ausilio, A., & Bisaro, V. (2001). Changes in some soil properties in a Vertic Argiudoll under short-term conservation tillage. *Soil and Tillage Research*, 61(3), 179-186. [https://doi.org/10.1016/S0167-1987\(01\)00193-3](https://doi.org/10.1016/S0167-1987(01)00193-3)

- Gómez-Calderón, N., Villagra-Mendoza, K., & Solórzano-Quintana, M. (2018). La labranza mecanizada y su impacto en la conservación del suelo (revisión literaria). *Revista Tecnología en Marcha*, 31(1), 170. <https://doi.org/10.18845/tm.v31i1.3506>
- Guilcamaigua, D., & Chancusig, E. (Junio de 2008). *Soberanía Alimentaria y la Descolonización del Saber Vivamos criando la chacra*. Guamate-Chimborazo. Obtenido de LA EXPERIENCIA DE SABLOG CHICO Y SABLOG SAN JOSE, GUAMOTE – CHIMBORAZO: [https://assets-global.website-files.com/64e68b5e2dd43191516c3fc9/657ae99446950dd3bcb3da87\\_1\\_libro\\_criando\\_la\\_chacra\\_compressed%20\(1\).pdf](https://assets-global.website-files.com/64e68b5e2dd43191516c3fc9/657ae99446950dd3bcb3da87_1_libro_criando_la_chacra_compressed%20(1).pdf)
- Hervé, D., Mita, V., & Paz, B. (1999). *Sistemas de labranza para suelos salinos*.
- INEC. (Agosto de 2021). *Módulo de información Agroambiental y Tecnificación*. Obtenido de Boletín Técnico: [https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Encuestas\\_Ambientales/Modulo\\_Ambiental\\_ESPAC\\_2020/DOC\\_TEC\\_MOD\\_A MB-2020\\_08\\_19\\_4.pdf](https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Encuestas_Ambientales/Modulo_Ambiental_ESPAC_2020/DOC_TEC_MOD_A MB-2020_08_19_4.pdf)
- Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA). (2017). *Manual de producción de Lechuga*. Santiago, Chile.
- Instituto Nacional de Seguros. (2012). INSTITUTO NACIONAL DE SEGUROS SOLIDARIOS GESTIÓN EMPRESARIAL EN SALUD OCUPACIONAL. *Uso de Herramientas Manuales en la Agricultura*. San José, Costa Rica: Departamento de Gestión Empresarial en Salud Ocupacional.
- Japón, J. (1977). La lechuga hojas divuagadas. En J. J. Quintero, *La lechuga* (págs. 1-19). Madrid: Ministerio de Agricultura .
- Llana, L., Ávila-Salem, M. E., Montesdeoca, F., Aponte, H., Ron-Garrido, L., Espinosa, J., Rivera, M., Borie, F., Cornejo, P., & Ochoa, S. A. (2023). Efecto de la labranza y fertilización nitrogenada en los cultivos de fréjol y maíz sobre indicadores biológicos de la calidad de un suelo andino del Ecuador. *Siembra*, 10(1), Article 1. <https://doi.org/10.29166/siembra.v10i1.4261>

- López-Santos, A., González-Cervantes, G., Cadena-Zapata, M., & González-Barrios, J. L. (2012). *Efecto de la labranza primaria en la calidad física del suelo, evaluada mediante permeámetro de disco*.
- Mamani, P., Botello, R., Condori, B., Moya, H., & Devaux, A. (2001). Efecto del Tipo de Labranza con Tracción Animal en las Características Físicas del Suelo, Conservación de la Humedad y en el Crecimiento y Producción del Cultivo de la Papa. *Revista Latinoamericana de la Papa*, 12(1), Article 1. <https://doi.org/10.37066/ralap.v12i1.114>
- Marín-Araya, S., Villatoro-Sánchez, M., Marín-Araya, S., & Villatoro-Sánchez, M. (2023). Efecto de tres implementos de labranza sobre propiedades físicas de un suelo andisol en Tierra Blanca, Cartago. *Agronomía Costarricense*, 47(2), 95-110. <https://doi.org/10.15517/rac.v47i2.56135>
- Mármol, L., Higuera, A., & Larreal, M. (2014). Efecto a corto plazo del tipo de labranza y el uso de cobertura sobre las propiedades químicas y físicas del suelo, bajo las condiciones de la altiplanicie de Maracaibo. *Rev. Fac. Agron.*
- Márquez et al. - *Unidad de Estadísticas Agropecuarias.pdf*. (s. f.). Recuperado 14 de junio de 2024, de [https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas\\_agropecuarias/espac/espac-2020/Boletin%20Tecnico%20ESPAC%202020.pdf](https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_agropecuarias/espac/espac-2020/Boletin%20Tecnico%20ESPAC%202020.pdf)
- Meier, H., & Ledgard Jimenez, R. (1993). *Mecanizacion Agricola Tomo I*. Lima (Perú): Herrandina.
- Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG). (2021). *INFORMACIÓN AGROECONÓMICA PROVINCIAL*. Obtenido de Cifras territoriales: <http://sipa.agricultura.gob.ec/index.php/cifras-territoriales>
- Montoya, C. R. A. (s. f.). *LABRANZA CON MOTOCULTORES, MOTOAZADA Y LABRANZA TRADICIONAL EN TERRAZAS, EN LA AGRICULTURA FAMILIAR - COMUNIDAD CAMPESINA BARRIO BAJO, MATUCANA – LIMA*.
- Motta, A. C. V., Reeves, D. W., Feng, Y., Burmester, C. H., & Raper, R. L. (2001). Management systems to improve soil quality for cotton production in a degraded silt

loam soil in Alabama (USA). *Conservation agriculture, a worldwide challenge. First World Congress on conservation agriculture, Madrid, Spain, 1-5 October, 2001.*

Volume 2: offered contributions, 219-222.

<https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/20013178313>

Nava, Herrera, Suárez, García, & Martínez. (2015). Análisis de los sistemas de fuerza surgidos durante la operación del Arado de palo tradicional mexicano. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 24(1), 29-37.

Normalización española. (2010). Maquinaria agrícola y forestal. Motocultores con azadas rotativas, motoazadas y motoazadas con rueda(s) motriz(ces). Seguridad. *Asociación Española de Normalización y Certificación*, 44 p.

Obalum, S., Uzoh, I., Obi, M., & Wakatsuki, T. (2011). Short term effects of tillage-mulch practices under sorghum and soybean on organic carbon and eutrophic status of a degraded ultisol in southeastern Nigeria. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 14, 393-403.

Orbe, & Plaza. (Mayo de 1988). *Consideraciones básicas para la selección de maquinaria agrícola*. Quito, EC: INIAP, Estación Experimental Santa Catalina, Departamento de Ingeniería Agrícola.(Serie Didáctica No. 5).

Ortega, J. (24 de Julio de 2013). "EVALUACIÓN DE TRES ABONOS ORGÁNICOS Y TRES DOSIS DE APLICACIÓN EN LA PRODUCCIÓN DE LECHUGAS ORGÁNICAS Y SU INFLUENCIA EN LAS CARACTERÍSTICAS FENOLÓGICAS EN EL CANTÓN PÍLLARO". Obtenido de [file:///C:/Users/Usuario/Downloads/tesis-005%20Maestr%C3%ADa%20en%20Agroecolog%C3%ADa%20y%20Ambiente%20-%20CD%20216%20\(3\).pdf](file:///C:/Users/Usuario/Downloads/tesis-005%20Maestr%C3%ADa%20en%20Agroecolog%C3%ADa%20y%20Ambiente%20-%20CD%20216%20(3).pdf)

Pérez De Corcho Fuentes, J. S., Herrera Suárez, M., Vivas Vivas, R. J., García, G., & Valdiviezo, R. (2017). La mecanización agrícola: Campo de acción de la ingeniería agronómica. *Siembra*, 4(1), 59-65. <https://doi.org/10.29166/siembra.v4i1.500>

Puebla, J., José, A., Martínez-Cañizares, A., Rodríguez-González, C., & Cid-Lazo, G. (2017). *ARTÍCULO ORIGINAL ARTÍCULO ORIGINAL Efecto de dos sistemas de labranza*

*sobre la infiltración en suelos Ferralíticos Rojos Effects of Two-Soil Tillage's System in the Infiltration Capacity of Red Ferralitic Soils.*

Puerto Alba, M. F. (2019). Azadon. *ficha tecnica*. ARL SURA. Obtenido de <https://es.scribd.com/document/411107834/azadon>

Pillajo, F. (1989). La huerta hortícola familiar. *Boletín Divulgativo no. 169*. NIAP, Estación Experimental Santa Catalina Programa de Papa y Hortalizas, Quito, Ecuador.

Quintero, J. J. (1997). *La lechuga*. España: Ministerio de Agricultura ,Alimentación y Medio Ambiente.

Prieto, B., Peroza, J. A., & Grandet, G. (2017). *Efecto de labranza y manejo de materiales orgánicos sobre algunas propiedades físicas y químicas de un vertic endoaquept del Valle del Sinú, Córdoba Colombia*. <https://repositorio.unicordoba.edu.co/handle/ucordoba/432>

Quintero, J. J. (1997). *La lechuga*. España: Ministerio de Agricultura ,Alimentación y Medio Ambiente.

Ríos, Q. Á. (2016). Análisis y diseño de un apero cosechador de papas para el motocultor YTO DF-15L-MAGAP. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Roche, L. .. (2011). Evaluación de cinco fuentes de aminoácidos de origen vegetal en el cultivo de Lechuga Lactuca Sativa I. De la variedad Green Salad Bowl. *Tesis de pregrado*. Universidad Técnica del Norte. Obtenido de Recuperado de <https://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/214>

Rubio, A. (2002). Fundamentos de fisiología vegetal. En A. Rubio. España, Barcelona: I Mc Graw.

R, S. del, & Gabriel (ed.). (2017). *Manual de producción de Lechuga*. <https://biblioteca.inia.cl/handle/20.500.14001/6703>

Sánchez-Hernández, M. A., Ayala-Garay, A. V., Cervantes-Osornio, R., Garay-Hernández, M., De la O-Olán, M., Martínez-Trejo, G., & Velázquez-López, N. (2014). Diagnóstico de la maquinaria agrícola en Amecameca y Texcoco, Estado de México. *Agricultura, sociedad y desarrollo, 11(4)*, 499-516.

- Sánchez-Marañón, M., Soriano, M., Delgado, G., & Delgado, R. (2002). Soil Quality in Mediterranean Mountain Environments: Effects of Land Use Change. *Soil Science Society of America Journal - SSSAJ*, 66. <https://doi.org/10.2136/sssaj2002.0948>
- Sarmiento-Sarmiento, G., Peña-Dávila, J., Medina-Dávila, H., Sarmiento-Sarmiento, G., Peña-Dávila, J., & Medina-Dávila, H. (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://doi.org/10.29393/chjaas38-10itgh30010>
- Sistema de Información Pública Agropecuaria del Ecuador (SIPA). (2021). *INFORMACIÓN AGROECONÓMICA PROVINCIAL ,SECTOR PRODUCTIVO*. Obtenido de <http://sipa.agricultura.gob.ec/index.php/cifras-territoriales>
- Soil Science Division Staff. (2017). Manual de estudio de suelos . En J. Fortner. C, Ditzler; K, Scheffe y HC Monger
- Sukampo (2024). Motoazada DUCATI DTL-10000. *Maquinas Agro y Jardín* .
- Suquilanda, M. (29-31 de Octubre de 2008). *El deterioro de los suelos en el Ecuador y la produccion agricola. En Memorias del XI Congreso Ecuatoriano de la Ciencia del Suelo “La Ciencia del Suelo y la Conservación Ambiental”*. Obtenido de El deterioro de los suelos en el Ecuador y la produccion agricola. En Memorias del XI Congreso Ecuatoriano de la Ciencia del Suelo “La Ciencia del Suelo y la Conservación Ambiental”: <https://es.scribd.com/document/493798590/deterioro-de-los-suelos-en-el-Ecuador-y-la-produccion-agricola>
- Smith, D. R., & Warnemuende-Pappas, E. A. (2015). Vertical tillage impacts on water quality derived from rainfall simulations. *Soil and Tillage Research*, 153, 155-160. <https://doi.org/10.1016/j.still.2015.04.004>.
- Taher, H. I., Aparicio, V. C., Costa, J. L., & Puricelli, M. (2013). Evaluación de propiedades edáficas en distintos estados de cultivo de soja. *Ciencia del suelo*, 31(1), 57-65.

Universidad Nacional de Entre Ríos (UNER). (2008). *Labranza*. Obtenido de Implementos y Equipos para la labranza de Conservacion: <https://mecanizacionagricolafca.files.wordpress.com/2012/06/apunte-labranza2.pdf>

Vera, M. (2008). Adaptación y comportamiento agronómico de diferentes híbridos de lechuga sembradas mediante sistemas hidropónicos de raíz flotante en la zona de Babahoyo. *Tesis de Ingeniero Agrónomo*. Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Técnica de Babahoyo, Ecuador.

Zamorano, A., Velasco, R., & Mosquera, M. P. (2002). Efecto de cinco sistemas de manejo del suelo en las propiedades físicas de un typic distrandept en Piendamó, Cauca. *Acta Agronómica*, 51(1-2), Article 1-2.

Zea, P., Pierre, L., Lucero, G., Larriva, W., & Chica, E. J. (2020). Desarrollo y rendimiento de calabacín y lechuga cultivados sobre acolchados vivos en Cuenca, Ecuador. *Siembra*, 7(1), Article 1. <https://doi.org/10.29166/siembra.v7i1.1811>

## 10. Anexos

### Anexo A. Selección y limpieza del área de estudio.



### Anexo B. Abonamiento y cercado del área de estudio



## Anexo C. Intervención del tractor agrícola



## Anexo D. Tracción animal, motorizada y labranza vertical



## Anexo E. Levantamiento de camas y siembra de plántulas



Anexo F. Primeras etapas de desarrollo



Anexo G. Desarrollo del cultivo previo a la cosecha



## Anexo H. Muestreo y mantenimiento del cultivo



## Anexo I. Cosecha y toma de datos finales del cultivo



## Anexo J. Peso de lechugas



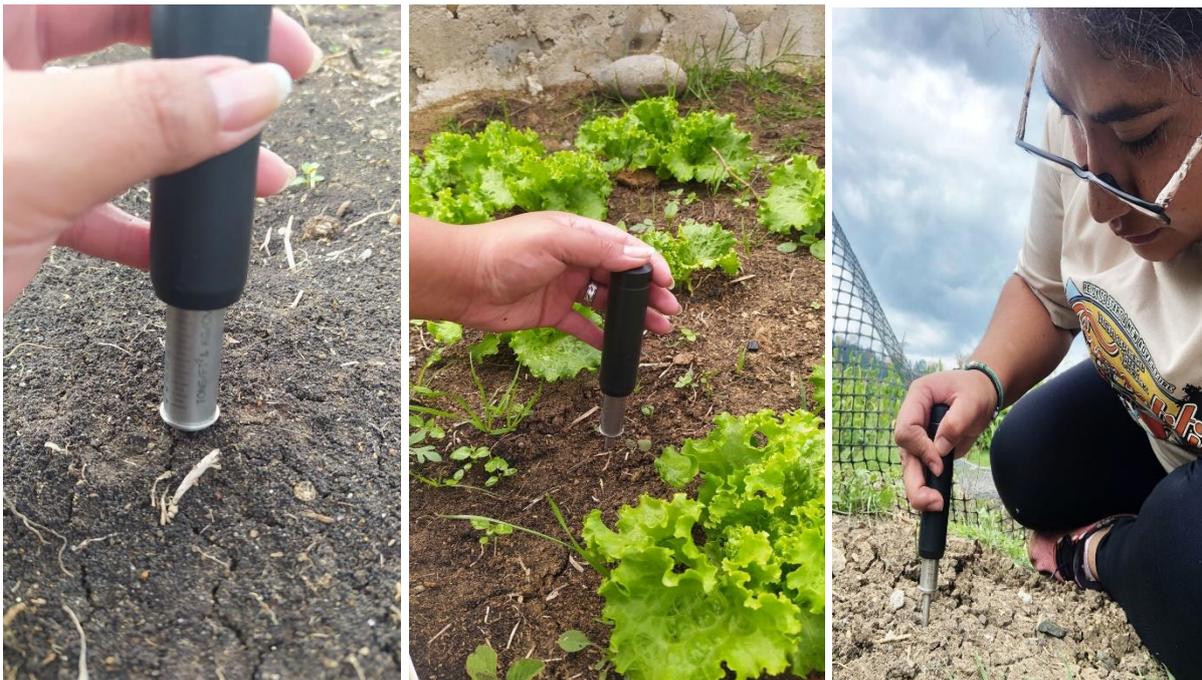
## Anexo K. Enfundado y engavetado de lechugas para la venta



## Anexo L. Toma de muestras alteradas-inalteradas



## Anexo M. Uso del penetrómetro para dureza del suelo



## Anexo N. Procesamiento de muestras



## Anexo O. Determinación de parámetros físicos y químicos



Anexo P. Modelo de toma de datos

UNIVERSIDAD DE CUENCA  
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS  
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA  
LABORATORIO DE FÍSICA DE SUELOS  
ANÁLISIS DE PARÁMETROS DEL SUELO

RESPONSABLE: *Gabriela Lazo*  
FECHA: *7/03/2024* ORIGEN DE LA MUESTRA:

N°	Código muestra	Color húmedo	Color seco	pH	C.E. (mS/cm)	Código del crisol	% MO		
							Peso crisol (g)	Peso suelo seco (g)	Peso de suelo inclinado + crisol (g)
1	1. Tesis GL			6,76	6,76	1	19,79	10,00	29,11
					202	2	19,83		29,12
2	2. Tesis GL			6,83		11	27,67		37,00
					156,1	12	32,57		41,93
3	3. Tesis GL			6,83		8	18,19		27,54
					217	10	14,30		20,62
4	4. Tesis GL			6,80		9	10,60		20,20
					152,4	16	25,83		35,15
5	5. Tesis GL			6,56	6,56	3	25,79		35,05
					168,7	23	27,72		37,02
6	6. Tesis GL			6,63		13	24,91		34,20
					187,5	34	26,36		35,74
7	7. Tesis GL			7		27	25,78		35,05
					286,6	17	26		35,20
8	8. Tesis GL			6,83		28	25,34		34,72
					161,7	25	25,94		35,26
9	9. Tesis GL			6,45		14	27,76		37,04
					363	36	22,95		32,18
10	10. Tesis GL			6,33	6,33	31	25,53		37,87
					233	20	27,01		36,32
11	11. Tesis GL			6,36	6,36	6	28,89		38,11
					214	7	25,09		34,72
12	12. Tesis GL			6,84		26	26,65		36,92
					146,6	21	26,91		36,23
13	13. Tesis GL			6,70		19	27,74		37,01
					128,6	33	25,69		34,96
14	14. Tesis GL			6,67	6,67	4	25,03		34,44
					124	29	26,54		35,74
15	15. Tesis GL			5,95	5,95	32	26,59		35,60
					265	35	25,18		34,38

Anexo Q. Base de datos sobre parámetros del suelo

Muestreo	Tratamientos	Densidad apa	Porosidad %	Textura	Estructura	Dureza	Infiltración	Ph	C. E	Materia org.
Muestreo 2	Azadilla	0,85	46	Franco arcilloso	Laminar	1,33	0,00	6,76	0,14	6,95
Muestreo 2	Azadilla	0,95	40,77	Franco arcilloso	Laminar	1,33	0,38	6,89	0,2	7
Muestreo 2	Azadilla	0,76	42,61	Franco arcilloso	Laminar	2,5	0,44	6,8	0,15	7
Muestreo 2	Azadilla	1	40	Franco arcilloso	Laminar	2,17	1,13	6,45	0,18	6,5
Muestreo 2	Azadilla	1,01	41,36	Franco arcilloso	Laminar	3,33	1,63	6	0,18	7,95
Muestreo 2	Yunta	0,85	40,72	Franco arcilloso	Laminar	3,16	0,36	6,63	0,19	7
Muestreo 2	Yunta	0,88	41,42	Franco arcilloso	Laminar	1,33	0,69	7	0,2	6,9
Muestreo 2	Yunta	0,98	45,33	Franco arcilloso	Laminar	3	1,07	6,33	0,21	7,55
Muestreo 2	Yunta	0,81	30,00	Franco arcilloso	Laminar	3,5	1,51	6,36	0,15	6,75
Muestreo 2	Yunta	0,9	44,30	Franco arcilloso	Laminar	2,17	1,32	6,87	0,12	7,3
Muestreo 2	motoazada	0,88	40,45	Franco arcilloso	Laminar	2,16	0,19	6,56	0,16	6,4
Muestreo 2	motoazada	1,0	42,79	Franco arcilloso	Laminar	2,5	0,50	6,84	0,13	7,25
Muestreo 2	motoazada	0,9	45,40	Franco arcilloso	Laminar	2,67	0,82	6,7	0,15	7,05
Muestreo 2	motoazada	0,89	42,94	Franco arcilloso	Laminar	1,66	1,01	6,83	0,16	6,55
Muestreo 2	motoazada	0,87	42,85	Franco arcilloso	Laminar	3,66	1,45	6,83	0,16	7,65
Muestreo 3	Azadilla	0,89	45	Franco arcilloso	Laminar	2,67	0,00	6,66	0,14	6,77
Muestreo 3	Azadilla	1,06	44,5	Franco arcilloso	Laminar	3,5	0,38	6,48	0,14	6,9
Muestreo 3	Azadilla	0,96	40	Franco arcilloso	Laminar	3,67	0,50	7,5	0,16	7
Muestreo 3	Azadilla	1	40,10	Franco arcilloso	Laminar	3,17	1,01	6,14	0,13	7,9
Muestreo 3	Azadilla	1,8	44,44	Franco arcilloso	Laminar	2,68	1,76	6,64	0,13	7,8
Muestreo 3	Yunta	0,95	62,80	Franco arcilloso	Laminar	3,17	0,69	6,46	0,08	6,7
Muestreo 3	Yunta	1,8	60	Franco arcilloso	Laminar	3	0,82	6,69	0,07	7
Muestreo 3	Yunta	0,9	45	Franco arcilloso	Laminar	3,16	1,13	6,56	0,16	6,3
Muestreo 3	Yunta	1	40,52	Franco arcilloso	Laminar	3,85	1,26	6,53	0,12	6,28
Muestreo 3	Yunta	1,9	47,37	Franco arcilloso	Laminar	3,83	1,70	6,23	0,12	5,27
Muestreo 3	motoazada	0,91	47,5	Franco arcilloso	Laminar	3,5	0,25	6,21	0,16	7,2
Muestreo 3	motoazada	0,9	40	Franco arcilloso	Laminar	3,66	0,63	6,62	0,14	7,95
Muestreo 3	motoazada	0,9	40	Franco arcilloso	Laminar	3,17	0,94	6,63	0,07	7,26
Muestreo 3	motoazada	0,97	43,70	Franco arcilloso	Laminar	3	1,38	6,73	0,15	6,48
Muestreo 3	motoazada	0,9	43,00	Franco arcilloso	Laminar	3,83	1,57	6,58	0,1	6,95

### Anexo R. Base de datos de parámetros de las plantas

Tratamiento	Repeticion	No hojas	Altura cm	Long.raiz cm	Peso kg/m2
Azadilla	1	4	13	11,12	0,53
Azadilla	2	6	13	11,12	0,53
Azadilla	3	4	13	11,12	0,53
Azadilla	4	4	13	11,12	0,53
Azadilla	5	3	13	11,12	0,53
Yunta	1	4	14	11,57	0,56
Yunta	2	3	14	11,57	0,56
Yunta	3	3	14	11,57	0,56
Yunta	4	4	14	11,57	0,56
Yunta	5	4	14	11,57	0,56
Motoazada	1	3	13	11,62	0,65
Motoazada	2	4	13	11,62	0,65
Motoazada	3	4	13	11,62	0,65
Motoazada	4	3	13	11,62	0,65
Motoazada	5	3	13	11,62	0,65

### Anexo S. Base de datos de tiempos de trabajo

Tratamiento	Tiempo preparacion min
Azadilla	240
Yunta	180
Motoazada	120
tractor	120

## Anexo T. Costos de producción para la implementación del cultivo de lechuga

Costos de implementación del cultivo de lechuga					
<b>1. Preparación del terreno</b>					
	Unidad	Cantidad	C.Unit	C.total	Total
Tractor agrícola	dia	1	30	30	30
Motoazada	dia	1	100	100	100
Yunta	dia	1	30	30	30
Azadilla	dia	3	20	60	60
Abono de col	saco	24	2	48	48
Jornal	u	1	20	20	20
				<b>Total</b>	<b>288</b>
<b>2. Cercado del terreno</b>					
	Unidad	Cantidad	C.Unit	C.total	Total
Material/insu					
Postes de ma	Poste	28	1,7	47,6	47,6
Malla plastic	m	80	1,5	120	120
Sujetadores	paquete	2	8	16	16
Maquina retr	u	1	45	45	45
				<b>Total</b>	<b>228,6</b>
<b>3. Implementación de camas de cultivo</b>					
	Unidad	Cantidad	C.Unit	C.total	Total
Material/insu					
Piola	rollo	1	3	1	3
Estacas	Unidad	60	1	60	1
Azadilla	Unidad	4	0	0	0
Jornal	Unidad	1	20	20	20
				<b>Total</b>	<b>24</b>
<b>4. Siembra del cultivo</b>					
	Unidad	Cantidad	C.Unit	C.total	
Material/insu					
Plantulas de	u	3600	0,01	36	36
Jornal	u	4	20	80	80
				<b>Total</b>	<b>116</b>
<b>5. Cosecha</b>					
	Unidad	Cantidad	C.Unit	C.total	
Material/insu					
Balanza	Unidad	1	10	10	10
Gabetas	Unidad	2	10	20	20
Fundas	Paquete	5	2	10	10
Cuchillos	Unidad	2	3	6	6
Jornal	Unidad	3	20	60	60
				<b>Total</b>	<b>106</b>

Anexo U. Costo total y por tratamientos de la investigación

<b>Costos de la implementación del cultivo de lechuga</b>				
		T1	T2	T3
1.Preparación del terreno	288	20	6	12
2.Cercado	228,6	0	0	0
3.Implementación de camas	24	0	0	0
4.Siembra	116	0	0	0
5.Cosecha	106	0	0	0
6.Costos variables	15	15	15	15
<b>Total</b>			<b>815,6</b>	

<b>Costo total de tratamientos</b>	T1 M	T2 Y	T3 A
1.Preparacion del terreno	20	6	12
2.Cercado del terreno	0	0	0
3.Implementacion de camas de	0	0	0
4.Siembra del cultivo	0	0	0
5.Cosecha	0	0	0
Costos variables	15	15	15
<b>TOTAL COSTO</b>	<b>35</b>	<b>21</b>	<b>27</b>

Anexo V. Estadística descriptiva de variables del suelo

Fecha	Tratamientos	Variable	n	Media	D.E.	CV	Mín	Máx	Mediana
Muestreo 2	Azadilla	Densidad apa	5	0,91	0,11	11,70	0,76	1,01	0,95
Muestreo 2	Azadilla	Porosidad %	5	42,15	2,36	5,59	40,00	46,00	41,36
Muestreo 2	Azadilla	Infiiltracion	5	17,33	0,29	1,68	17,10	17,80	17,22
Muestreo 2	Azadilla	Ph	5	6,58	0,36	5,53	6,00	6,89	6,76
Muestreo 2	Azadilla	Conductividad E	5	0,17	0,02	14,41	0,14	0,20	0,18
Muestreo 2	Azadilla	Materia org.	5	7,08	0,53	7,48	6,50	7,95	7,00
Muestreo 2	motoazada	Densidad apa	5	0,91	0,05	5,80	0,87	1,00	0,89
Muestreo 2	motoazada	Porosidad %	5	42,89	1,75	4,08	40,45	45,40	42,85
Muestreo 2	motoazada	Infiiltracion	5	17,21	0,32	1,84	16,92	17,60	17,10
Muestreo 2	motoazada	Ph	5	6,75	0,12	1,81	6,56	6,84	6,83
Muestreo 2	motoazada	Conductividad E	5	0,15	0,01	8,58	0,13	0,16	0,16
Muestreo 2	motoazada	Materia org.	5	6,98	0,51	7,33	6,40	7,65	7,05
Muestreo 2	Yunta	Densidad apa	5	0,88	0,06	7,18	0,81	0,98	0,88
Muestreo 2	Yunta	Porosidad %	5	40,35	6,10	15,11	30,00	45,33	41,42
Muestreo 2	Yunta	Infiiltracion	5	17,10	0,28	1,61	16,65	17,40	17,15
Muestreo 2	Yunta	Ph	5	6,64	0,30	4,50	6,33	7,00	6,63
Muestreo 2	Yunta	Conductividad E	5	0,17	0,04	21,73	0,12	0,21	0,19
Muestreo 2	Yunta	Materia org.	5	7,10	0,32	4,54	6,75	7,55	7,00
Muestreo 3	Azadilla	Densidad apa	5	1,14	0,37	32,66	0,89	1,80	1,00
Muestreo 3	Azadilla	Porosidad %	5	42,81	2,53	5,90	40,00	45,00	44,44
Muestreo 3	Azadilla	Infiiltracion	5	16,93	0,09	0,51	16,80	17,02	16,93
Muestreo 3	Azadilla	Ph	5	6,68	0,50	7,50	6,14	7,50	6,64
Muestreo 3	Azadilla	Conductividad E	5	0,14	0,01	8,75	0,13	0,16	0,14
Muestreo 3	Azadilla	Materia org.	5	7,27	0,53	7,33	6,77	7,90	7,00
Muestreo 3	motoazada	Densidad apa	5	0,92	0,03	3,33	0,90	0,97	0,90
Muestreo 3	motoazada	Porosidad %	5	42,84	3,11	7,25	40,00	47,50	43,00
Muestreo 3	motoazada	Infiiltracion	5	16,64	0,42	2,53	16,00	17,05	16,80
Muestreo 3	motoazada	Ph	5	6,55	0,20	3,05	6,21	6,73	6,62
Muestreo 3	motoazada	Conductividad E	5	0,12	0,04	30,50	0,07	0,16	0,14
Muestreo 3	motoazada	Materia org.	5	7,17	0,53	7,45	6,48	7,95	7,20
Muestreo 3	Yunta	Densidad apa	5	1,31	0,50	37,82	0,90	1,90	1,00
Muestreo 3	Yunta	Porosidad %	5	51,14	9,74	19,04	40,52	62,80	47,37
Muestreo 3	Yunta	Infiiltracion	5	16,86	0,44	2,61	16,20	17,30	16,90
Muestreo 3	Yunta	Ph	5	6,49	0,17	2,61	6,23	6,69	6,53
Muestreo 3	Yunta	Conductividad E	5	0,11	0,04	32,78	0,07	0,16	0,12
Muestreo 3	Yunta	Materia org.	5	6,31	0,65	10,36	5,27	7,00	6,30

## Anexo W. Prueba de Normalidad

Shapiro-Wilks (modificado)							
Tratamientos	Muestreo	Variable	n	Media	D.E.	W*	p(Unilateral D)
Azadilla	Muestreo 2	Densidad apa	5	0,92	0,10	0,87	0,3180
Azadilla	Muestreo 2	Porosidad %	5	42,15	2,36	0,89	0,3910
Azadilla	Muestreo 2	Dureza	5	2,13	0,85	0,89	0,4250
Azadilla	Muestreo 2	Infiiltracion	5	0,72	0,65	0,93	0,6250
Azadilla	Muestreo 2	Ph	5	6,58	0,36	0,86	0,2589
Azadilla	Muestreo 2	C. E	5	0,17	0,02	0,92	0,5477
Azadilla	Muestreo 2	Materia org.	5	7,08	0,53	0,87	0,2993
Azadilla	Muestreo 3	Densidad apa	5	1,14	0,37	0,73	0,0176
Azadilla	Muestreo 3	Porosidad %	5	42,81	2,53	0,73	0,0175
Azadilla	Muestreo 3	Dureza	5	3,14	0,46	0,86	0,2438
Azadilla	Muestreo 3	Infiiltracion	5	0,73	0,68	0,94	0,7259
Azadilla	Muestreo 3	Ph	5	6,68	0,50	0,91	0,4983
Azadilla	Muestreo 3	C. E	5	0,14	0,01	0,83	0,1698
Azadilla	Muestreo 3	Materia org.	5	7,27	0,53	0,80	0,0936
motoazada	Muestreo 2	Densidad apa	5	0,91	0,05	0,76	0,0378
motoazada	Muestreo 2	Porosidad %	5	42,89	1,75	0,92	0,6043
motoazada	Muestreo 2	Dureza	5	2,53	0,74	0,97	0,8625
motoazada	Muestreo 2	Infiiltracion	5	0,79	0,48	0,99	0,9708
motoazada	Muestreo 2	Ph	5	6,75	0,12	0,79	0,0713
motoazada	Muestreo 2	C. E	5	0,15	0,01	0,74	0,0208
motoazada	Muestreo 2	Materia org.	5	6,98	0,51	0,94	0,6946
motoazada	Muestreo 3	Densidad apa	5	0,92	0,03	0,65	0,0030
motoazada	Muestreo 3	Porosidad %	5	42,84	3,11	0,89	0,3802
motoazada	Muestreo 3	Dureza	5	3,43	0,34	0,94	0,6856
motoazada	Muestreo 3	Infiiltracion	5	0,95	0,54	0,95	0,7529
motoazada	Muestreo 3	Ph	5	6,55	0,20	0,81	0,1209
motoazada	Muestreo 3	C. E	5	0,12	0,04	0,89	0,4037
motoazada	Muestreo 3	Materia org.	5	7,17	0,53	0,98	0,9203
Yunta	Muestreo 2	Densidad apa	5	0,90	0,07	0,91	0,5326
Yunta	Muestreo 2	Porosidad %	5	40,35	6,10	0,83	0,1543
Yunta	Muestreo 2	Dureza	5	2,63	0,88	0,91	0,5284
Yunta	Muestreo 2	Infiiltracion	5	0,99	0,47	0,95	0,7488
Yunta	Muestreo 2	Ph	5	6,64	0,30	0,88	0,3525
Yunta	Muestreo 2	C. E	5	0,17	0,04	0,89	0,4037
Yunta	Muestreo 2	Materia org.	5	7,10	0,32	0,94	0,7007
Yunta	Muestreo 3	Densidad apa	5	1,31	0,50	0,75	0,0274
Yunta	Muestreo 3	Porosidad %	5	51,14	9,74	0,88	0,3369
Yunta	Muestreo 3	Dureza	5	3,40	0,41	0,78	0,0601
Yunta	Muestreo 3	Infiiltracion	5	1,12	0,40	0,95	0,7648
Yunta	Muestreo 3	Ph	5	6,49	0,17	0,96	0,7906
Yunta	Muestreo 3	C. E	5	0,11	0,04	0,92	0,5890
Yunta	Muestreo 3	Materia org.	5	6,31	0,65	0,92	0,5910

## Anexo X. Anova variables de suelo}

Análisis de la varianza						
<b>Densidad apa</b>						
Muestreo	Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup>	Aj	CV
Muestreo 2	Densidad apa	15	0,03	0,00	8,64	
Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)						
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	
Modelo	2,5E-03	2	1,3E-03	0,21	0,8156	
Tratamientos	2,5E-03	2	1,3E-03	0,21	0,8156	
Error	0,07	12	0,01			
Total	0,08	14				
<b>Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,13153</b>						
Error: 0,0061 gl: 12						
Tratamientos Medias n E.E.						
Yunta	0,88	5	0,03	A		
motoazada	0,91	5	0,03	A		
Azadilla	0,91	5	0,03	A		
Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)						
<b>Porosidad %</b>						
Muestreo	Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup>	Aj	CV
Muestreo 2	Porosidad %	15	0,08	0,00	9,35	
Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)						
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	
Modelo	16,96	2	8,48	0,56	0,5880	
Tratamientos	16,96	2	8,48	0,56	0,5880	
Error	183,26	12	15,27			
Total	200,22	14				
<b>Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=6,59381</b>						
Error: 15,2717 gl: 12						
Tratamientos Medias n E.E.						
Yunta	40,35	5	1,75	A		
Azadilla	42,15	5	1,75	A		
motoazada	42,89	5	1,75	A		
Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)						
<b>Dureza</b>						
Muestreo	Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup>	Aj	CV
Muestreo 2	Dureza	15	0,08	0,00	33,85	
Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)						
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	
Modelo	0,70	2	0,35	0,52	0,6099	
Tratamientos	0,70	2	0,35	0,52	0,6099	
Error	8,13	12	0,68			
Total	8,82	14				
<b>Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=1,38848</b>						
Error: 0,6772 gl: 12						
Tratamientos Medias n E.E.						
Azadilla	2,13	5	0,37	A		
motoazada	2,53	5	0,37	A		
Yunta	2,63	5	0,37	A		
Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)						

## Infiltracion

Muestreo	Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Muestreo 2	Infiltracion	15	0,05	0,00	64,90

### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,20	2	0,10	0,34	0,7180
Tratamientos	0,20	2	0,10	0,34	0,7180
Error	3,51	12	0,29		
Total	3,71	14			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,91255

Error: 0,2925 gl: 12

Tratamientos	Medias	n	E.E.
Azadilla	0,72	5	0,24 A
motoazada	0,79	5	0,24 A
Yunta	0,99	5	0,24 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

## Ph

Muestreo	Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Muestreo 2	Ph	15	0,07	0,00	4,22

### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,08	2	0,04	0,49	0,6271
Tratamientos	0,08	2	0,04	0,49	0,6271
Error	0,95	12	0,08		
Total	1,02	14			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,47394

Error: 0,0789 gl: 12

Tratamientos	Medias	n	E.E.
Azadilla	6,58	5	0,13 A
Yunta	6,64	5	0,13 A
motoazada	6,75	5	0,13 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

## C. E

Muestreo	Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Muestreo 2	C. E	15	0,13	0,00	16,38

### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1,4E-03	2	6,9E-04	0,94	0,4189
Tratamientos	1,4E-03	2	6,9E-04	0,94	0,4189
Error	0,01	12	7,3E-04		
Total	0,01	14			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,04569

Error: 0,0007 gl: 12

Tratamientos	Medias	n	E.E.
motoazada	0,15	5	0,01 A
Azadilla	0,17	5	0,01 A
Yunta	0,17	5	0,01 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

## Materia org.

Muestreo	Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Muestreo 2	Materia org.	15	0,02	0,00	6,58

### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,04	2	0,02	0,10	0,9092
Tratamientos	0,04	2	0,02	0,10	0,9092
Error	2,59	12	0,22		
Total	2,63	14			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,78328

Error: 0,2155 gl: 12

Tratamientos	Medias	n	E.E.
motoazada	6,98	5	0,21 A
Azadilla	7,08	5	0,21 A
Yunta	7,10	5	0,21 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

## Densidad apa

Muestreo	Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Muestreo 3	Densidad apa	15	0,20	0,07	31,93

### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,39	2	0,20	1,52	0,2578
Tratamientos	0,39	2	0,20	1,52	0,2578
Error	1,54	12	0,13		
Total	1,93	14			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,60489

Error: 0,1285 gl: 12

Tratamientos	Medias	n	E.E.
motoazada	0,92	5	0,16 A
Azadilla	1,14	5	0,16 A
Yunta	1,31	5	0,16 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

## Porosidad %

Muestreo	Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Muestreo 3	Porosidad %	15	0,34	0,23	13,33

### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	230,41	2	115,21	3,12	0,0812
Tratamientos	230,41	2	115,21	3,12	0,0812
Error	443,31	12	36,94		
Total	673,72	14			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=10,25554

Error: 36,9428 gl: 12

Tratamientos	Medias	n	E.E.
Azadilla	42,81	5	2,72 A
motoazada	42,84	5	2,72 A
Yunta	51,14	5	2,72 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

## Dureza

Muestreo	Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Muestreo 3	Dureza	15	0,12	0,00	12,20

### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,26	2	0,13	0,80	0,4735
Tratamientos	0,26	2	0,13	0,80	0,4735
Error	1,97	12	0,16		
Total	2,23	14			

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,68401

Error: 0,1643 gl: 12

Tratamientos	Medias	n	E.E.
Azadilla	3,14	5	0,18 A
Yunta	3,40	5	0,18 A
motoazada	3,43	5	0,18 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

## Infiltracion

Muestreo	Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Muestreo 3	Infiltracion	15	0,10	0,00	58,93

### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,38	2	0,19	0,63	0,5486
Tratamientos	0,38	2	0,19	0,63	0,5486
Error	3,64	12	0,30		
Total	4,02	14			

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,92934

Error: 0,3034 gl: 12

Tratamientos	Medias	n	E.E.
Azadilla	0,73	5	0,25 A
motoazada	0,95	5	0,25 A
Yunta	1,12	5	0,25 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

Ph

Muestreo	Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Muestreo 3	Ph	15	0,07	0,00	4,97

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,09	2	0,05	0,44	0,6529
Tratamientos	0,09	2	0,05	0,44	0,6529
Error	1,28	12	0,11		
Total	1,38	14			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,55128

Error: 0,1067 gl: 12

Tratamientos	Medias	n	E.E.
Yunta	6,49	5	0,15 A
motoazada	6,55	5	0,15 A
Azadilla	6,68	5	0,15 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

C. E

Muestreo	Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Muestreo 3	C. E	15	0,16	0,02	24,85

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	2,3E-03	2	1,1E-03	1,17	0,3424
Tratamientos	2,3E-03	2	1,1E-03	1,17	0,3424
Error	0,01	12	9,6E-04		
Total	0,01	14			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,05228

Error: 0,0010 gl: 12

Tratamientos	Medias	n	E.E.
Yunta	0,11	5	0,01 A
motoazada	0,12	5	0,01 A
Azadilla	0,14	5	0,01 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

## Anexo Y. Estadística descriptiva variables fenológicas

Medidas resumen								
Tratamiento	Variable	n	Media	D.E.	CV	Mín	Máx	Mediana
Azadilla	Repeticion	5	3,00	1,58	52,70	1,00	5,00	3,00
Azadilla	No hojas	5	4,20	1,10	26,08	3,00	6,00	4,00
Azadilla	Altura cm	5	13,00	0,00	0,00	13,00	13,00	13,00
Azadilla	Long.raiz cm	5	11,12	0,00	0,00	11,12	11,12	11,12
Azadilla	Peso kg/m2	5	0,53	0,00	0,00	0,53	0,53	0,53
Azadilla	Tiempo preparacion min	5	240,00	0,00	0,00	240,00	240,00	240,00
Motoazada	Repeticion	5	3,00	1,58	52,70	1,00	5,00	3,00
Motoazada	No hojas	5	3,40	0,55	16,11	3,00	4,00	3,00
Motoazada	Altura cm	5	13,00	0,00	0,00	13,00	13,00	13,00
Motoazada	Long.raiz cm	5	11,62	0,00	0,00	11,62	11,62	11,62
Motoazada	Peso kg/m2	5	0,65	0,00	0,00	0,65	0,65	0,65
Motoazada	Tiempo preparacion min	5	120,00	0,00	0,00	120,00	120,00	120,00
Yunta	Repeticion	5	3,00	1,58	52,70	1,00	5,00	3,00
Yunta	No hojas	5	3,60	0,55	15,21	3,00	4,00	4,00
Yunta	Altura cm	5	14,00	0,00	0,00	14,00	14,00	14,00
Yunta	Long.raiz cm	5	11,57	0,00	0,00	11,57	11,57	11,57
Yunta	Peso kg/m2	5	0,56	0,00	0,00	0,56	0,56	0,56
Yunta	Tiempo preparacion min	5	180,00	0,00	0,00	180,00	180,00	180,00

## Anexo Z. Prueba de normalidad

Shapiro-Wilks (modificado)						
Tratamiento	Variable	n	Media	D.E.	W*	p(Unilateral D)
Azadilla	No hojas	5	4,20	1,10	0,85	0,2275
Azadilla	Altura cm	5	11,00	0,00	sd	>0,9999
Azadilla	Long.raiz cm	5	11,12	0,00	0,70	0,0088
Azadilla	Peso kg/m2	5	0,53	0,00	0,54	<0,0001
Azadilla	Tiempo preparacion min	5	240,00	0,00	sd	>0,9999
Motoazada	No hojas	5	3,40	0,55	0,66	0,0050
Motoazada	Altura cm	5	13,00	0,00	sd	>0,9999
Motoazada	Long.raiz cm	5	11,62	0,00	0,95	0,7515
Motoazada	Peso kg/m2	5	0,65	0,00	0,01	<0,0001
Motoazada	Tiempo preparacion min	5	120,00	0,00	sd	>0,9999
Yunta	No hojas	5	3,60	0,55	0,66	0,0050
Yunta	Altura cm	5	12,00	0,00	sd	>0,9999
Yunta	Long.raiz cm	5	11,57	0,00	sd	>0,9999
Yunta	Peso kg/m2	5	0,56	0,00	sd	>0,9999
Yunta	Tiempo preparacion min	5	180,00	0,00	sd	>0,9999

## Anexo AA. Anova de variables fenológicas

### Análisis de la varianza

#### No hojas

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
No hojas	15	0,19	0,06	20,75

#### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1,73	2	0,87	1,44	0,2741
Tratamiento	1,73	2	0,87	1,44	0,2741
Error	7,20	12	0,60		
Total	8,93	14			

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=1,30698

Error: 0,6000 gl: 12

Tratamiento	Medias	n	E.E.
Motoazada	3,40	5	0,35 A
Yunta	3,60	5	0,35 A
Azadilla	4,20	5	0,35 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

#### Long.raiz cm

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Long.raiz cm	15	1,00	1,00	0,00

#### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,76	2	0,38	sd	sd
Tratamiento	0,76	2	0,38	sd	sd
Error	0,00	12	0,00		
Total	0,76	14			

Peso kg/m<sup>2</sup>

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Peso kg/m <sup>2</sup>	15	1,00	1,00	9,2E-08

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,04	2	0,02	68043950553663600,00	<0,0001
Tratamiento	0,04	2	0,02		sd sd
Error	0,00	12	0,00		
Total	0,04	14			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,00000

Error: 0,0000 gl: 12

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
Azadilla	0,53	5	0,00	A
Yunta	0,56	5	0,00	B
Motoazada	0,65	5	0,00	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)