



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES
CARRERA AGRONOMÍA

**DETERMINACIÓN DEL PATINAJE CONSIDERANDO LA PENDIENTE DEL
SUELO EN DOS SISTEMAS DE LABRANZA PARA EL CULTIVO DE PAPA
(*Solanum tuberosum* L.) EN LA ESTACIÓN EXPERIMENTAL TUNSHI**

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto de Investigación

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERO AGRÓNOMO

AUTOR: WILMER JEFERSSON MORALES YUQUILEMA

DIRECTOR: ING. ROQUE ORLANDO GARCÍA ZANABRIA, PHD

Riobamba – Ecuador

2024

© 2024, Wilmer Jefersson Morales Yuquilema

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

Yo, Wilmer Jefesson Morales Yuquilema, declaro que el presente Trabajo de Integración Curricular es de mi autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autor asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este Trabajo de Integración Curricular; el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 10 de junio de 2024



Wilmer Jefesson Morales Yuquilema

172748293-5

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES
CARRERA AGRONOMÍA

El Tribunal del Trabajo de Integración Curricular certifica que: El Trabajo de Integración Curricular; Tipo: Proyecto de Investigación, **DETERMINACIÓN DEL PATINAJE CONSIDERANDO LA PENDIENTE DEL SUELO EN DOS SISTEMAS DE LABRANZA PARA EL CULTIVO DE PAPA (*Solanum tuberosum* L.) EN LA ESTACIÓN EXPERIMENTAL TUNSHI**, realizado por el señor: **WILMER JEFERSSON MORALES YUQUILEMA**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Integración Curricular, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

FIRMA

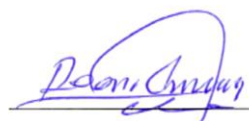
FECHA

Ing. Victor Alberto Lindao Córdova, PhD.
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL



2024-06-10

Ing. Roque Orlando García Zanabria, PhD.
DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR



2024-06-10

Ing. Hernán Eriberto Chamorro Sevilla, MSc.
ASESOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR



2024-06-10

DEDICATORIA

Dedico este trabajo de manera especial y formal a mi padre, Segundo Morales, y a mi madre, Beatriz Yuquilema. Han sido un pilar fundamental en mi formación profesional y académica, brindándome un amor incondicional y consejos valiosos que han guiado mi camino. Asimismo, quiero expresar mi dedicación a mis hermanos, Josselyn y Alexias, quienes han demostrado una confianza inquebrantable en mis capacidades y han estado a mi lado en los momentos más importantes de mi vida, además, quiero extender mi gratitud a todo mi círculo familiar, quienes siempre han estado dispuestos a brindar su ayuda en cualquier forma durante esta etapa de mi vida. Su confianza en mí ha sido un estímulo constante para alcanzar mis metas.

Wilmer

AGRADECIMIENTO

A mi amada familia por su apoyo constante y empujo para que yo pueda cumplir mis metas.

A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, A la facultad de Recursos Naturales y en especial a la carrera de Ingeniería Agronómica y profesores que han sido parte de mi formación académica.

A la Ing. Roque García por permitirme ser parte de esta investigación y guiarme en la realización de este trabajo. Al Ing. Hernán Chamorro por su tiempo, paciencia y apoyo incondicional con el que me ha guiado en todo este tiempo.

Wilmer

ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	x
ÍNDICE DE ILUSTRACIÓN	xi
ÍNDICE DE ANEXOS	xii
RESUMEN.....	xiii
ABSTRACT	xiv
INTRODUCCIÓN	1

CAPÍTULO I

1. PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN	2
1.1 Planteamiento del problema	2
1.2 Objetivos.....	2
1.2.1 <i>Objetivo general</i>	2
1.2.2 <i>Objetivos específicos</i>	2
1.3 Justificación.....	2
1.4 Hipótesis	2
1.4.1 <i>Nula</i>	2
1.4.2 <i>Alterna</i>.....	3

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO	4
2.1 Determinación del patinaje del tractor.....	4
2.2 Pendiente	5
2.3 Sistemas de labranza	5
2.3.1 <i>Labranza convencional</i>	5
2.3.2 <i>Labranza mínima</i>.....	7
2.4 Tecnologías de Información Geográfica (TIG).....	8
2.4.1 <i>Fotogrametría</i>	8
2.4.2 <i>Global Navigation Satellite System (GNSS)</i>	8
2.4.3 <i>Cartografía</i>.....	9
2.4.4 <i>Teledetección</i>.....	10
2.4.5 <i>Geographic Information System (GIS)</i>.....	11

2.4.6	<i>Georreferenciación</i>	11
2.4.7	<i>Geolocalización</i>	12
2.4.8	<i>Mapa de superficie</i>	12
2.4.9	<i>Mapa edafológico</i>	12
2.5	Cultivo de papa	12
2.5.1	<i>Preparación del suelo</i>	13
2.5.2	<i>Propiedades físicas del suelo</i>	13

CAPITULO III

3.	MARCO METODOLOGICO	16
3.1	Características del lugar	16
3.1.1	<i>Localización</i>	16
3.1.2	<i>Ubicación geográfica</i>	16
3.1.3	<i>Condiciones climáticas</i>	17
3.2	Materiales y equipos	17
3.2.1	<i>Materiales de oficina</i>	17
3.2.2	<i>Materiales de campo</i>	17
3.2.3	<i>Equipos de campo</i>	17
3.2.4	<i>Materiales de laboratorio</i>	18
3.2.5	<i>Equipos de laboratorio</i>	18
3.3	Especificaciones del diseño experimental	18
3.3.1	<i>Unidad experimental</i>	18
3.3.2	<i>Especificaciones del diseño experimental</i>	18
3.4	Factores y tratamientos en estudio	18
3.4.1	<i>Factor A</i>	18
3.4.2	<i>Factor B</i>	19
3.4.3	<i>Tratamientos en estudio</i>	19
3.5	Metodología	19
3.5.1	<i>Analizar las propiedades físicas del suelo para los dos sistemas de labranza</i>	19
3.5.2	<i>Calcular el porcentaje de patinaje en los dos sistemas de labranza a diferente pendiente</i>	23
3.5.3	<i>Determinar los costos en los dos sistemas de labranza en suelos con diferentes pendientes</i>	23

CAPITULO IV

4.	MARCO DE ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	27
4.1	Procesamiento de resultados.....	27
4.1.1	<i>Zonificación y geolocalización del terreno y de las respectivas muestras</i>	<i>27</i>
4.1.2	<i>Propiedades físicas del suelo</i>	<i>27</i>
4.1.3	<i>%Patinaje</i>	<i>29</i>
4.1.4	<i>Resistencia al corte (kg/m²)</i>	<i>32</i>
4.1.5	<i>Velocidad de infiltración (mm/h)</i>	<i>33</i>
4.1.6	<i>Porcentaje de Humedad</i>	<i>33</i>
4.1.7	<i>Determinación de costos de operación</i>	<i>34</i>
4.2	Discusión.....	35
4.2.1	<i>Análisis de las propiedades físicas de suelo.....</i>	<i>35</i>
4.2.2	<i>Porcentaje de Humedad</i>	<i>35</i>
4.2.3	<i>Densidad aparente</i>	<i>36</i>
4.2.4	<i>Densidad real y porcentaje de porosidad</i>	<i>36</i>
4.2.5	<i>Porcentaje de patinaje</i>	<i>37</i>
4.2.6	<i>Costo de operación.....</i>	<i>37</i>

CAPITULO V

5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	39
5.1	Conclusiones.....	39
5.2	Recomendaciones.....	39

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2-1: Tasa de velocidad de infiltración.....	14
Tabla 3-1: Tratamientos en estudio.....	19
Tabla 4-1: Análisis en laboratorio de la textura de suelo por el método de Bouyoucos.....	27
Tabla 4-2: Análisis de la Varianza para porcentaje de patinaje.....	29
Tabla 4-3: Prueba DMS al 5% para el porcentaje de patinaje en función de la pendiente.....	29
Tabla 4-4: Prueba DMS al 5% para el porcentaje de patinaje en función del sistema de labranza.....	30
Tabla 4-5: Prueba Tukey al 0,05 para porcentaje de patinaje en función a la interacción pendiente*sistema de labranza.....	31
Tabla 4-6: Análisis de la Varianza para resistencia al corte.....	32
Tabla 4-7: Análisis de la Varianza para la velocidad de infiltración.....	33
Tabla 4-8: Análisis de la Varianza para el porcentaje de humedad.....	33
Tabla 4-8: Rango requerido de la velocidad de trabajo del tractor agrícola.....	34
Tabla 4-10: Costos de operación en los dos sistemas de labranza en suelos con diferentes pendientes.....	35

ÍNDICE DE ILUSTRACIÓN

Ilustración 3-1: Ubicación Geográfica del ensayo	16
Ilustración 4-1: Zonificación y geolocalización de las muestras de los diferentes tratamientos	27
Ilustración 4-2: Porcentaje de patinaje en función de la pendiente.....	30
Ilustración 4-3: Porcentaje de patinaje en función al sistema de labranza.....	31
Ilustración 4-4: Porcentaje de patinaje en función a la interacción pendiente*sistema de labranza.	32
Ilustración 4-5: Prueba DMS al 5% para el porcentaje de humedad en función de la pendiente	34

ÍNDICE DE ANEXOS

- ANEXO A:** ZONIFICACIÓN Y GEOLOCALIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO
- ANEXO B:** RECOLECCIÓN DE MUESTRAS DE SUELO
- ANEXO C:** DETERMINACIÓN DE LA TEXTURA DE SUELO EN EL LABORATORIO
- ANEXO D:** DETERMINACIÓN DE LA HUMEDAD DEL SUELO POR EL MÉTODO DE LA ESTUFA
- ANEXO E:** DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD APARENTE
- ANEXO F:** DETERMINACIÓN DE LA VELOCIDAD DE INFILTRACIÓN POR EL MÉTODO DE DOBLE ANILLO
- ANEXO G:** DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA AL CORTE CON EL PENETRÓMETRO
- ANEXO H:** DETERMINACIÓN D LA DENSIDAD REAL DEL SUELO
- ANEXO I:** DETERMINACIÓN DEL PORCENTAJE DE PATINAJE DEL TRACTOR AGRÍCOLA
- ANEXO J:** RESULTADOS DEL ANÁLISIS DEL SUELO REALIZADO EN EL LABORATORIO
- ANEXO K:** DETERMINACIÓN DE COSTO DE OPERACIÓN
- ANEXO L:** DETERMINACIÓN DEL COSTO HORA TRACTOR (MÉTODO DE LA FAO)

RESUMEN

El objetivo de la investigación fue determinar el patinaje considerando la pendiente en dos sistemas de labranza para el cultivo de papa (*Solanum tuberosum L.*) en la estación experimental Tunshi, que se encuentra ubicada en las coordenadas latitud: 1°44'54"S y longitud: 78°37'42"W, para el levantamiento del mapa base georreferenciado se utilizó las Tecnologías de la información y la comunicación (TICs), para la determinación de las propiedades físicas del suelo se aplicó la metodología del Departamento de Agricultura de Estados Unidos (USDA), el método de Smith se utilizó para el cálculo y el método de la de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) para determinar los costos de los sistemas de labranza mecanizada, en el estudio se aplicó el Diseño De Bloque Completos Al Azar (DBCA) en arreglo en parcela dividida. Resultando que a mayor pendiente tanto en suelos de textura franco limoso y franco arenoso se incrementa el porcentaje de patinaje con labranza convencional; la aplicación de labranza mínima reduce el porcentaje de patinaje, disminuye la velocidad de infiltración, mejora la retención de humedad, mantiene la estructura, disminuye el tiempo de operación y el costo de preparación del suelo para el cultivo de papa en la estación experimental Tunshi.

Palabras clave: <PATINAJE>, <SISTEMA DE LABRANZA>, <PENDIENTE>, <PAPA (*Solanum tuberosum L.*)>, <COSTO DE OPERACIÓN>, <TEXTURA DEL SUELO>

0842-DRBA-UTP-2024

26-06-2024



ABSTRACT

The aim of the research was to determine the skidding considering the slope in two tillage systems for potato (*Solanum tuberosum L.*) at Tunshi experimental station, which is located at coordinates latitude: 1°44'54 "S and longitude: 78°37'42 "W, for the survey of the georeferenced base map the Information and Communication Technologies (ICTs) was used, for determining the physical properties of the soil, the methodology of the United States Department of Agriculture (USDA) was applied, Smith's method was used for the calculation and the method of the Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) was used to determine the costs of mechanized tillage systems; the study applied the Randomized Complete Block Design (RCBD) in a split-plot arrangement. The result was that the steeper the slope, both in silt loam and sandy loam soils, the percentage of skidding increases with conventional tillage; the application of minimum tillage reduces the percentage of skidding, decreases the infiltration rate, improves moisture retention, maintains the structure, reduces the operation time and the cost of soil preparation for potato cultivation in Tunshi experimental station.

Key words: <SKIDDING>, <WORKING SYSTEM>, <PENDING>, <POTATO (*Solanum tuberosum L.*)>, <COST OF OPERATION>, <SOIL TEXTURE>.

0842-DRBA-UTP-2024

26-06-2024



Lcda. Elsa A. Basantes A. Mgs.
C.C: 0603594409

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, a nivel mundial se encuentra experimentando un crecimiento notable la agricultura de precisión. Esto obliga que, como país no abramos una brecha de tecnología sino al contrario se busque alternativas para aplicar sistemas mecanizados en los diferentes cultivos, es fundamental abordar de manera proactiva las dificultades que surgen en este ámbito, a fin de encontrar soluciones adecuadas para cada uno de los desafíos que se presenten. (Ríos Hernández , 2021).

En las diferentes labores de preparación de suelo, existe una falta de consideración de factores como pendiente, climas, aperos a utilizar y las propiedades físicas del suelo; lo que ocasiona incremento de costo en estas labores, pérdida de calidad de este por compactación, aumenta la resistencia al corte y produciendo así mayor patinaje del tractor, contribuyendo a la ineficiencia de este cuando trabajan a elevadas cargas de tiro o de empuje. (Inostroza F., y otros, 2020)

La maquinaria agrícola ha evolucionado de una manera rápida y significativa desde sus inicios hasta la actualidad. Como resultado, la mecanización ha adquirido una mayor importancia en el sector agrícola, impulsada por el crecimiento continuo de la población, la necesidad de aumentar la producción de alimentos de calidad. Consecuentemente, la mecanización en la actualidad pasa a ser un factor económico de notable repercusión al disminuir los tiempos de operación, aumentar la eficiencia de la mano de obra y disminuir los costos de producción, estos factores inciden directamente en los precios finales de los productos en el mercado de consumo. (Cervantes, 2021)

Las principales consecuencias de un alto porcentaje de patinamiento son, las pérdidas de tiempo que ocasiona, el aumento en el consumo de combustible, el desgaste exagerado de neumáticos. Si la velocidad real del tractor termina siendo cero producto de un patinamiento del 100%, la potencia disponible para trabajos de tracción se anula. Por lo tanto, el patinamiento es una pérdida de potencia tractiva producto de una disminución de velocidad, (Alarcón, 2022).

Surge la necesidad de estudiar para el cultivo de la papa, ya que es el tercer cultivo más importante del mundo en términos de consumo humano después del arroz y del trigo; la producción de papa ha aumentado dramáticamente durante la última década, (FAO, 2022). Además, es el segundo cultivo más impórtate en el Ecuador, por lo que la cadena de papa se ha extendido a tal punto que cerca de 80 mil agricultores se dedican a su cultivo, (Racines, y otros, 2020).

CAPÍTULO I

1. PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN

1.1 Planteamiento del problema

En el Centro Experimental Tunshi de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, no se dispone de información del efecto de patinaje en la preparación de suelo en los diferentes sistemas de labranza tanto el convencional como mínima, que se recomienda realizar para el cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.), y cómo este influyen en los costos de operación.

1.2 Objetivos

1.2.1 *Objetivo general*

Determinar el patinaje considerando la pendiente en dos sistemas de labranza para el cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.) en la estación experimental Tunshi

1.2.2 *Objetivos específicos*

- Analizar las propiedades físicas del suelo para los dos sistemas de labranza
- Calcular el porcentaje de patinaje en los dos sistemas de labranza a diferente pendiente
- Determinar los costos en los dos sistemas de labranza en suelos con diferentes pendientes.

1.3 Justificación

El cultivo de papa en Ecuador es de gran importancia económica, social y alimentaria la cual contribuye a la seguridad alimentaria, genera empleo, sustenta a pequeños agricultores y preserva la diversidad genética. Por ende, el presente trabajo de investigación es esencial para mejorar la eficiencia, calidad, rentabilidad y sostenibilidad de la labranza, adaptándola de manera precisa a las condiciones del terreno y minimizando los impactos negativos en el suelo y el medio ambiente.

1.4 Hipótesis

1.4.1 *Nula*

H₀: Los sistemas de labranza para el cultivo de la papa y la pendiente del suelo no influyen en el porcentaje de patinaje.

1.4.2 Alterna

H₁: Al menos uno de los sistemas de labranza para el cultivo de papa y la pendiente del suelo influye en el porcentaje de patinaje.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Determinación del patinaje del tractor

El patinaje se puede expresar como la diferencia entre la velocidad teórica y la velocidad real del tractor. Esta diferencia de velocidad es producto del corte del terreno y su desplazamiento debajo del rodado, lo que resulta en una reducción en la capacidad de trabajo del conjunto. Cada vez que una rueda aplique un determinado valor de torque en el suelo, su recorrido no es equivalente al traslado producto de su velocidad angular por el radio, (Draghi, 2021).

El patinaje se puede definir como el movimiento relativo entre el elemento de tracción y el suelo subyacente o el deslizamiento de la capa superior del terreno respecto de la capa inferior, en sentido contrario al de avance del vehículo determinando que la velocidad tangencial desarrollada sea menor que la teórica. Cuanto mayor es la tracción requerida, mayor es la deformación del terreno, y la principal causa del deslizamiento es la tracción requerida, (Draghi, 2021).

Según (Rivera, 2021), menciona que los factores que afectan el patinaje son el contenido de la humedad del suelo, la clase de cobertura, la profundidad de trabajo de los implementos y la rugosidad de la superficie, dichos factores varían en el terreno de acuerdo al cultivo donde se puede desperdiciar hasta un 50% de la energía brindada por el tractor a causa del exceso de patinaje.

En los tractores agrícolas, la transmisión rueda/suelo es una de las principales causas de desaprovechamiento de energía. Las razones principales son pérdida de rodadura debido a la resistencia del suelo al propio movimiento del tractor y pérdida por patinamiento que se muestra como una reducción de la velocidad de avance real y, por tanto, una reducción del área operativa por unidad de tiempo, (Jiménez, 2022).

Cuando la potencia de tracción requerida de un tractor es alta en relación con su peso, las pérdidas por patinamiento aumentan significativamente. Por lo tanto, cuando el incremento del patinaje va del 10% al 25% significa que, para producir la misma potencia el tractor está realizando aproximadamente un 15% menos de trabajo y consumiendo la misma cantidad de combustible. Por consiguiente, las principales consecuencias de un alto porcentaje de patinamiento son las

pérdidas de tiempo que ocasiona el aumento en el consumo de combustible y el desgaste exagerado de neumáticos, (Alarcón, 2022).

2.2 Pendiente

La pendiente se refiere al grado de inclinación del terreno, definida como el ángulo que forman los dos lados, es decir, es la inclinación o el desnivel del suelo. Además, la pendiente es un parámetro que incide en la formación del suelo y los procesos de erosión, ya que cuanto mayor es la pendiente, mayor es la velocidad del agua de escorrentía, lo que no permite que el agua penetre a través del perfil, (Sánchez Santiesteban, y otros, 2022).

Se emplea para describir la pendiente de una superficie, como, por ejemplo, un camino que se encuentra en una elevación del terreno, donde cero significa que se está a nivel con respecto a la horizontal mientras que cifras correlativas ascendentes designan inclinaciones más empinadas. Existen tres tipos de sistemas de numeración los cuales son el ángulo de una horizontal que se representa comúnmente en grados sexagesimales, así como en porcentaje, la tangente del ángulo de inclinación representada como porcentaje y el seno del ángulo La relación entre el cambio de altitud y la distancia horizontal a lo largo de una superficie entre dos puntos arbitrarios, (Ibañez Asensio, y otros, 2020).

2.3 Sistemas de labranza

La labranza se lleva a cabo efectuando un arado que se incorpora en el suelo y voltea la tierra, con la finalidad de acondicionar el suelo para el cultivo, realizando la remoción de malezas y aflojando la capa superficial de la tierra y manteniendo una humedad adecuada para que la semillas fecunden, además de la integración de fertilizantes y pesticidas al suelo, implantación de materia orgánica y desechos del cultivo pasado, (Félix, 2020).

2.3.1 Labranza convencional

La labranza convencional consiste en el la preparación del suelo antes de la siembra utilizando el arado que corta y voltea parcial o totalmente los primeros 15 cm del suelo. Esto tiene como efecto aflojar, oxigenar y mezclar la tierra, loque facilita el ingreso de agua, la liberación de nutrientes y además la reducción de plagas tanto animal como vegetales en la superficie. No obstante, esta práctica posee algunas desventajas como el riesgo de erosión del suelo por el acelerado proceso de desposesión de materia orgánica y la disminución de la cobertura vegetal, (Ramos, y otros, 2020).

(Félix, 2020), menciona que la labranza convencional se vincula con una labranza agresiva, es decir, si se realiza esta actividad por un periodo corto de tiempo este podría tener un impacto negativo en la salud del suelo más a un podría afectar a suelos que se encuentren en pendiente, Consecuentemente es fundamental tener en cuenta estos aspectos para preservar la integridad y calidad de suelo a largo plazo. La labranza convencional emplea implementos como el arado de vertedera o el disco, los cuales voltean las capas del suelo con el propósito de mezclar la vegetación y los residuos de la cosecha anterior, (FÉLIX, 2020).

2.3.1.1 Arado de disco

El arado de discos es una herramienta agrícola que es capaz de adaptarse a cualquier tipo de suelo, por ende, es una opción a considerar para trabajar diferentes tipos de terrenos gracias a su funcionamiento mediante discos que corta y voltea el suelo para cualquier cultivo. Su diseño facilita a sortear con facilidad cualquier dificultad lo que permite un trabajo más preciso y efectivo, (M.A.P.A, 2023).

Este implemento agrícola resulta especialmente adecuado para terrenos difíciles, como aquellos que presentan piedras, raíces densas o suelos abrasivos como los arenosos. Su función principal es llevar a cabo labores primarias, como el volteo del suelo, logrando un efectivo aflojamiento y aireación del mismo. Aunque no alcanza la perfección del arado de vertederas en cuanto a la incorporación de los rastrojos para su descomposición, pero sí se destaca por desmenuzar de manera más efectiva los terrones de tierra, siempre y cuando el suelo no esté excesivamente húmedo, (M.A.P.A, 2023).

2.3.1.2 Rastra

Esta herramienta es ampliamente reconocida y utilizada en nuestra región, siendo especialmente popular en el área dedicada al cultivo de papas. Su principal función es trabajar el suelo, proporcionando un aflojamiento adecuado y controlando las malezas en la zona de siembra. Existen dos modelos básicos disponibles, que se diferencian en la composición de los discos y los cuerpos del chasis como son; las rastras de discos desplazadas y las rastras de discos convencionales, (Juan Inostroza F., 2019).

Para obtener buenos resultados con esta herramienta depende de algunos factores como el tamaño del implemento, el peso del mismo, la concavidad, el ángulo de ataque y el filo de los discos, de la velocidad de trabajo, así como también de la humedad de suelo. Estos factores influyen directamente en la capacidad de realizar el trabajo efectivo. Esta herramienta es muy acogida por

los agricultores por su capacidad de mejorar considerablemente las condiciones del suelo para implementar cualquier tipo de cultivo, (Juan Inostroza F., 2019).

2.3.1.3 Surcadora

Este implemento agrícola se caracteriza por realizar surco gracias a su diseño único en forma de V lo que facilita de gran medida el trabajo en el campo previo a la implementación de cultivo, también ayuda a realizar otras actividades como la creación de pequeños canales que facilitan el riego en cultivo que se realiza en hilera, por ello este implemento es muy valorado por los agricultores ya que en términos de tiempo y costos resulta ser muy beneficios, por su gran capacidad de realizar trabajos de manera más rápida y sencilla, consecuentemente se ve reflejado en la economía del agricultor al maximizar su productividad, (Juan Inostroza F., 2019).

2.3.2 Labranza mínima

Este proceso implica trabajar el suelo antes de la siembra con un número mínimo de pasadas de maquinaria, es decir, se utilizan herramientas como el rastrón, la rastra doble, las rastras de dientes y el cultivador de campo con el objetivo principal que es lograr la aireación del suelo, aunque en menor medida se produce la inversión y mezcla de este. Aunque se logra acelerar los procesos de mineralización de nutrientes en comparación con otras prácticas, ocurre a un ritmo más lento, (Pérez Mayorga, 2020).

Para aplicar, no se necesitan equipos especiales ni complicados para aplicar los procedimientos de labranza mínima. En su lugar, se puede utilizar implementos comunes colocados uno detrás de otro y aplicarlos en el momento adecuado y según la humedad del suelo. Además, no es necesario disponer de una gran potencia, ya que los tractores tienen suficiente reserva para satisfacer la demanda adicional al conectar estos implementos mencionados., (Pérez Mayorga, 2020).

En la actualidad, en el mercado de maquinaria agrícola nacional, se puede encontrar una variedad de equipos que se basan en el principio de labranza mínima. Un ejemplo de ello es la rastra combinada de clavos y rodillos. La tendencia actual es reemplazar el uso del arado de vertedera y el de disco por el arado de cincel, ya que permite trabajar a una profundidad adecuada moviendo solo una pequeña cantidad de suelo del perfil. De esta manera, se evita la inversión del suelo y se opta por el control químico de la vegetación o el barbecho químico como alternativas, (Pérez Mayorga, 2020).

2.3.2.1 Arado de cincel

El arado de cincel es un equipo de labranza que se preocupa por conservar la calidad del suelo. A diferencia de otros tipos de arados, su función es romper y aflojar el suelo sin voltearlo por completo. Esto significa que la vegetación existente se mantiene en la superficie, lo cual tiene un beneficio importante: aumenta la cobertura del suelo. Al preservar la vegetación en su lugar, se logra un mayor nivel de protección y cuidado del suelo, (M.A.P.A, 2023).

2.3.2.2 Surcadora

Este implemento agrícola se caracteriza por realizar surco gracias a su diseño único en forma de V lo que facilita de gran medida el trabajo en el campo previo a la implementación de cultivo, también ayuda a realizar otras actividades como la creación de pequeños canales que facilitan el riego en cultivo que se realiza en hilera, por ello este implemento es muy valorado por los agricultores ya que en términos de tiempo y costos resulta ser muy beneficiosos, por su gran capacidad de realizar trabajos de manera más rápida y sencilla, consecuentemente se ve reflejado en la economía del agricultor al maximizar su productividad, (Juan Inostroza F., 2019).

2.4 Tecnologías de Información Geográfica (TIG)

2.4.1 Fotogrametría

La fotogrametría es una técnica que nos permite estudiar y definir con gran precisión la forma, el tamaño y la posición de cualquier objeto en el espacio. Para lograrlo, se toman mediciones a partir de al menos tres o más fotografías. Esta técnica nos ayuda a comprender las características geométricas de un objeto o espacio al recopilar información de varias imágenes que se superponen, (Olaya, 2022).

2.4.2 Global Navigation Satellite System (GNSS)

EL GNSS es un sistema que nos permite conocer la ubicación exacta de cualquier punto de la Tierra en cualquier momento, con un margen de error de unos pocos metros o menos. Para ello se basan en el envío de señales entre un dispositivo situado en un punto concreto y una red de satélite, pudiendo determinarse la localización exacta a partir de las características de dicha transmisión. (Olaya, 2022).

Gracias a la combinación de los sistemas GNSS y los Sistemas de Información Geográfica (GIS), se ha logrado un avance significativo en el desarrollo y aplicación de la agricultura de precisión o de localización específica. Estas tecnologías permiten fusionar datos obtenidos en tiempo real con información precisa de posicionamiento, lo que resulta en un análisis y manejo eficiente de una gran cantidad de datos geospaciales. Esto significa que podemos aprovechar la información actualizada y precisa para tomar decisiones informadas en la agricultura, maximizando así la eficiencia y los resultados en el campo, (Flego, 2019).

Los sistemas GNSS se han convertido en una parte esencial de numerosas aplicaciones en todos los aspectos de la agricultura. Gracias a ellos, los agricultores pueden recopilar datos detallados sobre sus terrenos de cultivo, ya sea durante la cosecha o antes de ella. Esto significa que los cultivos ya no tienen que ser tratados como simples extensiones de terreno con características uniformes, sino que ahora se pueden gestionar de acuerdo a sus particularidades espaciales. Este enfoque permite una aplicación más precisa de pesticidas, semillas y riego, lo que se traduce en un ahorro significativo en los costos variables de producción, (Flego, 2019).

En la actualidad la agricultura de precisión se encuentra en auge por ello es necesario aplicar las nuevas tecnologías en el área agrícola, una de las aplicaciones que se basan en el sistema GNSS es la planificación de los cultivos, es decir ayuda a determinar con precisión la ubicación del cultivo, la forma del terreno y son útiles en los muestreos de suelos. Además, se utilizan para dar orientaciones precisas a los tractores agrícolas para mejorar su eficiencia y rendimiento, (Flego, 2019).

Asimismo, se emplean en la exploración de cultivos, permitiendo evaluar su estado y detectar posibles problemas. Además, Las aplicaciones de tasa variable también se benefician de los sistemas GNSS, ya que permiten adaptar la aplicación de insumos agrícolas en función de las necesidades específicas de cada zona. Los sistemas GNSS son especialmente útiles en condiciones de baja visibilidad, como en campos con niebla o durante la noche, ya que proporcionan una referencia precisa para trabajar de manera segura y eficiente, (González, y otros, 2021)

2.4.3 Cartografía

La cartografía ha desempeñado un papel fundamental a lo largo de la historia de la humanidad, recopila, analiza y representa información geográfica para crear representaciones visuales precisas y comprensibles. Estas representaciones cartográficas permiten la visualización y el análisis de la información espacial, facilitando la navegación, la planificación urbana, la gestión

del territorio, la toma de decisiones y el estudio de fenómenos geográficos, (Mazzitelli Masticchio, 2023).

2.4.3.1 Cartografía agrícola

La implementación de los GIS en agricultura es un proceso que nos brinda la capacidad de crear mapas temáticos, interactivos y por capas que capturan y representan las diversas realidades del campo. Estos mapas contienen información valiosa, como las diferentes clases de cultivo presentes, las áreas de suelo cultivado, los límites entre las propiedades, los datos relacionados con el riego y los aspectos climáticos. Gracias a los GIS, podemos visualizar de manera clara y detallada estos datos, lo que nos permite comprender mejor el entorno agrícola y tomar decisiones informadas para optimizar nuestras prácticas agrícolas, (Sergieieva, 2023).

2.4.4 Teledetección

La teledetección es la técnica de adquisición de datos de la superficie terrestre desde sensores instalados en plataformas espaciales. El uso de imágenes satelitales (teledetección) como herramienta principal para la supervisión de los cultivos, permite mejorar notablemente la capacidad de observación del territorio, así como también el nivel de detalle y la frecuencia de muestreo, condiciones imposibles de lograr con metodologías de recorridos en terreno, (Olaya, 2022).

Una de las características que brinda esta herramienta es la capacidad de monitorear el cultivo, es decir, permite realizar el seguimiento del cultivo en todas sus etapas fenológicas ya que con las imágenes satelitales que brinda esta herramienta se puede llevar un registro claro del desarrollo del cultivo. Además, estas imágenes nos ayudan a detectar patrones de crecimiento y posibles anomalías, como la presencia de plagas y enfermedades. También nos brindan información sobre las necesidades de agua de los cultivos y otros factores que influirán en su producción, (Olaya, 2022).

Podemos tener la visualización de información relativa al vigor, clorofila y estrés hídrico del cultivo por parcela. Se muestra la última actualización de la media de los índices de vegetación de todas las parcelas, además del valor por píxel y por parcela. Con la función de geolocalización, y con un dispositivo móvil, se puede conocer la posición de la persona en la parcela, (UNICOM, 2021).

2.4.5 Geographic Information System (GIS)

Es una herramienta para trabajar con información georreferenciada que tiene una posición geográfica la cual permite realizar como resultado mapas temáticos e informes, esto gracias a la gestión adecuada de los datos espaciales y su buen almacenamiento. Por lo tanto, un GIS ayuda a los usuarios a tomar decisiones más inteligentes, por la capacidad única que tiene para revelar datos como puede ser patrones y situaciones, (Sergieieva, 2023)

En cierto sentido, podríamos considerarlo como un mapa avanzado que nos brinda una perspectiva más completa y detallada de nuestro entorno. Con un SIG, podemos explorar, analizar y visualizar datos de ubicaciones específicas de una manera más eficiente y efectiva, lo que nos permite tomar decisiones informadas basadas en una comprensión más profunda de cómo interactúan los elementos geográficos, (Vázquez Rodríguez, 2018)

2.4.5.1 GIS en la agricultura

En la agricultura moderna, el alcance se ha expandido más allá de las tierras de cultivo locales y ahora abarca todo el planeta. Para las empresas agrícolas, garantizar una cosecha abundante implica realizar observaciones remotas periódicas de los campos y resolver rápidamente cualquier problema que surja. Es por eso que las soluciones basadas en SIG con evaluaciones constantes de múltiples factores de riesgo son de vital importancia en la agricultura actual, (Sergieieva, 2023).

Esta herramienta ayuda a los agricultores o empresarios a tomar las mejores decisiones para su plantación, ya que las GIS permanente monitorear de manera precisa los mismos como la incidencia de las plagas y enfermedades, la salud del suelo y otros factores que podrían influir en el desarrollo del cultivo y por ende en su rendimiento, es decir, esta herramienta ayuda a facilitar el trabajo y monitoreo para maximizar las producciones, (Sergieieva, 2023).

2.4.6 Georreferenciación

La georreferenciación es un método de ubicación en el espacio que, a través de un procedimiento, asigna coordenadas geográficas a datos o cualquier información adquirida de sucesos en la tierra. Estos valores espaciales se utilizan para realizar un análisis más exhaustivo al calcular distancias, direcciones, áreas o simplemente evaluar formalmente combinaciones, asociaciones, superposiciones otras aplicaciones geográficas, (Katchadourian, y otros, 2018 págs. 202-2012).

2.4.7 Geolocalización

La geolocalización es una tecnología creada para acceder a una información sobre cualquier entidad en la superficie terrestre, lo que permite localizarla utilizando datos almacenados previamente en software, (Katchadourian, y otros, 2018). En el ámbito agrícola resulta muy beneficioso ya que la agricultura de precisión se encuentra en auge, lo que permite determinar con precisión mediante la recopilación de datos geoespaciales sobre las necesidades del suelo, las plantas y los animales, así como la prescripción y la aplicación de tratamientos localizados específicamente con el objetivo de aumentar la producción agrícola y proteger el medio ambiente, (Boelts, 2023).

2.4.8 Mapa de superficie

Los mapas de superficie son representaciones visuales que brindan información resumida sobre un territorio o fenómenos naturales en una superficie bidimensional. Estos mapas incluyen puntos de localización, coordenadas de orientación y otras características de un área geográfica en una escala métrica. Utilizando simbología específica, se simplifica la representación de la información en el mapa, (Medina, y otros, 2015).

2.4.9 Mapa edafológico

El mapa edafológico es una representación digital del suelo que se crea a partir de la recopilación de datos de campo. Luego se realiza un análisis técnico y se esquematizan las características presentes en una determinada área geográfica. Este mapa proporciona información detallada sobre la composición del suelo, su textura, pH, contenido de nutrientes y otras variables relevantes. Es una herramienta fundamental en la agricultura, ya que ayuda en la toma de decisiones al momento de implementar diferentes cultivos, (Suárez, 2014).

2.5 Cultivo de papa

En el Ecuador, de acuerdo con datos del Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG), en el año 2019 la superficie cultivada fue de 21 107 hectáreas (ha) con una producción de 517 655 toneladas métricas (t) y un rendimiento de 23.42 t/ha. Aproximadamente el 81% de la producción se comercializa para consumo en fresco y el resto es utilizado por la industria de procesamiento, (Racines, y otros, 2020).

En Ecuador, se cultiva papa entre los 2 800 hasta los 3 500 metros sobre el nivel del mar (m. s. n. m.). Se identifican tres regiones que se dedican a su cultivo: al norte, en las provincias de Carchi e Imbabura; al centro, en Pichincha, Cotopaxi, Tungurahua, Chimborazo y Bolívar; y al sur, en Cañar, Azuay y Loja, En la actualidad, se cultiva en casi todos los países y se considera un alimento básico de consumo mundial, (Racines, y otros, 2020).

2.5.1 Preparación del suelo

La preparación del suelo es una de las tareas agrícolas más importantes en la producción, ya que tiene como objetivo adaptar las propiedades físicas del suelo a las necesidades de las plantas, es decir, es una operación física que se realiza con el fin de cambiar estas propiedades que afecta la germinación de las semillas y las etapas posteriores de crecimiento de los cultivos. Estas propiedades determinan las relaciones planta-suelo-agua-aire y, por tanto, influyen en el desarrollo de las plantas, (Juan Inostroza F., 2019).

Las principales operaciones que se realiza con tractor en la preparación del suelo son, el arado, se lo lleva a cabo dos meses antes de la siembra, tiempo suficiente para que las malezas y residuos de vegetales se descompongan, posteriormente se realiza la cruza, este se realiza en sentido perpendicular al arado, tiene como fin romper los terrones grandes para dejar el terreno homogéneo, seguidamente de la rastra tiene como finalidad desmenuzar los terrones grandes, retacear los desechos de rastrojos y dejar uniforme la superficie de tierra y finalmente el abonamiento que se lo debe realizar durante el arado, (Vélez Meza, 2018).

2.5.2 Propiedades físicas del suelo

2.5.2.1 Textura

La textura proporciona información del contenido de partículas que se encuentra formada el suelo como la arena, limo y arcilla. Esta característica influye de manera directa en la posibilidad de trabajar el suelo, también tiene que ver con la capacidad de retener agua y aire, así como también la velocidad de infiltración de la misma. es decir que la textura también tiene que ver mucho en el majeo del cultivo y por ende su rendimiento, (FAO, 2023).

La papa prefiere suelos que tiene la característica liviana o semi liviana, es decir, suelos como son el franco, franco arenoso, francos limosos y franco arcilloso, este tipo de suelo brindan

condiciones óptimas para el desarrollo adecuado del tubérculo por ser de características muy livianas, además posee la capacidad de tener un buen drenaje y ventilación, (FAO, 2023).

2.5.2.2 *Humedad*

La humedad del suelo es de suma importancia para el adecuado desarrollo del cultivo, que afectan directamente al rendimiento, puesto que sin la humedad necesaria estas no crecen de una manera idónea, (Intagri S.C., 2018). Dado que el cultivo de papa es sensible a la falta de agua en el suelo, el umbral de riego apropiado se encuentra entre 30 a 40% de la hectárea. Agotado este nivel de humedad en el suelo, se debe dar inicio al riego para no afectar el correcto crecimiento y desarrollo del cultivo, (López, y otros, 2018).

2.5.2.3 *Infiltración*

La infiltración se refiere a cómo el agua de lluvia o riego se introduce en la superficie del suelo y se desplaza hacia las capas más profundas reponiendo la humedad del suelo, contribuyendo a recargar los acuíferos e influye en la disponibilidad de agua para las plantas, asegurando que puedan satisfacer sus necesidades hídricas. La capacidad de infiltración está sujeta a diferentes factores, como la textura del suelo, su estructura, la presencia de vegetación y la intensidad de la lluvia, (Sevilla, 2020).

Tabla 2-1: Tasa de velocidad de infiltración

Textura del suelo	Velocidad de infiltración (mm/h)
Suelo arenoso	>30
Suelo franco arenoso	20-30
Suelo franco	10 a 20
Suelo franco arcilloso	5 a 10
Suelo arcilloso	1-5

Fuente: (Delgadillo y Pérez, 2016)

2.5.2.4 *Resistencia del suelo al corte*

La resistencia al corte de una masa de suelo se puede entender como la capacidad interna de esa masa para resistir el corte y el deslizamiento a lo largo de cualquier plano en su interior. Cuando aplicamos fuerza de corte a una muestra de suelo, las partículas tienden a desplazarse o moverse dentro de la masa. Este fenómeno, conocido como deformación del suelo por corte, es una característica crucial en el comportamiento de los suelos bajo presión, (Montiel, 2020)

2.5.2.5 *Densidad real (Dr)*

La densidad real es una medida que nos habla de la densidad de todas las partículas presentes en el suelo. Nos muestra la relación entre la masa de las partículas sólidas y el volumen que ocupan, sin tener en cuenta los espacios vacíos o porosos. Para determinar la densidad de un suelo, es necesario conocer tanto su masa como su volumen. La masa se obtiene mediante un proceso de pesaje, mientras que el volumen real es un valor más complejo de establecer, ya que requiere eliminar por completo el aire presente en el suelo, (U.N.L.P., 2019).

Para lograr esto, se utiliza un método llamado picnometría, el cual se basa en el principio de Arquímedes. Este procedimiento consiste en sumergir los sólidos del suelo en agua y determinar el volumen de agua desplazada. De esta manera, podemos obtener una medida precisa del volumen real del suelo, lo que nos permitirá calcular su densidad con mayor exactitud, (U.N.L.P., 2019).

2.5.2.6 *Densidad aparente (Dap)*

La densidad aparente o densidad volumétrica de suelo es la relación entre la masa del suelo seco y el volumen total (aparente) del mismo. Aquí incluye tanto el volumen del sólido como el espacio poroso entre partículas. La densidad aparente es un parámetro de amplia utilización en física de suelos, su aumento con respecto a una situación de referencia indica degradación de la estructura., (U.N.L.P., 2019).

2.5.2.7 *Porosidad*

El espacio poroso del suelo es ocupado por aire y agua en su estado natural. Dependiendo de la disposición de las partículas sólidas, varía el volumen de este espacio. La porosidad del suelo es de gran importancia agrícola. La porosidad del suelo permite el flujo de aire, circulación de agua y desarrollo de raíces. Estos factores combinados crean un ambiente propicio para el buen desarrollo de las plantas y la absorción adecuada de los nutrientes, (U.N.L.P., 2019).

Medir la porosidad de un suelo de forma directa se puede hacer asumiendo que es igual a la humedad de saturación. No obstante, esta suposición solo es válida para suelos con porosidad conectada. Por lo general, al determinar la porosidad a partir de la densidad aparente, se obtienen valores más altos que el contenido volumétrico de agua en saturación. Esto se debe a que no todos los poros están conectados, lo que significa que algunos poros permanecen llenos de aire incluso después de saturar la muestra, (U.N.L.P., 2019).

CAPITULO III

3. MARCO METODOLOGICO

3.1 Características del lugar

3.1.1 Localización

El presente trabajo de investigación se realizó en el en los predios de la estación experimental Tunshi - ESPOCH, ubicado en la parroquia Licto, cantón Riobamba, provincia de Chimborazo.

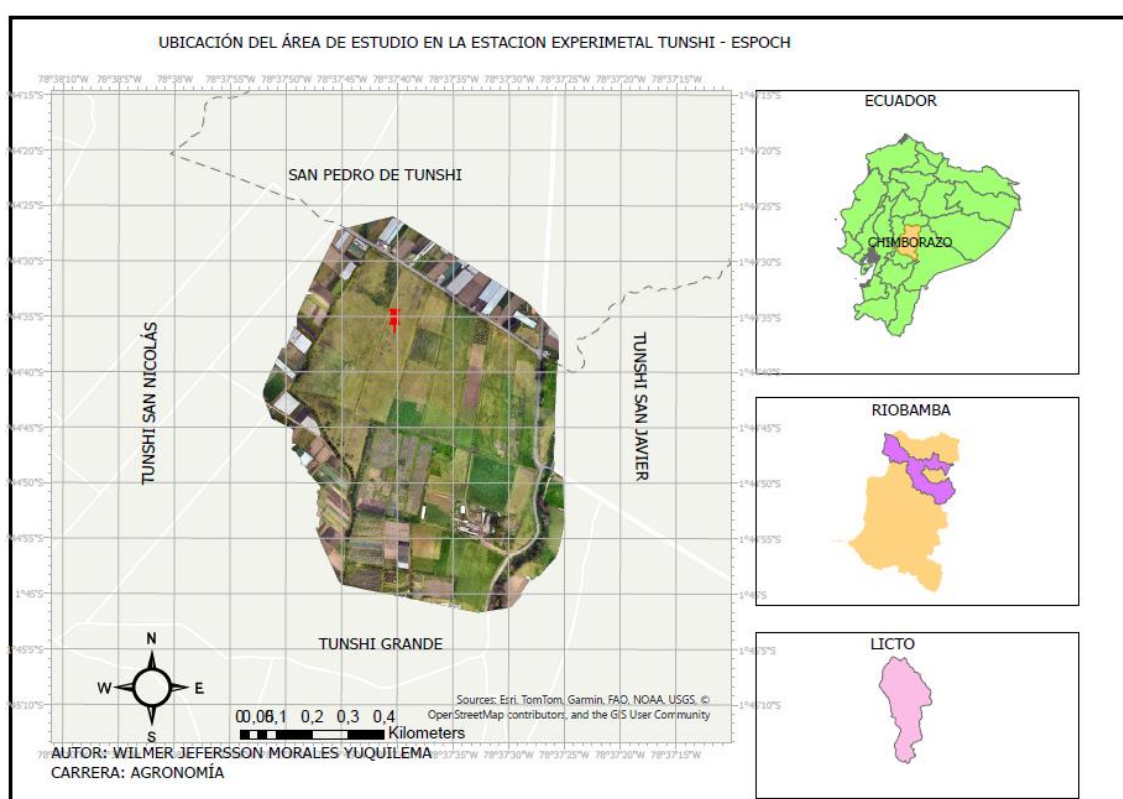


Ilustración 3-1: Ubicación Geográfica del ensayo

Realizado por: Morales W., 2024

3.1.2 Ubicación geográfica

- **Latitud:** 1°44'54"S
- **Longitud:** 78°37'42"W
- **Altitud:** 2747 msnm

Fuente: Estación Meteorológica ESPOCH, 2023

3.1.3 *Condiciones climáticas*

- Temperatura promedio: 15 °C
- Humedad relativa: 60%

3.2 Materiales y equipos

3.2.1 *Materiales de oficina*

- Computadora
- Impresora
- Hojas
- Libreta de apuntes
- Calculadora
- Cámara fotográfica
- Rotulador

3.2.2 *Materiales de campo*

- Bolsas plásticas para recolectar muestras
- Barreno
- Azadón
- Pala
- Etiquetas adhesivas

3.2.3 *Equipos de campo*

- GPS
- Dron
- Overol
- Cooler
- Tractor
- Aperos (Arado, surcadora, sembradora)
- Penetrómetro

3.2.4 *Materiales de laboratorio*

- Recipientes plásticos
- Cilindros
- Mandil
- Estufa

3.2.5 *Equipos de laboratorio*

- Hidrometro
- Clinometro

3.3 Especificaciones del diseño experimental

3.3.1 *Unidad experimental*

En este estudio, se implementó el Diseño de Bloques Completos al Azar (DBCA) en una parcela dividida con tres repeticiones y cuatro tratamientos. Las variables bajo estudio fueron sometidas a un análisis de varianza para determinar si existían diferencias estadísticas significativas entre las medias de los tratamientos. Para llevar a cabo esta comparación, se utilizó la prueba de Tukey con un nivel de significancia del 5%.

3.3.2 *Especificaciones del diseño experimental*

En este estudio se utilizaron 4 tratamientos. Cada uno de estos tratamientos se repitió 3 veces, es decir un total de 12 unidades experimentales o parcelas en el estudio. Esto permitió tener una muestra representativa para realizar el análisis de los tratamientos y obtener conclusiones.

3.4 Factores y tratamientos en estudio

3.4.1 *Factor A*

Pendiente:

- 0 – 5% (P_1)
- +5 – 10% (P_2)

3.4.2 Factor B

Sistemas de labranza:

- Labranza convencional (L_1)
- Labranza mínima (L_2)

3.4.3 Tratamientos en estudio

Tabla 3-1: Tratamientos en estudio

Código	Tratamiento	Descripción
P_1L_1	T1	Pendiente de 0-5 con labranza convencional
P_1L_2	T2	Pendiente de 0-5 con labranza mínima
P_2L_1	T3	Pendiente de más de 5-10 con labranza convencional
P_2L_2	T4	Pendiente de más de 5-10 con labranza mínima

Realizado por: Morales W., 2024.

3.5 Metodología

3.5.1 Analizar las propiedades físicas del suelo para los dos sistemas de labranza

3.5.1.1 Geolocalización

Se llevó a cabo la zonificación y geolocalización del terreno y de las muestras correspondientes, con la ayuda del GPS Spectra Precision, que cuenta con un margen de error de 1.5 metros. Este dispositivo permitió obtener coordenadas para cada ubicación muestreada, lo cual facilitó la creación de mapas temáticos y el análisis de los datos recopilados.

3.5.1.2 Muestreo

El muestreo se realizó bajo la metodología del Departamento de Agricultura de Estados Unidos (USDA), para el análisis de las propiedades físicas del suelo se recolectando una muestra compuesta por unidad experimental a una profundidad de 0.4 m. Estas muestras fueron recolectadas en cilindros y fueron debidamente etiquetadas. Para analizar la textura del suelo se tomó una muestra por cada unidad experimental y fueron almacenadas en fundas ciplox que

también fueron debidamente etiquetadas y llevadas al laboratorio.

3.5.1.3 *Textura*

Para determinar la textura en el laboratorio por el método de Bouyoucos, se procedió a secar las muestras de suelo y luego se tamizaron para eliminar cualquier impureza. A continuación, se pesaron 100 gramos de suelo y se mezcló en un recipiente con 4.3 gramos de hexametáfosfato de sodio y 0.98 gramos de carbonato de sodio. Después, se dejó reposar durante 24 horas, permitiendo que los componentes se asentaran y estabilizaran. Luego, la muestra se transfirió con cuidado a una probeta de 1000 ml.

Posteriormente, se aforo hasta los 900ml y se procedió a colocar el densímetro para luego llenar completamente hasta los 1000ml, posteriormente se retira el densímetro y luego se mezcló por aproximadamente durante 1 minuto, se vuelve a colocar el densímetro y se espera durante 40s y para obtener el primer dato, para la toma del segundo dato se deja reposar por aproximadamente 3 h. Las porciones combinadas de arena, limo y arcilla que reflejan los datos en un suelo son los que determinan su clasificación textural.

3.5.1.4 *Porcentaje de Humedad*

Para determinar la humedad en este estudio, primero se realizaron calicatas para obtener muestras de cada una de las unidades experimentales en un cilindro. Luego, se trasladaron estas muestras al laboratorio, donde se pesaron y se registraron los datos del cilindro junto con el suelo húmedo. A continuación, se dejaron secar en la estufa durante 24 horas a 105°C y se registró un segundo dato, correspondiente al peso del cilindro con el suelo seco. A continuación, se llevó a cabo el cálculo de la humedad utilizando la siguiente ecuación:

Ecuación 1:

$$\%H = \frac{(PSH - PSS)}{(PSS)} \times 100$$

%H: porcentaje de humedad del suelo

PSH: peso el suelo húmedo

PSS: peso de suelo seco

3.5.1.5 *Velocidad de infiltración*

Para evaluar la velocidad de infiltración del agua en el suelo, se empleó el método de doble anillo. Este método se basa en la colocación de dos anillos concéntricos en el suelo. En primer lugar, se vierte agua en el anillo exterior y se permite que se infiltre. A continuación, se procede a verter una cantidad medida de agua en el anillo interior y se registra la cantidad de agua que se infiltra durante 10 minutos, este dato se multiplica por una constante, que suele ser 6, para determinar la velocidad de infiltración en términos de mm por hora.

3.5.1.6 Resistencia al corte

Estos datos de resistencia al corte se obtuvieron con la ayuda del instrumento penetrómetro, el cual consiste de un cono en forma de punta que al aplicar un poco de fuerza se introducía en el suelo, esto nos permitía levantar información que arrojaba el instrumento, es decir que la resistencia al corte no es más que medir el estado de compactación la densidad en la que se encuentra el suelo.

3.5.1.7 Densidad aparente

Para establecer una base de referencia, se tomó el peso del cilindro vacío. A continuación, se pesó el cilindro con el suelo húmedo y se procedió a colocarlo en una estufa a 105 °C por 24 horas para eliminar toda la humedad. Después de este proceso, se pesó nuevamente el cilindro con el suelo seco. Restando el peso del cilindro vacío al peso del cilindro con el suelo seco, se obtuvo el peso del suelo seco. Con el peso del suelo seco y el volumen del cilindro previamente calculado, se pudo utilizar la siguiente ecuación:

Ecuación 2:

$$Da = \frac{PSS}{V}$$

Da= Densidad aparente

PSS= peso de suelo seco

V= volumen del cilindro

3.5.1.8 Densidad real

Para determinar la densidad real se lo realizo por el método del picnómetro, donde en primer lugar se pesó el picnómetro. Luego se aforo el picnómetro con agua destilada y se volvió a pesar para obtener el peso total. A continuación, se vació cuidadosamente el agua del picnómetro, dejando

aproximadamente 1/3 de su volumen. En este espacio vacío, se añadieron 5 gramos de la muestra de suelo que se deseaba analizar.

Posteriormente, se volvió a aforar el picnómetro con agua destilada, asegurándose de no dejar burbujas de aire atrapadas. Una vez completado este paso, se realizó una nueva pesada del picnómetro que contenía tanto el suelo como el agua. Esta medida permitió obtener el peso total del picnómetro con la muestra de suelo y el agua aforada. Por último, se aplicó la siguiente ecuación:

Ecuación 3:

$$Dr = \frac{S}{S + A - (s + a)}$$

Dr= densidad real

S= peso de suelo

A= peso de agua

s+a= peso de suelo y el agua mezclados

3.5.1.9 Porcentaje de porosidad

La porosidad se determinó utilizando el método de la USDA (Departamento de Agricultura de los Estados Unidos), el cual considera los datos de densidad real y densidad aparente del suelo. Con estos valores, se procedió a calcular el tipo de porosidad presente.

Ecuación 4:

$$\% \text{ Porosidad} = \frac{Dr - Da}{Da} \times 100$$

Dr= densidad real

Da= densidad aparente

3.5.1.10 Porcentaje de pendiente

Para el cálculo de la pendiente, se aplicó la siguiente fórmula la cual consiste en calcular la diferencia de altura entre dos puntos dividida por la distancia horizontal entre esos mismos puntos, y luego se multiplica por 100.

Ecuación 5:

$$\% \text{ Pendiente} = \frac{\text{distenacia de alturas}}{\text{distancia horizontal}} \times 100$$

3.5.2 Calcular el porcentaje de patinaje en los dos sistemas de labranza a diferente pendiente

Para calcular el patinaje del tractor, se recopilaron 6 conjuntos de datos correspondientes a las pasadas del tractor con cada apero utilizado en diferentes sistemas de labranza. Se realizaron 3 repeticiones para cada sistema de labranza, teniendo en cuenta las variaciones en las pendientes del terreno.

Una vez recopilados los datos, se procedió a tabularlos en una hoja de cálculo en Excel u otro programa similar. En esta hoja de cálculo, se realizaron los cálculos necesarios para determinar el patinaje del tractor.

Ecuación 6:

$$S = \left(\frac{Dul - Dl}{Dul} \right) \times 100$$

S= porcentaje de patinaje

Dul= distancia recorrida por los neumáticos de tracción sin carga.

Dl= distancia recorrida por los neumáticos de tracción con carga.

3.5.3 Determinar los costos en los dos sistemas de labranza en suelos con diferentes pendientes.

Se realizó los cálculos del costo en función de la velocidad de trabajo, el tiempo de operación, y el costo hora tracto que serán determinados bajo la metodología establecida por la Organización de Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). Esta metodología proporciona un enfoque sólido y estandarizado para la evaluar los costos asociados con las labores agrícolas, considerando tanto los costos variables, costos fijos, costos generales y el porcentaje de inflación.

3.5.3.1 Velocidad de trabajo

La velocidad de trabajo hace referencia a la velocidad a la que el tractor agrícola opera de manera eficiente y seguro teniendo en cuenta encontrar una velocidad adecuada ya que esto influye positivamente en el tiempo de trabajo lo cual maximizar la producción. Sin embargo, a la vez, se desea obtener la velocidad a la que se puede evitar el volcamiento y daños al suelo y a la planta. Esta velocidad puede variar dependiendo de las condiciones del terreno y de las especificaciones del trabajo.

Ecuación 7:

$$v = \frac{e}{t}$$

v= Velocidad de recorrido

e= Espacio recorrido

t= Tiempo

3.5.3.2 Determinación de tiempo por hectárea

La determinación de tiempo por hectáreas es un factor importante para el cálculo de los costos de operación el cual considera diversos factores como el ancho de labor de cada implemento utilizado en el tractor agrícola de acuerdo a los sistemas de labranza en estudio y la velocidad de trabajo del mismo. Es una herramienta que permite mejorar la productividad, maximizar los rendimientos y garantizar la rentabilidad en las actividades agrícolas.

Ecuación 8:

$$\frac{t}{ha} = al * v$$

t/ha= tiempo por hectárea

al = ancho de labor del implemento

v= velocidad de trabajo

3.5.3.3 Determinación costo por hora tractor por el método lineal de la FAO

Costos fijos

- Depredación

Ecuación 9:

$$D = \frac{Vi - Vf}{Vu}$$

D= Depreciación

Vi= Valor inicial

Vf= Valor final

Vu= Vida útil

- Interés

-

Ecuación 10:

$$I = \left(\frac{Vi + Vf}{2} \right) x t$$

I= Interés

Vi= Valor inicial

Vf= Valor final

t= tasa de interés

- Seguro de protección

Ecuación 9:

$$Sp = 5\% \left(\frac{Vi - Vf}{2} \right)$$

Sp= Seguro de protección

Vi= Valor inicial

Vf= Valor final

- Alojamiento

Ecuación 10:

$$A = \frac{0,5 \times Vi}{100 \times Vu}$$

A= Alojamiento

Vi= Valor inicial

Vu= Vida útil

Costos variables

- Reparación y mantenimiento

Ecuación 11:

$$RyM = \frac{Vi \times i}{100}$$

Vi= Valor inicial

i= constante (1,2/100h)

- Combustible

Ecuación 12:

$$CC = Ce \times Pmax \times Tdf \times Pc$$

CC= Costo de combustible

Ce= Consumo específico

Pmax= Potencia máxima

Tdf= Toma de fuerza

Pc= Precio de combustible

- Lubricante de motor

Ecuación 13:

$$Lm = \frac{\text{Capacidad de carter} \times \text{Precio del lubricante}}{\text{número de horas de cambio}}$$

- Lubrigante de trasmisión

-

Ecuación 14:

$$\frac{\text{Valor de lubricante}}{\text{horas de uso}}$$

- Filtro de aceite de motor

Ecuación 15:

$$Fm = \frac{\text{valor del filtro}}{\text{horas de uso del filtro}}$$

- Filtro de combustible

Ecuación 16:

$$Fc = \frac{\text{valor del filtro}}{\text{horas de uso del filtro}}$$

- Filtro de trasmisión

Ecuación 17:

$$Fc = \frac{\text{valor del filtro}}{\text{horas de uso del filtro}}$$

- Operador

Ecuación 18:

$$O = \frac{\text{sueldo}}{\text{horas de trabajo}}$$

Costos generales

Ecuación 19:

$$CG = \frac{\text{dotación}}{\text{horas/mes}}$$

CAPITULO IV

4. MARCO DE ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1 Procesamiento de resultados

4.1.1 Zonificación y geolocalización del terreno y de las respectivas muestras

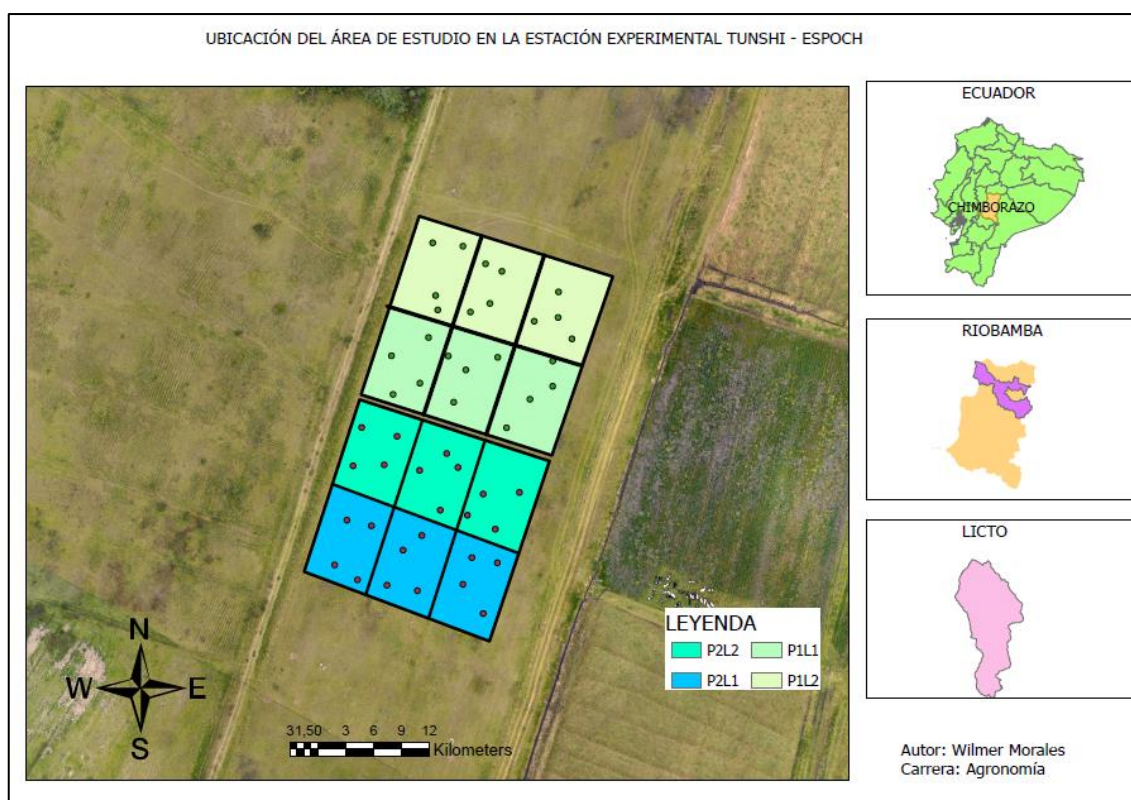


Ilustración 4-1: Zonificación y geolocalización de las muestras de los diferentes tratamientos

Realizado por: Morales W., 2024.

4.1.2 Propiedades físicas del suelo

Tabla 4-1: Análisis en laboratorio de la textura de suelo por el método de Bouyoucos

Nº	Tratamiento	Textura	%Humedad	Da (gr/cc)	Dr (gr/cc)	%Porosidad
1	P1L1	Franco arenoso	9,68	1,34	2,57	52,23
2	P1L2	Franco arenoso	8,27	1,32	2,55	51,84
3	P2L1	Franco Limoso	12,77	1,20	2,50	47,83
4	P2L2	Franco Limoso	13,97	1,18	2,50	47,33

Realizado por: Morales W., 2024.

4.1.2.1 *Textura*

Según el análisis de suelo realizado en el laboratorio para textura mediante el método de Bouyoucos, se determinó que los tratamientos ubicados en suelos con una pendiente mayores al 5% pertenecen a la categoría franco limoso, mientras que los tratamientos ubicados en suelos con pendiente menores al 5% pertenecen a la categoría franco arenoso (**Tabla 4-1**).

4.1.2.2 *Porcentaje de humedad*

La humedad de suelo se determinó en el laboratorio con el método del cilindro, los resultados se presentan en la (**Tabla 4-1**) para los diferentes tratamientos utilizando la **Ecuación 1**. Se observa que, para el tratamiento P2L2 presenta mayor porcentaje de humedad con un valor promedio del 13,97 % en la textura de franco limoso mientras que el tratamiento P1L2 presenta un valor promedio de porcentaje de humedad del 8,27% en la textura franco arenoso.

4.1.2.3 *Densidad aparente*

Mediante el método del cilindro en el laboratorio se determinó la densidad aparente del suelo aplicando la formula correspondiente (**Ecuación 2**). Los resultados se presentan en la (**Tabla 4-1**) para los diferentes tratamientos. Se observa que, para el tratamiento P1L1 presenta una densidad aparente en promedio el valor de 1,34 gr/cc en textura de franco arenoso, mientras que para el tratamiento P2L2 presenta una densidad aparente en promedio de un valor de 1,18 gr/cc con textura de franco limoso.

4.1.2.4 *Densidad real*

La densidad real se determinó en el laboratorio por el método del picnómetro o y con la **Ecuación 3** para los diferentes tratamientos. En la (**Tabla 4-1**) se observa que el tratamiento P1L1 de la con textura franco arenoso presenta una densidad real de 2,57 gr/cc. Por otro lado, el tratamiento P2L1 con textura franco arenoso presenta una densidad real del 2,50 gr/cc.

4.1.2.5 *Porcentaje de Porosidad*

En el laboratorio, el porcentaje de porosidad se determinó utilizando el método de USDA y la **Ecuación 4** para los diferentes tratamientos. En la (**Tabla 4-1**) se observa que el tratamiento P1L1 con textura franco arenoso presenta un porcentaje de porosidad promedio del 53,23 %, mientras

que en el tratamiento P2L1 con textura franco arenoso presenta un porcentaje de porosidad promedio del 55,12 %.

4.1.3 %Patinaje

Tabla 4-2: Análisis de la Varianza para porcentaje de patinaje.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	Sig.
Repetición	0,73	2	0,36	0,64	0,5721	ns
Pendiente	37,21	1	37,21	65,99	0,0012	**
Repetición*Pendiente	0,42	2	0,21	0,37	0,7111	
Sistema de labranza	548,24	1	548,24	972,38	<0,0001	**
Pendiente*Sistema de labra..	6,32	1	6,32	11,21	0,0286	*
Error	2,26	4	0,56			
Total	595,17	11				
CV	3,86%					

p-valor > 0,01 y > 0,05 = ns; p-valor > 0,01 y < 0,05 = *; p-valor < 0,01 y < 0,05 = **
Realizado por: Morales W., 2024.

El análisis de varianza para el porcentaje de patinaje (**Tabla 4-2**), revela la presencia de diferencias altamente significativas tanto en Factor A(Pendiente) como en el Factor B (Sistema de labranza). Además, se observa que la interacción Pendiente*Sistema de labranza también presenta diferencias significativas. El coeficiente de variación (CV) obtenido es del 3,86%.

Tabla 4-3: Prueba DMS al 5% para el porcentaje de patinaje en función de la pendiente.

Pendiente	Medias	n	Grupo
P1	17,68	6	A
P2	21,2	6	B

Realizado por: Morales W., 2024.

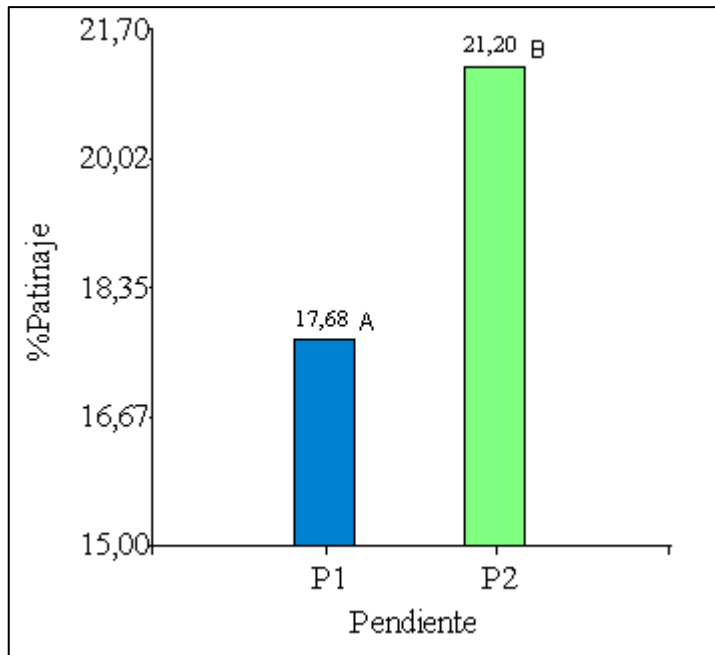


Ilustración 4-2: Porcentaje de patinaje en función de la pendiente.

Realizado por: Morales W., 2024.

Al realizar la prueba de DMS (Diferencia Mínima Significativa) al 0,05 para porcentaje de patinaje en función de pendiente, se observa que los suelos con una pendiente del 6% presenta mayor porcentaje de patinaje en comparación con aquellos suelos que tienen menor pendiente, (**Ilustración 4-2**).

Tabla 4-4: Prueba DMS al 5% para el porcentaje de patinaje en función del sistema de labranza.

Sistema de labranza	Medias	n	Grupo
L2	12,68	6	A
L1	26,2	6	B

Realizado por: Morales W., 2024.

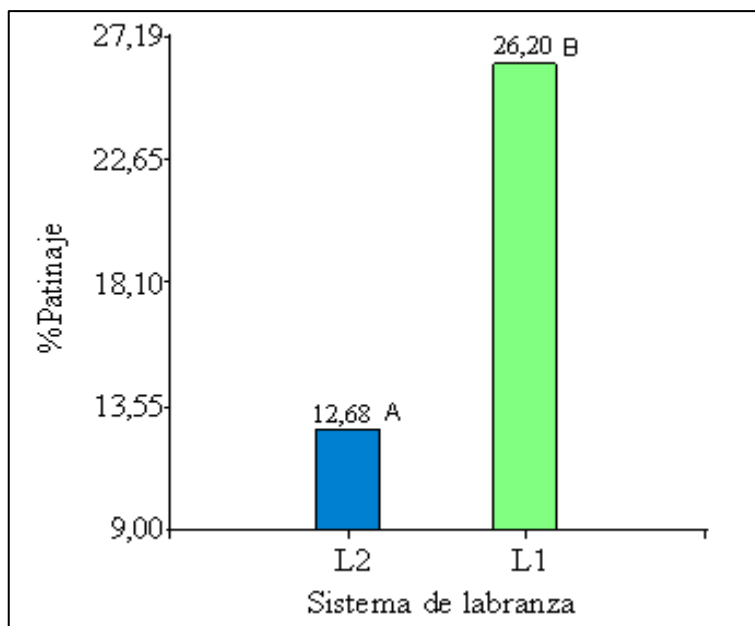


Ilustración 4-3: Porcentaje de patinaje en función al sistema de labranza.

Realizado por: Morales W., 2024.

Al realizar la prueba de DMS al nivel de significación de 0,05 para porcentaje de patinaje en función del sistema de labranza, se observa que el tractor agrícola con el sistema de labranza convencional presenta un mayor porcentaje de patinaje, con un valor de 26,20%, en comparación con el sistema de labranza mínima o reducida que muestra un menor porcentaje de patinaje, (**Ilustración 4-3**).

Tabla 4-5: Prueba Tukey al 0,05 para porcentaje de patinaje en función a la interacción pendiente*sistema de labranza.

Pendiente	Sistema de labranza	Medias	n	Grupo
P1	L2	11,64	3	A
P2	L2	13,71	3	A
P1	L1	23,71	3	B
P2	L1	28,68	3	C

Realizado por: Morales W., 2024.

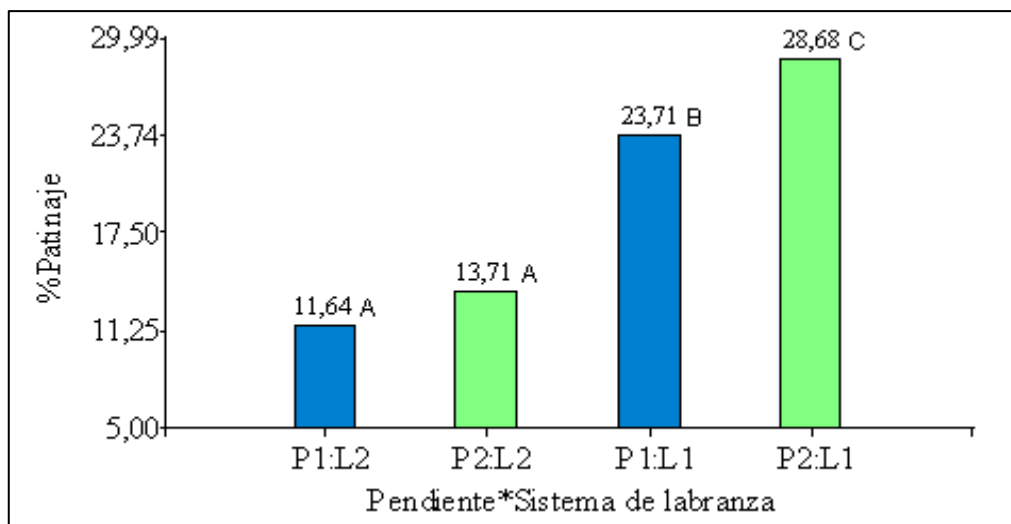


Ilustración 4-4: Porcentaje de patinaje en función a la interacción pendiente*sistema de labranza.

Realizado por: Morales W., 2024.

Al realizar la prueba de Tukey con un nivel de significación al 0,05, se observa que con una pendiente mayor al 5% y aplicando el sistema de labranza convencional el tractor agrícola presenta un porcentaje de patinaje significativamente mayor que resulta ser 28,68%. En contraste, al realizar el trabajo con una pendiente menores al 5% y aplicando la labranza mínima presenta un porcentaje de patinaje bajo con u valor de 11,64%, como lo evidencia la (Tabla 4-5).

4.1.4 Resistencia al corte (kg/m^2)

Tabla 4-6: Análisis de la Varianza para resistencia al corte

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	Sig.
Repetición	9,50E-04	2	4,80E-04	0,22	0,8152	ns
Pendiente	2,40E-03	1	2,40E-03	1,09	0,3553	ns
Repetición*Pendiente	3,20E-03	2	1,60E-03	0,73	0,5374	
Sistema de labranza	0,01	1	0,01	3,17	0,1494	ns
Pendiente*Sistema de labra..	4,10E-04	1	4,10E-04	0,18	0,6893	ns
Error	0,01	4	2,20E-03			
Total	0,02	11				
CV	17,90%					

p-valor > 0,01 y > 0,05 = ns;

p-valor > 0,01 y < 0,05 = *;

p-valor < 0,01 y < 0,05 = **

Realizado por: Morales W., 2024.

El análisis de varianza indico que no existe diferencias significativas para la resistencia al corte ($P > 0,05$) y el coeficiente de variación fue de 17,90% (**Tabla 4-6**).

4.1.5 Velocidad de infiltración (mm/h)

Tabla 4-7: Análisis de la Varianza para la velocidad de infiltración

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	Sig.
Repetición	15,12	2	7,56	0,01	0,9916	ns
Pendiente	1399,68	1	1399,68	1,57	0,2786	ns
Repetición*Pendiente	2766,96	2	1383,48	1,55	0,3172	
Sistema de labranza	432	1	432	0,48	0,5248	ns
Pendiente*Sistema de labra..	1728	1	1728	1,94	0,2364	ns
Error	3568,32	4	892,08			
Total	9910,08	11				
CV	22,03%					

p-valor $> 0,01$ y $> 0,05$ = ns

; p-valor $> 0,01$ y $< 0,05$ = *;

p-valor $< 0,01$ y $< 0,05$ = **

Realizado por: Morales W., 2024.

El análisis de varianza indico que no existe diferencias significativas para la velocidad de infiltración ($P > 0,05$) y el coeficiente de variación fue de 22,03% (**Tabla 4-7**).

4.1.6 Porcentaje de Humedad

Tabla 4-8: Análisis de la Varianza para el porcentaje de humedad

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	Sig.
Repetición	1,69	2	0,84	0,16	0,8567	ns
Pendiente	57,9	1	57,9	11,04	0,0293	*
Repetición*Pendiente	2,80E-03	2	1,40E-03	2,70E-04	0,9997	
Sistema de labranza	0,03	1	0,03	0,01	0,9415	ns
Pendiente*Sistema de labra..	5,07	1	5,07	0,97	0,3811	ns
Error	20,97	4	5,24			
Total	85,67	11				
CV	20,50%					

p-valor $> 0,01$ y $> 0,05$ = ns;

p-valor $> 0,01$ y $< 0,05$ = *;

p-valor $< 0,01$ y $< 0,05$ = **

Realizado por: Morales W., 2024.

El análisis de varianza para el porcentaje de humedad indico que existieron diferencias altamente significativas de acuerdo a la pendiente y el coeficiente de variación fue de 20,50% (**Tabla 4-8**).

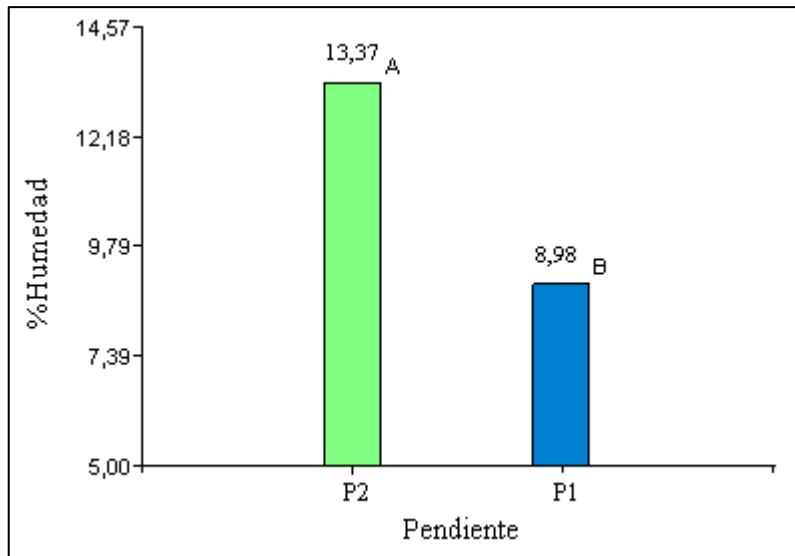


Ilustración 4-5: Prueba DMS al 5% para el porcentaje de humedad en función de la pendiente

Realizado por: Morales W., 2024.

Al realizar la prueba de DMS al nivel de significación de 0,05 para porcentaje de humedad en función de la pendiente, se observa que el porcentaje de humedad en la pendiente de mayores del 5% presenta un mayor porcentaje de humedad, con un valor de 13,37%, en comparación con pendientes menores al 5% que muestra un menor porcentaje de humedad, (**Ilustración 4-5**).

4.1.7 Determinación de costos de operación

Tabla 4-9: Rango requerido de la velocidad de trabajo del tractor agrícola

Tratamiento	v/t (m/s)	Velocidad requerida	
		min (m/s)	max (m/s)
P1L1	0,89	1,39	2,22
P1L2	0,80	1,11	1,67
P2L1	0,84	1,39	2,22
P2L2	0,77	1,11	1,67

Al realizar el calculo de la velocidad de trabajo (m/s) se puede observar que existe patinaje del neumático de tracción del tractor agrícola ya que los valores resultantes se encuentran muy por debajo del rango de velocidad de trabajo requerido por cada sistema de labranza, consecuentemente, estos valores influyen directamente en los costos de operación en relación a la pendiente en la que se realiza el trabajo, como se muestra en la **Tabla (4-9)**.

Tabla 4-10: Costos de operación en los dos sistemas de labranza en suelos con diferentes pendientes

N°	Tratamiento	Tiempo	C.H.T	Valor total \$
1	P1L1	13,78	21,1	290,76
2	P1L2	8,2	21,1	173,02
3	P2L1	14,68	21,1	309,75
4	P2L2	8,5	21,1	178,93

Al realizar los cálculos pertinentes, el tratamiento con pendiente mayores al 5% y con la labranza convencional con textura de suelo franco limoso (P2L1) al presentar mayor porcentaje de patinaje como lo muestra en la (**Ilustración 4-4**), influye en un mayor tiempo de trabajo por hectárea lo que resulta con un alto valor en los costos de operación siendo el total de 309,75\$, en comparación al trabajo realizado con tratamiento (P1L2) el cual presenta pendientes menores al 5% aplicando la labranza mínima en suelos con texturas franco arenosos, presenta un costo total de 173,03\$ ya que presenta el menor porcentaje de patinaje como lo muestra en la (**Ilustración 4-4**),

4.2 Discusión

4.2.1 Análisis de las propiedades físicas de suelo

En los diferentes tratamientos en lo que corresponde a textura para suelos con pendiente menor al 5% para los dos sistemas de labranza para el cultivo de papa, se tiene suelos franco arenosos mientras que para los tratamientos que se encuentran en suelos con pendiente mayor al 5% bajo los dos sistemas de labranza corresponde a la categoría franco limoso. Los cultivos que se practicaron en años anteriores fueron de arveja, papa, maíz y el último ciclo en descanso.

Según la (FAO, 2023), Desde el punto de vista de la textura del suelo, la categoría franco limoso resulta ser una opción adecuada para cultivar papas. Este tipo de suelo ofrece un equilibrio óptimo entre retención de agua y drenaje, gracias a la combinación de partículas de limo, arena y arcilla. Esto proporciona una capacidad efectiva de retener agua y nutrientes, al mismo tiempo que permite una circulación de aire adecuada. Por otro lado, los suelos de textura franco arenosa presentan una proporción equilibrada de arena y limo, lo cual puede afectar negativamente la capacidad de retención de agua, la aireación y la disponibilidad de nutrientes en el suelo.

4.2.2 Porcentaje de Humedad

Uno de los aspectos clave que se evaluó en el análisis de suelo realizado en las parcelas de Tunshi fue la humedad del suelo, la cual se registró en promedio un 11,17%. La humedad del suelo es

una medida fundamental a considerar en el cultivo de cualquier planta, incluyendo la papa. Su importancia radica en el hecho de que afecta directamente la disponibilidad de agua para las plantas y la actividad biológica en el suelo.

(Intagri S.C., 2018), Menciona que, la humedad del suelo juega un papel fundamental en el crecimiento y desarrollo de las plantas en el caso específico del cultivo de papas. Para que las plantas de papa puedan realizar procesos vitales como la absorción de nutrientes, la fotosíntesis y la transpiración, es necesario que dispongan de un suministro adecuado de agua. Por lo tanto, resulta esencial que el suelo proporcione una cantidad suficiente de agua a lo largo de todo el ciclo de crecimiento de las papas.

4.2.3 Densidad aparente

Además, se determinó la densidad aparente del suelo, el cual es un indicador que nos muestra la relación entre la masa del suelo seco y el volumen total, teniendo en cuenta tanto los poros como las partículas sólidas. En el caso específico de nuestro suelo franco limoso, con una densidad aparente de 1.19, podemos inferir que presenta una estructura relativamente porosa y un grado moderado de compactación.

Lo que indica (López, y otros, 2018), Este tipo de estructura es favorable para el crecimiento de las raíces de la papa, ya que permite una adecuada penetración y exploración del suelo en busca de nutrientes. La disponibilidad de nutrientes es crucial para el desarrollo saludable de las plantas de papa, y un suelo con buena porosidad puede facilitar la absorción de nutrientes y su distribución en la zona de las raíces.

4.2.4 Densidad real y porcentaje de porosidad

Además de la densidad aparente, se determinó la densidad real del suelo, que se registró en 2.5. La densidad real se refiere a la relación entre la masa de las partículas sólidas y el volumen real del suelo, excluyendo los poros. Comparando la densidad aparente y la densidad real, se puede calcular el porcentaje de porosidad del suelo. En este caso, con una densidad aparente de 1.19 y una densidad real de 2.5, se obtiene un porcentaje de porosidad del 47.58%.

(Racines, y otros, 2020), menciona que este rango de porosidad es beneficioso para el cultivo de papa, ya que permite una adecuada circulación de aire, el intercambio de gases y el drenaje, evitando problemas de encharcamiento. Además, la porosidad facilita el desarrollo de las raíces y la

penetración de los nutrientes en el suelo, lo cual es fundamental para el crecimiento saludable de las plantas de papa.

4.2.5 Porcentaje de patinaje

Cuando se realiza labranza mínima en pendientes menores al 5%, el porcentaje de patinaje es bajo en comparación a terrenos con más porcentaje de pendiente. Esto se debe a que la fuerza de tracción necesaria para mover el tractor y las herramientas de labranza se ve comprometida por la inclinación del terreno. El patinaje puede ocurrir debido a la falta de tracción adecuada entre las ruedas del tractor y el suelo, lo que puede resultar en un menor rendimiento y eficiencia del trabajo.

Por consiguiente, cuando se realiza labranza convencional en pendientes mayores al 5%, es notable que el porcentaje de patinaje del tractor agrícola aumenta considerablemente como se puede observar en la **(Ilustración 4-4)**, en comparación con terrenos planos. La inclinación del terreno compromete la tracción y la fuerza necesaria para mover el tractor y las herramientas de labranza. El patinaje puede ocurrir debido a la dificultad para mantener la tracción adecuada entre las ruedas y el suelo, lo que puede afectar negativamente la eficiencia y seguridad de las operaciones agrícolas.

Smith y Johnson, (2020), En terrenos con pendientes pronunciadas, los tractores pueden experimentar dificultades para mantener la tracción y evitar el deslizamiento. El patinaje de un tractor en pendientes puede ser problemático, ya que puede resultar en una pérdida de eficiencia y productividad, así como aumentar el riesgo de accidentes.

Gómez-Calderón et al., (2018, pág.172), En el sistema de labranza convencional, que implica el uso de maquinaria pesada como arados y rastras y surcadora, el patinaje del tractor puede ser más pronunciado en pendientes mayores. Esto se debe a que el suelo se mueve y se vuelve más suelto, lo que puede dificultar la tracción del tractor. En el sistema de labranza mínima, que busca disturbios mínimos del suelo y utiliza técnicas como la siembra directa o el uso de cultivos de cobertura, el patinaje del tractor puede ser menor en comparación con la labranza convencional en pendientes similares.

4.2.6 Costo de operación

Analizando el costo de operación se dice que la labranza convencional implica el uso de maquinaria pesada, como arados y rastras, para voltear y pulverizar el suelo, lo que requiere una

inversión significativa en equipos y combustible. Siendo así que existe mayor costo de operación en el Tratamiento P2L1 con un valor de 309,75\$, como se muestra en la **(Tabla 4-10)**, en comparación con el tratamiento P1L2 que obtuvo un menor costo de operación corroborando así en la prueba de Tukey para la interacción realizada entre la pendiente por el sistema de labranza utilizada en el la investigación como se muestra en la **Tabla (4-4)**.

CAPITULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

En función del análisis de las propiedades físicas de las diferentes muestras de suelo del lote en estudio georreferenciado para el cultivo de papa considerando la pendiente y los sistemas de labranza utilizados en estos, presenta textura franco limosa en los suelos de mayor pendiente y franco arenosa en suelo de menor pendiente, con densidad aparente de 1,19 gr/cc y 1,33 gr/cc, con densidad real del 2,5 gr/cc y 2,56 gr/cc y porcentajes de humedad de 13,37% y 8,98% respectivamente.

A mayor pendiente se incrementa el porcentaje de patinaje con labranza convencional presentando el 28,68% en suelos de textura franco limosos, mientras que con sistema de labranza mínima se tiene el 13,61%; y en suelos con menor pendiente de textura franco arenoso, el patinaje es menor tanto para labranza convencional como para labranza mínima en la preparación de suelo para el cultivo de papa con porcentaje de humedad cercana a la capacidad de campo.

En el costo de preparación de suelos para el cultivo de papa influye el sistema de labranza, el porcentaje de pendiente, que están relacionados con el porcentaje de patinaje y el tiempo de operación, siendo menor el costo con el sistema de labranza mínima en suelos de menor pendiente.

5.2 Recomendaciones

Aplicar labranza mínima en la preparación del suelo tanto de textura franco limoso como francos arenosos para el cultivo de papa en la estación experimental Tunshi.

Realizar el análisis físico-químico de suelos previo a la preparación del mismo para el cultivo de papa.

Realizar investigaciones en el patinaje que se produce en la preparación de suelos para otros cultivos en diferentes lotes de la estación experimental Tunshi.

BIBLIOGRAFÍA

1. **López, Rafael y Zúñiga Sánchez, Mauricio . 2018.** *Manejo del Agua de Riego en el Cultivo de Papa.* s.l. : INIA, 2018.
2. **Pérez Mayorga, Daniel Josué. 2020.** *Manejo de sistemas de labranzas en suelos de la cuenca del Río Guayas, retos y perspectiva.* s.l. : UNIVERSIDAD TÉCNICA DE BABAHOYO, 2020.
3. **Racines, Marcelo, Cuesta, Xavier y Castillo, Carmen . 2020.** *Manual del cultivo de Papa.* s.l. : INIAP 3ra edición, 2020.
4. **Alarcón, Jeanpier Camilo Morales. 2022.** *PATINAMIENTO DE TRACTORESAGRÍCOLAS.* Colombia : s.n., 2022.
5. **Arana Vargas, Joanna Edidh, y otros. 2022.** *Preparación de Terreno.* Lima : UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA, 2022.
6. **Bayer. 2018.** Beneficios de las sembradoras . [En línea] 2018.
<https://www.dekalb.com.mx/es-mx/dekalb--contigo/beneficios-de-las-sembradoras.html#:~:text=En%20general%20las%20sembradoras%20son,para%20colocar las%20en%20la%20tierra..>
7. **Boelts, John. 2023.** *Agricultura. Información oficial del Gobierno de los Estados Unidos relativa al Sistema de Posicionamiento Global y temas afines.* 2023.
8. **Cervantes, Andrea Anahy Yela. 2021.** *Análisis del uso de la mecanización agrícola en el Ecuador.* Los Ríos : UNIVERSIDAD TÉCNICA DE BABAHOYO, 2021.
9. **Draghi, L. y Hilbert, J. 2021.** *Capítulo XI -EL TRÁFICO AGRÍCOLA Y LA RESPUESTA MECÁNICA DEL SUELO.* 2021.
10. **FAO. 2022.** *Importancia e la papa.* 2022.
11. **—. 2023.** *Textura del suelo .* 2023.
12. **Félix, Marquínez Crespo William. 2020.** *INFLUENCIA DE LA LABRANZA DEL SUELO EN EL CUTIVO DE MANÍ (Arachis hypogaea), JUAN, GUAYAS.* s.l. : UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR, 2020.

13. **FÉLIX, MARQUÍNEZ CRESPO WILLIAM. 2020.** *INFLUENCIA DE LA LABRANZA DEL SUELO EN EL CUTIVO DE MANÍ (Arachis hypogaea), JUJAN, GUAYAS.* s.l. : UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR, 2020.
14. **Flego, Emiliano García y Fernando. 2019.** *Agricultura de Presisión.* Argentina : s.n., 2019.
15. **González, Carlos Lago , y otros. 2021.** *Sistema para la generación automática de mapas de rendimiento. Aplicación en la agricultura de precisión.* Chile : IDESIA, 2021. pag. 59-69.
16. **Ibañez Asensio, Sara, Gisbert Blanquer, Juan Manuel y Moreno Ramón, Héctor . 2020.** *LA PENDIENTE DEL TERRENO.* España : s.n., 2020.
17. **Inostroza F., Juan y Méndez L., Patricio. 2020.** *III. PREPARACION DE SUELO.* [En línea] 2020.
<https://biblioteca.inia.cl/bitstream/handle/20.500.14001/7275/NR36478.pdf?sequence=8&isAllowed=y> .
18. **Intagri S.C. 2018.** *Requerimientos de Clima y Suelo para el Cultivo de la Papa.* Guadalajara, Mexico : s.n., 2018.
19. **Jiménez, Susana Miranda. 2022.** *Evaluación de tres implementos agrícolas a dos velocidades de avance y su impacto en la calidad de labranza.* Costa Rica : s.n., 2022.
20. **Juan Inostroza F., Patricio Méndez L. 2019.** *PREPARACION DE SUELO PARA EL CULTIVO DE PAPA.* 2019.
21. **Katchadourian, Jesús Cascón, Ruiz-Rodríguez, Antonio Ángel y Pascua, Jordi Alberich. 2018.** *USOS Y APLICACIONES DE GEORREFERENCIACIÓN Y GEOLOCALIZACIÓN EN GESTIÓN DOCUMENTAL CARTOGRÁFICA Y FOTOGRÁFICA ANTIGUAS.* Granada, España : Universidad de Granada, Facultad de Comunicación y Documentación, 2018.
22. **M.A.P.A. 2023.** *Arado de disco.* [En línea] España, 2023.
<https://www.mapa.gob.es/es/ministerio/servicios/informacion/plataforma-de-conocimiento-para-el-medio-rural-y-pesquero/observatorio-de-tecnologias-probadas/maquinaria-agricola/arado-discos.aspx>.
23. **Mazzitelli Masticchio, Malena. 2023.** *CARTOGRAFÍA.* s.l. : UNIVERSIDAD DE BUENOS AIRES, 2023.

24. **Medina, Vicente del Blanco y García, David A. Nafría. 2015.** *Mapa de cultivos y superficies naturales de Castilla y León.* Valladolid, España : s.n., 2015.
25. **Montiel, G. 2020.** *Resistencia Al Corte de Los Suelos.* 2020.
26. **Olaya, Víctor. 2022.** *Sistemas de Información Geográfica.* s.l. : ISBN: 978-1-71677-766-0, 2022.
27. **Ramos, Mario , y otros. 2020.** *EVALUACION DE TRES SISTEMAS DE LABRANZA DEL SUELO EN EL CULTIVO DE PAPA, CON FINES DE PRODUCCION DE TUBERCULO – SEMILLA .* Quito : s.n., 2020.
28. **Ríos Hernández , Rodolfo. 2021.** *La Agricultura de Precisión. Una necesidad actua.* La Habana, Cuba : Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola, 2021.
29. **Rivera, Gerónimo García. 2021.** Sistema de medición de patinaje de tractores agrícolas mediante codificadores. 2021, Vol. vol.13 no.2.
30. **Sánchez Santiesteban, José Luis, y otros. 2022.** *El significado del concepto de pendiente desde la perspectiva universitaria.* Mexico : Universidad y Sociedad vol.14 no.4, 2022.
31. **Sergieieva, Kateryna. 2023.** SIG En La Agricultura: Mejores Prácticas En El Sector. EOS Data Analytics. [En línea] 2023. <https://eos.com/es/blog/sig-en-la-agricultura/#:~:text=Cartograf%C3%ADa%20Agr%C3%ADcola&text=La%20cartograf%C3%ADa%20SIG%20ayuda%20a,afectan%20distintas%20variables%20al%20rendimiento.>
32. **Sevilla, Jhonnatan Arturo Chafra. 2020.** *“Velocidad de Infiltración en los suelos frecuentes de la sierra central del Ecuador de acuerdo a sus propiedades mecánicas”.* s.l. : UNACH, 2020.
33. **Suárez, Norbertino. 2014.** *Definiciones de CARTOGRAFÍA.* 2014.
34. **U.N.L.P. 2019.** *“POROSIDAD Y AIREACIÓN DENSIDAD REAL Y APARENTE”.* Buenos aires, Argentina : Departamento de ambiente y recursos naturales facultad de ciencias agraria y forestales, 2019.
35. **UNICOM. 2021.** La importancia de la teledetección satelital en la agricultura. [En línea] 2021. [https://unicontrol.com/la-importancia-de-la-teledeteccion-satelital-en-la-agricultura/.](https://unicontrol.com/la-importancia-de-la-teledeteccion-satelital-en-la-agricultura/)

- 36. Vázquez Rodríguez, Romel. 2018.** *Uso de sistemas de información geográfica libres para la protección del medio ambiente. Caso de estudio: manipulación de mapas ráster con datos climáticos.* Ecuador : Universidad Metropolitana del Ecuador, 2018.
- 37. Vélez Meza, Ana Trinidad. 2018.** *“PRODUCCIÓN Y COMERCIALIZACIÓN DE LA PAPA VARIEDAD SÚPER CHOLA (Solanum tuberosum) EN EL CANTÓN TULCÁN, PROVINCIA DEL CARCHI.* s.l. : UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE, 2018.

ANEXOS

ANEXO A: ZONIFICACIÓN Y GEOLOCALIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO



ANEXO B: RECOLECCIÓN DE MUESTRAS DE SUELO



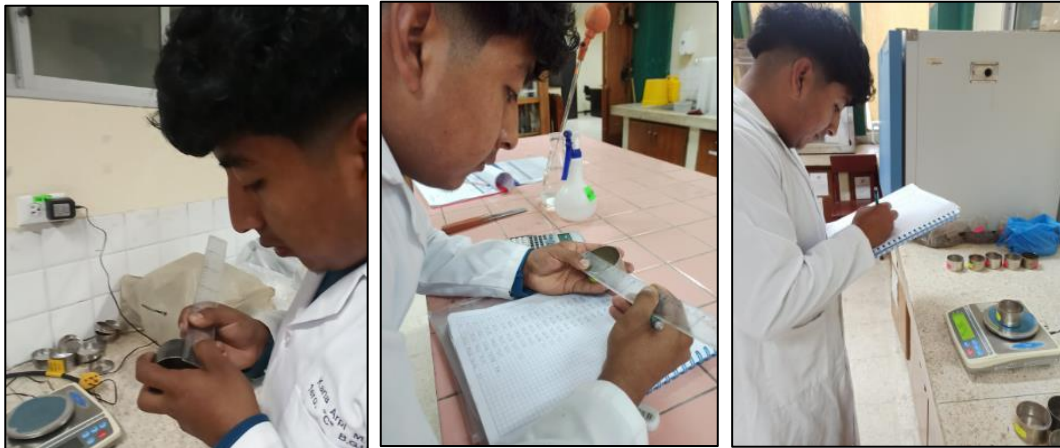
ANEXO C: DETERMINACIÓN DE LA TEXTURA DE SUELO EN EL LABORATORIO



ANEXO D: DETERMINACIÓN DE LA HUMEDAD DEL SUELO POR EL MÉTODO DE LA ESTUFA



ANEXO E: DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD APARENTE



ANEXO F: DETERMINACIÓN DE LA VELOCIDAD DE INFILTRACIÓN POR EL MÉTODO DE DOBLE ANILLO



ANEXO G: DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA AL CORTE CON EL PENETRÓMETRO



ANEXO H: DETERMINACIÓN D LA DENSIDAD REAL DEL SUELO




ANEXO I: DETERMINACIÓN DEL PORCENTAJE DE PATINAJE DEL TRACTOR AGRÍCOLA








ANEXO J: RESULTADOS DEL ANÁLISIS DEL SUELO REALIZADO EN EL LABORATORIO



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES
LABORATORIO DE SUELOS



Nombre del Propietario: Sr. Wilmer Jeferson Morales Yuquilema Fecha de ingreso: 19/12/2023
Fecha de salida: 08/02/2024


TEMA TIC: "Determinación del patinaje considerando la pendiente del suelo en dos sistemas de labranza para el cultivo papa (*Solanum tuberosum*L.) en la estación experimental Tunshi"


CARRERA: INGENIERÍA AGRONÓMICA PAO: NOVENO


Ubicación: Estación experimental Tunshi Licto Riobamba Chimborazo
 Nombre de la granja Parroquia Cantón Provincia

RESULTADOS E INTERPRETACIÓN DEL ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO DE SUELOS


Ident.	# Muestra	Textura	%		gr/cc		Porosidad
			Humedad	Densidad aparente	Densidad real		
Parcelas bajo los nogales	1	Franco limoso	11.87	1.22	2.50	48.77	
	2	Franco limoso	11.80	1.19	2.50	47.70	
	3	Franco limoso	14.64	1.18	2.50	47.01	
	4	Franco limoso	14.46	1.21	2.51	48.40	
	5	Franco limoso	15.95	1.09	2.50	43.75	
	6	Franco limoso	11.49	1.25	2.50	49.85	


 Ing. Víctor Lindao Ph.D.
JEFE DE LAB. SUELOS





 Ing. Elizabeth Pachacama Ch.
TECNICO DOCENTE

Dirección: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Panamericana Sur Km1 1/6, Facultad de Recursos Naturales, Teléfono 2998220 Extensión 418
"Apoyando a la producción sana, rentable y amigable con la naturaleza"



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES
LABORATORIO DE SUELOS



Nombre del Propietario: Sr. Wilmer Jeferson Morales Yuquilema Fecha de ingreso: 19/12/2023
Fecha de salida: 08/02/2024


TEMA TIC: "Determinación del patinaje considerando la pendiente del suelo en dos sistemas de labranza para el cultivo papa (*Solanum tuberosum*L.) en la estación experimental Tunshi"


CARRERA: INGENIERÍA AGRONÓMICA PAO: NOVENO


Ubicación: Estación experimental Tunshi Licto Riobamba Chimborazo
 Nombre de la granja Parroquia Cantón Provincia

RESULTADOS E INTERPRETACIÓN DEL ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO DE SUELOS

Ident.	# Muestra	Textura	%		gr/cc		Porosidad
			Humedad	Densidad aparente	Densidad real		
Parcelas bajo los nogales	1	Franco limoso	11.87	1.22	2.50	48.77	
	2	Franco limoso	11.80	1.19	2.50	47.70	
	3	Franco limoso	14.64	1.18	2.50	47.01	
	4	Franco limoso	14.46	1.21	2.51	48.40	
	5	Franco limoso	15.95	1.09	2.50	43.75	
	6	Franco limoso	11.49	1.25	2.50	49.85	


 Ing. Víctor Lindao Ph.D.
JEFE DE LAB. SUELOS




 Ing. Elizabeth Pachacama Ch.
TECNICO DOCENTE

Dirección: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Panamericana Sur Km1 1/6, Facultad de Recursos Naturales, Teléfono 2998220 Extensión 418
"Apoyando a la producción sana, rentable y amigable con la naturaleza"

ANEXO K: DETERMINACIÓN DE COSTO DE OPERACIÓN

Cálculo de la velocidad de trabajo y tiempo de operación

Tratamiento 1: Pili

Grado de dixo

$$\bullet v = \frac{e}{z} = \frac{50}{51,83} = 0,96 \text{ m/s} //$$

$$\bullet t/ha = \text{ancho de labor} \times v$$

$$= 0,90 \text{ m} \times 0,96 \text{ m/s} = 0,86 \text{ m}^2/\text{s}$$

$$\frac{0,86 \text{ m}^2}{10000 \text{ m}^2} \times \frac{1 \text{ s}}{1 \text{ s}}$$

$$x = 11627,40 \text{ s} / 3600 \text{ s} = 3,23 \text{ h/ha}$$

$$= 3,23 \text{ h/ha} + \text{tiempo de giro}$$

$$= 3,23 \text{ h/ha} + 1,85 \text{ h/ha} = 5,07 \text{ h/ha} //$$

Rastra

$$\bullet v = \frac{50}{57} = 0,88 \text{ m/s} //$$

$$\bullet t/ha = 2,6 \text{ m} \times 0,88 \text{ m/s} = 2,29 \text{ m}^2/\text{s}$$

$$\frac{2,29 \text{ m}^2}{10000 \text{ m}^2} \times \frac{1 \text{ s}}{1 \text{ s}}$$

$$x = 4366,81 \text{ s} / 3600 \text{ s} = 1,21 \text{ h/ha}$$

$$+ \text{Segunda pasada } 1,21 \text{ h/ha}$$

$$\frac{1,85 \text{ h/ha}}{1,85 \text{ h/ha}}$$

$$3,47 \text{ h/ha} //$$

Surcada

$$\bullet v = \frac{50}{60} = 0,83 \text{ m/s} //$$

$$\bullet t/hu = 1,15 \times 0,83 = 0,46 \text{ m}^2/\text{s}$$

$$\frac{0,46 \text{ m}^2}{10000 \text{ m}^2} \quad \frac{1 \text{ s}}{x}$$

$$x = 10416,67 \text{ s} / 3600 \text{ s} = 2,89 \text{ h/hu}$$

$$= 2,89 \text{ h/hu} + 1,85 \text{ h/hu} = 4,74 \text{ h/hu} //$$

Tratamiento 2: P.L2

Ancho canal

$$\bullet v = \frac{50}{63} = 0,79 \text{ m/s} //$$

$$\bullet t/hu = 2,10 \times 0,79 = 1,66 \text{ m}^2/\text{s}$$

$$\frac{1,66 \text{ m}^2}{10000 \text{ m}^2} \quad \frac{1 \text{ s}}{x}$$

$$x = 6024,09 \text{ s} / 3600 \text{ s} = 1,67 \text{ h/hu} \\ + 1,85 \text{ h/hu} \\ \underline{\hspace{1.5cm}} \\ 3,52 \text{ h/hu} //$$

Surcada

$$\bullet v = \frac{50}{61,8} = 0,81 \text{ m/s} //$$

$$\bullet t/hu = 1,15 \text{ m} \times 0,81 \text{ s} = 0,48 \text{ m}^2/\text{s}$$

$$\frac{0,48 \text{ m}^2}{10000 \text{ m}^2} \quad \frac{1 \text{ s}}{x}$$

$$x = 10204,08 \text{ s} / 3600 \text{ s} = 2,83 \text{ h/hu} \\ + 1,85 \text{ h/hu} \\ \underline{\hspace{1.5cm}} \\ 4,68 \text{ h/hu} //$$

Tratamiento 3: Pelli

Araño de disco

$$\bullet v = \frac{50}{60,6} = 0,83 \text{ m/s} //$$

$$\bullet t/hq = 0,90 \text{ m} \times 0,83 \text{ m/s} = 0,75 \text{ m}^2/\text{s}$$

$$\frac{0,75 \text{ m}^2}{10000 \text{ m}^2} \quad \frac{1 \text{ s}}{\times}$$

$$x = 13333 \text{ s} / 3600 \text{ s} = 3,70 \text{ h/hq} \\ + 1,85 \text{ h/hq} \\ \underline{\hspace{1.5cm}} \\ 5,55 \text{ h/hq} //$$

• Rastra

$$\bullet v = \frac{50}{58,53} = 0,85 \text{ m/s} //$$

$$\bullet t/hq = 2,16 \text{ m} \times 0,85 \text{ m/s} = 1,84 \text{ m}^2/\text{s}$$

$$\frac{1,84 \text{ m}^2}{10000 \text{ m}^2} \quad \frac{1 \text{ s}}{\times}$$

$$x = 4524,89 \text{ s} / 3600 \text{ s} = (1,26) \text{ s} = 1,26 \text{ h/hq} \\ + 1,85 \text{ h/hq} \\ \underline{\hspace{1.5cm}} \\ 4,36 \text{ h/hq} //$$

Surcada

$$\bullet v = \frac{50}{60} = 0,83 \text{ m/s} //$$

$$\bullet t/hq = 1,15 \text{ m} \times 0,83 \text{ m/s} = 0,95 \text{ m}^2/\text{s}$$

$$\frac{0,95 \text{ m}^2}{10000 \text{ m}^2} \quad \frac{1 \text{ s}}{\times}$$

$$x = 10526,32 \text{ s} / 3600 \text{ s} = 2,92 \text{ h/hq} \\ + 1,85 \\ \underline{\hspace{1.5cm}} \\ 4,77 \text{ h/hq}$$

Tratamiento 4: P&L2

Arado cincel

$$\bullet v = \frac{50}{66,6} = 0,75 \text{ m/s} //$$

$$\bullet t/hq = 2,10 \text{ m} \times 0,75 \text{ m/s} = 1,57 \text{ m}^2/\text{s}$$

$$\frac{1,57 \text{ m}^2}{10000 \text{ m}^2} \quad \begin{matrix} \text{is} \\ \sim \end{matrix}$$

$$x = \frac{6344,21 \text{ s}}{3600 \text{ s}} = 1,76 \text{ h/hq}$$
$$+ \frac{1,85}{3,61 \text{ h/hq} //$$

Surcabra

$$\bullet v = \frac{50}{63} = 0,79 \text{ m/s} //$$

$$\bullet t/hq = 1,15 \text{ m} \times 0,79 \text{ m/s} = 0,91 \text{ m}^2/\text{s}$$

$$\frac{0,91 \text{ m}^2}{10000 \text{ m}^2} \quad \begin{matrix} \text{is} \\ \sim \end{matrix}$$

$$x = \frac{10984,01 \text{ s}}{3600 \text{ s}} = 3,05 \text{ h/hq}$$
$$+ \frac{1,85}{4,87 \text{ h/hq} //$$

ANEXO L: DETERMINACIÓN DEL COSTO HORA TRACTOR (MÉTODO DE LA FAO)

COSTO HORA TRACTOR (FAO)

$$CHT = \Sigma (CF + CV + CG) + \% I$$

• Costos Fijos

- Depreciación = $\frac{V_i - V_f}{VU}$

$$D = \frac{40000 \text{ s} - 4000 \text{ s}}{10000 \text{ h}} = 3,6 \text{ s/h} //$$

$$\text{Interés} = \frac{V_i + V_f}{2} \times i$$

$$= \frac{40000 + 4000}{2} \times 0,08 = 1760 \text{ \$/año}$$

$$\frac{1760 \text{ /año}}{365 \text{ días/año}} = \frac{4,82 \text{ \$/día}}{24 \text{ h/día}}$$

$$I = 0,20 \text{ \$/h}$$

Seguro de Protección

$$s_p = 5\% \left(\frac{V_i + V_f}{2} \right)$$

$$= 5\% (22000) = \frac{1100 \text{ \$/año}}{365 \text{ días/año}} = \frac{3,01 \text{ \$/día}}{24 \text{ h/día}}$$

$$s_p = 0,12 \text{ \$/h}$$

Alejamiento

$$d = \frac{0,5 V_i^2}{100 \times V_u} = \frac{0,5 \times 40000}{100 \times 10000} = 0,02 \text{ \$/h}$$

$$C.F. = 3,6 + 0,20 + 0,12 + 0,02 = 3,94 \text{ \$/h}$$

Costo Variables

- Reparación y Mantenimiento

$$R_y M = \frac{V_i \times i}{100} \rightarrow 1,2/100h$$

$$= \frac{40000 \times 1,2/100h}{100}$$

$$R_y M = 4,8 \text{ \$/h}$$

- Costo de Combustible

$$CC = \text{Cap. espec} \times P_{\text{max}} \times TDA \times \text{Precio}$$

$$CC = 0,025 \text{ \$/cv/h} \times 67 \text{ cv} \times 0,50/\text{l}$$

$$CC = 0,83 \text{ \$/h}$$

- Lubricante de motor

$$L_m = \frac{\text{Cap Carter} \times \text{Precio}}{\# \text{ de horas cambio}}$$

$$\begin{array}{r} 3,78 \text{ L} \quad \$25 \\ 6 \text{ L} \quad \times \\ \hline x = 39,68 \end{array}$$

$$L_m = \frac{\$39,68}{150 \text{ h}} = 0,26 \text{ \$/h}$$

- Lubricante de transmisión

$$L_T = \frac{\$211,64}{10000 \text{ h}} = 0,21 \text{ \$/h}$$

$$\begin{array}{r} 3,78 \text{ L} \quad \$25 \\ 32 \text{ L} \quad \times \\ \hline x = 211,64 \end{array}$$

$$\begin{aligned} - N &= \frac{\$5000}{5} \\ &= \$1/\text{h} \end{aligned}$$

- Filtro motor.

$$F_m = \frac{\$20}{150} = \$0,13/\text{h}$$

Filtro compatible

$$F_{cm} = \frac{150}{150} = \$1/\text{h}$$

Filtro transmisión

$$F_{ct} = \frac{320}{1000} = \$0,32/\text{h}$$

Operador.

$$- \text{sueldo} = 460 \text{ \$/h}$$

$$\text{Aporte IESS} = \$43,47/\text{mes}$$

$$\text{Aporte IESS} = \$51,24/\text{mes}$$

$$D_{3\%} = \$35,33/\text{mes}$$

$$D_{4\%} = \$38,33/\text{mes}$$

$$460 + 51,24 + 38,33 + 38,33 + 38,33 - 43,47$$

$$OP = 582,81/\text{mes}$$

$$8 \times 5 = 40 \text{ horas/semana}$$

$$= 160 \text{ h/mes}$$

$$\frac{582,81/\text{mes}}{160 \text{ h/mes}} = 3,64 \$/\text{h}$$

$$CV = 4,8 + 0,83 + 0,26 + 0,21 + 1 + 0,13 + 1 + 0,36 + 3,24$$
$$= 12,23 \$/\text{h}$$

Costes Generales

$$CG = \frac{\$400}{160 \text{ h} \times 12 \text{ ms}} = 0,20 \$/\text{h}$$

$$CHT = \frac{1}{2} (CF + CV + CG) + \%I$$

$$CHT = (3,94 + 12,23 + 0,20) + \%I$$


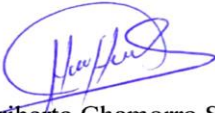
$$CHT = 16,19 + 4,2\% = 16,23$$

$$CHT = 16,23 + 4,87 = 21,10 \$/\text{h} //$$



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
CERTIFICADO DE CUMPLIMIENTO DE LA GUÍA PARA
NORMALIZACIÓN DE TRABAJOS DE FIN DE GRADO

Fecha de entrega: 28/06/2024

INFORMACIÓN DEL AUTOR
Nombres – Apellidos: Wilmer Jefersson Morales Yuquilema
INFORMACIÓN INSTITUCIONAL
Facultad: Recursos Naturales
Carrera: Agronomía
Título a optar: Ingeniero Agrónomo
 Ing. Roque Orlando García Zanabria, PhD. Director del Trabajo de Integración Curricular
 Ing. Hernán Eriberto Chamorro Sevilla, MSc. Asesor del Trabajo de Integración Curricular