

**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS
FACULTAD DE AGRONOMÍA
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA**



TRABAJO DIRIGIDO

**DESCRIPCIÓN DE SISTEMAS DE LABRANZA EN EL CULTIVO DE
PAPA, EN LA COMUNIDAD DE CHOQUENAIRA, MUNICIPIO DE
VIACHA**

PEDRO MICKY ALI SANCHEZ

**La Paz - Bolivia
2021**

**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS
FACULTAD DE AGRONOMÍA
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA**

**DESCRIPCIÓN DE SISTEMAS DE LABRANZA EN EL CULTIVO DE PAPA, EN
LA COMUNIDAD DE CHOQUENAIRA, MUNICIPIO DE VIACHA**

*Trabajo dirigido presentado como requisito
parcial para optar al título de
Ingeniero Agrónomo.*

Presentado por:

PEDRO MICKY ALI SANCHEZ

ASESORES:

Ing. M. Sc. René Terán Céspedes

Ing. M. Sc. Rubén Callisaya Bautista

TRIBUNAL EXAMINADOR:

Ing. M. Sc. Juan Javier Quino Luna

Ing. Limbert Telesforo Laura Huanca

APROBADO

Presidente Tribunal Examinador:

DEDICATORIA:

A Mis Padres: José Ali e Hilda Sanchez

A mis hermanos (as): Margarita, Cristina, Claudia, Edith y Cesar.

A mis sobrinos (as): Israel, Grecia, Grisel, Najavi, José e Irán.

A mi esposa Elizabeth Ticona y mi hijo Pablo José

AGRADECIMIENTOS:

A la Universidad Mayor de San Andrés, Facultad de Agronomía, por los conocimientos y experiencias impartidas en el transcurso de mi formación profesional.

Al Ing. M. Sc. René Terán Céspedes por sus enseñanzas, sugerencias y por hacer posible la realización del presente trabajo dirigido.

Al Ing. M. Sc. Rubén Callisaya Bautista por sus valiosas observaciones y sugerencias en la realización del presente trabajo.

Al Ing. M. Sc. Juan Javier Quino Luna e Ing. Limbert Telesforo Laura Huanca por sus observaciones, sugerencias y predisposición para mejorar el trabajo, en calidad de revisores.

Mi sincero agradecimiento a las hermanas María y Cristina Cabas de la Comunidad de Choquenaira, por su cooperación desinteresada en el transcurso de la ejecución del trabajo de investigación.

A mis amigos (as): Fernando Uchazara, José Luis Chávez, Jaime Catunta (+), Víctor Hilari, Wilson Quispe, Israel Venegas, Mari luz Canqui, Verónica Fabian, Enrique Condorcet, Marcos Jucumani, Reynaldo Chambi, Gabriela Callisaya por la amistad sincera y apoyo constante, durante mi vida universitaria en la **Facultad de Agronomía**.

CONTENIDO

ÍNDICE GENERAL

CONTENIDO	i
ÍNDICE GENERAL	i
ÍNDICE DE CUADROS	vi
ÍNDICE DE FIGURAS	viii
ÍNDICE DE ANEXOS	ix
RESUMEN	x
SUMMARY	xi
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Planteamiento del problema.....	1
1.2. Justificación.....	1
1.3. Objetivos	2
1.3.1. Objetivo general	2
1.3.2. Objetivo específico	2
1.4. Metas.....	2
2. MARCO TEÓRICO	3
2.1. Contexto normativo	3
2.2. Marco conceptual	4
2.2.1. Sistema	4
2.2.2. Sistema de labranza	4
2.2.3. Actividades en el cultivo de papa.....	5
2.2.3.1. Labranza primaria	5
2.2.3.2. Labranza secundaria.....	5
2.2.3.3. Siembra.....	6
2.2.3.4. Labores culturales.....	6
2.2.3.4.1. Aporque	6
2.2.3.5. Cosecha	7

2.2.4. Sistemas de tracción agrícola empleadas en la labranza	7
2.2.4.1. Tracción animal.....	7
2.2.4.2. Tracción motriz.....	8
2.2.4.3. Tracción mixta.....	9
2.2.5. Modelos de operación en campo	9
2.2.5.1. Sistema de trabajo en melgas.....	10
2.2.5.2. Sistema de trabajo en ida y vuelta	10
2.2.6. Capacidad de un Equipo	11
2.2.6.1. Capacidad Efectiva	11
2.2.6.2. Capacidad Teórica	11
2.2.7. Propiedades físicas de los suelos	12
2.2.7.1. Textura.....	12
2.2.7.2. Densidad aparente y porosidad del suelo	12
2.2.7.3. Humedad del suelo	12
3. SECCIÓN DIAGNÓSTICA.....	14
3.1. Materiales y Métodos	14
3.1.1. Localización y ubicación	14
3.1.2. Características del lugar	14
3.1.2.1. Clima.....	14
3.1.2.2. Fisiografía	14
3.1.3. Materiales.....	15
3.1.3.1. Fuentes de energía.....	15
a) Yunta de bueyes	15
b) Motocultor.....	16
c) Tractor... ..	16
3.1.3.2. Implementos y equipos utilizados	17
a) Arado de disco	17
b) Rastra de discos.....	17
c) Surcadora.....	17
d) Cavadora.....	18
e) Arado combinado	18
f) Arado de palo	18

3.1.3.3. Materiales de campo.....	19
3.1.3.4. Material de gabinete.....	19
3.1.3.6. Insumos agrícolas.....	19
3.1.3.6.1. Abono	19
3.1.3.6.2. Pesticidas.....	19
3.1.4. Metodología.....	19
3.1.4.1. Procedimiento de trabajo	19
3.1.4.1.1. Demarcación de las unidades experimentales.....	19
3.1.4.1.2. Muestreo de suelos.....	20
3.1.4.1.3. Evaluación del perfil del suelo antes de la siembra (Calicata)	20
3.1.4.1.4. Toma de muestras del suelo para la evaluación de las propiedades físicas	20
3.1.4.1.5. Preparación del terreno	20
3.1.4.1.6. Labranza secundaria	21
3.1.4.1.7. Desinfección de semilla	21
3.1.4.1.8. Siembra.....	21
3.1.4.1.9. Control de plagas y enfermedades	22
3.1.4.1.10. Aporque	22
3.1.4.1.11. Cosecha.....	22
3.1.4.1.12. Diseño experimental	22
3.1.4.1.12.1. Modelo lineal.....	23
3.1.4.1.12.2. Formulación de tratamientos	23
3.1.4.1.12.3. Características del Campo Experimental.....	24
3.1.4.1.12.4. Croquis de la Parcela Experimental.....	24
3.1.4.2. Variables de respuesta	25
3.1.4.2.1. Antes de la siembra	25
a) Caracterización física de los suelos	25
b) Determinación del peso vivo de los animales de tracción	25
3.1.4.2.2. Durante el cultivo	25
3.1.4.2.2.1. Capacidad efectiva	25
a) Cálculo del ancho de trabajo	25
b) Cálculo de la capacidad efectiva	26
c) Cálculo de la capacidad teórica.....	26

d) Velocidad de avance	26
e) Cálculo de las pérdidas	26
f) Tiempo empleado en el giro	27
g) Cálculo del número de vueltas	27
3.1.4.2.2. Propiedades físicas	27
a) Densidad aparente	27
b) Porosidad	28
c) Humedad gravimétrica	28
3.1.4.2.2.3. Variables agronómicas	28
a) Días a la emergencia.....	28
b) Días a la floración.....	29
c) Cobertura foliar (%)	29
d) Número de tubérculos por planta (N°).....	29
e) Rendimiento (t/ha).....	29
4. SECCIÓN PROPOSITIVA	30
4.1. Características Ambientales de la aplicación de los sistemas de labranza	30
4.1.1. Precipitación registrada durante el ciclo del cultivo	30
4.1.2. Características edáficas.....	31
4.1.2.1. Descripción del perfil del suelo	31
4.2. Descripción de los sistemas de labranza	32
4.3. Evaluación del comportamiento de las maquinas agrícolas empleadas en cada sistema de labranza	33
4.3.1. Capacidad de trabajo de las maquinas agrícolas.....	33
4.3.2. Incidencia del tiempo invertido en las diferentes labores y sistemas de labranza	36
4.4. Efecto del uso de cuatro sistemas de labranza sobre algunas propiedades físicas del suelo.....	38
4.4.1. Densidad aparente (gr/cc).....	39
4.4.1.1. Profundidad de 0 – 20 cm.....	39
4.4.1.2. Profundidad de 20 – 40 cm.....	40
4.4.2. Porosidad (%)	40
4.4.2.1. Profundidad de 0 – 20 cm.....	40
4.4.2.2. Profundidad de 20 – 40 cm.....	41

4.4.3. Humedad del suelo	42
4.4.3.1. Humedad del suelo (antes de la roturación y posterior al roturado).....	42
4.4.3.2. Humedad del suelo durante el desarrollo del cultivo.....	44
4.5. Comportamiento agronómico del cultivo de papa, bajo diferentes sistemas de laboreo	46
4.5.1. Días a la emergencia	46
4.5.2. Días a la floración.....	47
4.5.3. Cobertura foliar.....	49
4.5.4. Número de tubérculos	51
4.5.5. Rendimiento	53
4.6. Presupuesto parcial.....	55
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	57
5.1. Conclusiones.....	57
5.2. Recomendaciones.....	59
6. BIBLIOGRAFÍA	60
7. ANEXOS.....	69

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Característica de los bueyes utilizados.	15
Cuadro 2. Característica de los bueyes utilizados en cosecha.	15
Cuadro 3. Características técnicas del Motocultor Changfa.	16
Cuadro 4. Características técnicas del tractor Massey Ferguson 2625.	16
Cuadro 5. Características técnicas del tractor Ebro 8100.	16
Cuadro 6. Características técnicas del arado de disco.	17
Cuadro 7. Características técnicas de la rastra de discos.	17
Cuadro 8. Características técnicas de la surcadora.	17
Cuadro 9. Características técnicas de la cavadora utilizada en la cosecha.	18
Cuadro 10. Características técnicas del arado combinado.	18
Cuadro 11. Características técnicas del arado de palo.	18
Cuadro 12. Formulación de tratamientos.	23
Cuadro 13. Características de la parcela experimental.	24
Cuadro 14. Capacidad de trabajo en labranza primaria y labranza secundaria.	33
Cuadro 15. Capacidad de trabajo en la siembra y aporque.	35
Cuadro 16. Capacidad de trabajo en la cosecha.	36
Cuadro 17. Tiempo invertido en % en diferentes labores y sistemas de labranza.	36
Cuadro 18. Efecto de cuatro sistemas de labranza sobre algunas propiedades físicas.	38
Cuadro 19. Análisis de varianza densidad aparente 0 – 20 cm profundidad.	39
Cuadro 20. Análisis de varianza densidad aparente 20 – 40 cm profundidad.	40
Cuadro 21. Análisis de varianza para porosidad (%) de 0 – 20 cm profundidad.	41
Cuadro 22. Análisis de varianza para porosidad (%) de 20 – 40 cm profundidad.	42

Cuadro 23. Mediciones de Humedad gravimétrica (%) para seis fechas de muestreo (antes del roturado y posterior a ella).	43
Cuadro 24. Mediciones de Humedad gravimétrica (%) para seis fechas de muestreo (durante el desarrollo del cultivo).	45
Cuadro 25. Análisis de varianza para días a la emergencia	47
Cuadro 26. Análisis de varianza para días a la floración	48
Cuadro 27. Prueba Duncan al 5% para días a la floración	48
Cuadro 28. Cuadrados medios y coeficientes de variación del análisis de varianza correspondiente a la cobertura foliar.	50
Cuadro 29. Análisis de varianza para número de tubérculos por planta	52
Cuadro 30. Análisis de varianza para rendimiento (t/ha)	54
Cuadro 31. Análisis de presupuesto parcial de los sistemas de labranza	55

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Yunta de bueyes proveniente de la Comunidad Copalacaya.	15
Figura 2. Yunta de bueyes proveniente de la Comunidad Contorno Letanías.	15
Figura 3. Motocultor Changfa.....	16
Figura 4. Tractor Massey Ferguson 2625.	16
Figura 5. Tractor EBRO 8100.	16
Figura 6. Arado fijo Tatu Marchesan.....	17
Figura 7. Rastra hidráulica Tatu Marchesan.	17
Figura 8. Prototipo surcadora, Estación Experimental de Choquenaira.....	17
Figura 9. Prototipo cavadora de papa, Estación Experimental de Choquenaira. ...	18
Figura 10. Arado combinado CIFEMA.	18
Figura 11. Armado del arado de palo.....	18
Figura 12. Croquis de la distribución de los tratamientos en la parcela experimental	24
Figura 13. Precipitación mensual registrada durante el desarrollo del cultivo, campaña agrícola (2013 - 2014) y la registrada durante (2000 - 2012).	30
Figura 14. Días a la floración del cultivo de papa por efecto de los sistemas de labranza.	48
Figura 15. Evolución de la cobertura foliar, bajo diferentes sistemas de labranza.	50
Figura 16. Número de tubérculos por planta del cultivo de papa por efecto de los sistemas de labranza.	52
Figura 17. Rendimiento del cultivo de papa por efecto de los sistemas de labranza.	54

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Muestreo de suelos.....	69
Anexo 2. Evaluación del perfil del suelo antes de la siembra (Calicata)	69
Anexo 3. Muestreo de la humedad del suelo	69
Anexo 4. Preparación del terreno	70
Anexo 5. Labranza secundaria	70
Anexo 6. Desinfección de semilla	70
Anexo 7. Siembra	71
Anexo 8. Control de plagas y enfermedades	71
Anexo 9. Aporque	71
Anexo 10. Cosecha.....	72
Anexo 11. Análisis de varianza humedad (0 - 20 cm).....	72
Anexo 12. Análisis de varianza humedad (20 - 40 cm).....	72
Anexo 13. Análisis de varianza para capacidad de trabajo.....	72
Anexo 14. Capacidad de trabajo de cuatro sistemas de labranza en el cultivo de papa.....	73
Anexo 15. Costo de las labores por hectárea, de los diferentes sistemas de labranza	74
Anexo 16. Análisis Físico-Químico de suelos	75
Anexo 17. Análisis Físico-Químico de abonos.....	76

RESUMEN

El presente estudio se realizó en la Comunidad de Choquenaira, Municipio de Viacha, Departamento de La Paz y cuyo objetivo principal fue de describir el comportamiento del uso de diferentes máquinas agrícolas y fuentes de energía en el cultivo de papa.

El diseño experimental aplicado en la investigación fue bloques al azar con 3 repeticiones y 4 tratamientos (Sistemas de Labranza). SL1: Tractor + arado de disco + rastra de discos + surcadora + cavadora; SL2: Tractor + arado de disco + rastra de discos; Motocultor + arado combinado; Yunta + arado de palo; SL3: Yunta + arado de palo; SL4: Tractor + arado de disco + rastra de discos; Yunta + arado de palo, los cuales fueron empleados en las actividades del cultivo de papa.

Las variables de respuesta evaluadas por efecto de los sistemas de labranza en el cultivo de papa fueron: Análisis técnico (capacidad efectiva); comportamiento de la densidad aparente, porosidad y humedad; variables agronómicas (días a la emergencia, días a la floración, cobertura foliar, n° de tubérculos/plta. y rendimiento).

Dentro de los resultados de capacidad de trabajo, se pudo establecer que la combinación de fuentes de energía, implementos y equipos en las diferentes actividades del cultivo de papa, manifestaron diferencias siendo el tratamiento SL1 superior a los demás sistemas de labranza con 15,90 h/ha, seguido del SL4 49,72 h/ha, SL2 64,08 h/ha y SL3 91,45 h/ha.

En cuanto a la modificación que sufren las propiedades físicas del suelo por efecto de los sistemas de labranza, el uso del arado de disco en los tratamientos SL1, SL2 y SL4 fueron los que mostraron mayores efectos en la densidad aparente, porosidad y humedad después de la preparación de suelos; resultados superiores a lo expresado en el tratamiento SL3.

Finalmente, los sistemas de labranza no influyeron en las variables del cultivo: días a la emergencia, cobertura foliar, número de tubérculos y rendimiento, exceptuando la variable días a la floración, la cual presentó diferencias significativas, logrando alcanzar el tratamiento SL3 el rango de días a la floración unos días después de los sistemas de labranza SL1, SL2 y SL4, diferencia atribuida a la profundidad de preparación del suelo.

SUMMARY

The present study was carried out in the Community of Choquenaira, Municipality of Viacha, Department of La Paz and whose main objective was to describe the behavior of the use of different agricultural machines and energy sources in potato cultivation.

The experimental design applied in the research was random blocks with 3 repetitions and 4 treatments (Tillage Systems). SL1: Tractor + disc plow + disc harrow + furrower + digger; SL2: Tractor + disc plow + disc harrow; Combined rototiller + plow; Yunta + stick plow; SL3: Yunta + stick plow; SL4: Tractor + disc plow + disc harrow; Yunta + stick plow, which were used in potato cultivation activities.

The response variables evaluated by the effect of tillage systems in potato cultivation were: Technical analysis (effective capacity); behavior of the apparent density, porosity and humidity; agronomic variables (days to emergence, days to flowering, foliar coverage, number of tubers / plant. and performance).

Within the results of work capacity, it was possible to establish that the combination of energy sources, implements and equipment in the different activities of potato cultivation, manifested differences, being the SL1 treatment superior to the other tillage systems with 15,90 h/ha, followed by SL4 49,72 h/ha, SL2 64,08 h/ha and SL3 91,45 h/ha.

Regarding the modification suffered by the physical properties of the soil due to the effect of tillage systems, the use of the disc plow in treatments SL1, SL2 and SL4 were those that showed the greatest effects on bulk density, porosity and humidity after soil preparation; results superior to those expressed in the SL3 treatment.

Finally, the tillage systems did not influence the crop variables: days to emergence, foliar cover, number of tubers and yield, except for the variable days to flowering, which presented significant differences, reaching the SL3 treatment range of days to flowering a few days after the SL1, SL2 and SL4 tillage systems, a difference attributed to the depth of soil preparation.

1. INTRODUCCIÓN

Entre los cultivos andinos, la papa es el producto más importante en Bolivia porque constituye el alimento fundamental en la dieta diaria de la población, tanto en cantidad como en calidad. Se produce en diferentes techos ecológicos del país desde 1600 hasta los 4500 msnm, comprendiendo siete departamentos de los nueve que tiene el país.

Los sistemas de producción agrícolas empleados en el cultivo de papa han sido la base de alimentación para la población y cuyas prácticas han cambiado y mejorado; entre ellos los sistemas de labranza que pasaron de métodos empíricos que se han transmitido de generación en generación, hasta llegar a sistemas muy innovadores que se enfocan en el aumento de la productividad.

En nuestra realidad, dependiendo de las condiciones geográficas, topográficas, tenencia de tierras, productividad y rentabilidad, se han utilizado tres sistemas de labranza; motriz, animal y humana, dándose casos donde se combinan estos sistemas de los cuales se tiene poca información.

1.1. Planteamiento del problema

a) El uso de los medios técnicos de labranza son diversos y en la actualidad la tendencia del agricultor es usar el tractor y cada vez menos la yunta de bueyes, sin embargo, no todos los agricultores tienen acceso al tractor principalmente por limitaciones económicas o disponibilidad del tractor.

b) Es conocido que trabajar con tractor tiene varias ventajas entre ellas la rapidez del trabajo y hacer que el trabajo pesado no esté en el esfuerzo familiar o la contratación de mano de obra.

1.2. Justificación

Considerando los problemas planteados es necesario conocer el comportamiento técnico y económico del uso del tractor, el motocultor y la yunta buscando analizar las mejores opciones a las cuales el agricultor podría acceder considerando las condiciones de oferta de maquinaria agrícola en el altiplano.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

- Describir el comportamiento del uso de diferentes máquinas agrícolas y fuentes de energía en el cultivo de papa.

1.3.2. Objetivo específico

- Analizar el desempeño técnico (capacidad efectiva y tiempo) de diferentes maquinas agrícolas en labores aplicados al cultivo de papa.
- Caracterizar el comportamiento de la humedad edáfica como efecto del uso de diferentes sistemas de labranza en el cultivo de papa.
- Comparar rendimientos obtenidos de cuatro sistemas de labranza en el cultivo de papa.

1.4. Metas

Ofrecer y sugerir de acuerdo al comportamiento, el uso de diferentes máquinas agrícolas y fuentes de energía en el cultivo de papa, utilizando como fuente de validación variables de; desempeño técnico (capacidad efectiva y tiempo), humedad edáfica y rendimiento de cultivo, de los cuatro sistemas de labranza.

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Contexto normativo

Según la Constitución Política del Estado, en su Capítulo VI, Sección IV de Ciencia, Tecnología e Investigación, Artículo 103, párrafos III, indica: El Estado, las Universidades, las empresas productivas y de servicio públicas y privadas, y las naciones y pueblos indígena originario campesino, desarrollarán y coordinarán procesos de investigación, innovación, promoción, divulgación, aplicación y transferencia de ciencia y tecnología para fortalecer la base productiva e impulsar el desarrollo integral de la sociedad.

La Ley 144 Revolución Productiva, Art. 16 sobre la Política de Fomento a la Producción, indica: Se fomentará un mejor y mayor rendimiento de la producción en el marco de la economía plural, a la producción tradicional, orgánica, ecológica, agropecuaria y forestal con destino al consumo interno que permita alcanzar la soberanía alimentaria así como la generación de excedentes, en el marco de los saberes, prácticas locales e innovación tecnológica en base a las formas de producción familiar, comunitaria, asociativa y cooperativa.

En la misma Ley, Art. 22 sobre la Política Nacional de Mecanización y Tecnificación Agropecuaria, párrafo I indica: En el marco de la planificación participativa, el Estado promoverá y fomentará procesos de mecanización y tecnificación agropecuaria adecuados y adaptados a los diferentes pisos ecológicos, las vocaciones productivas y de uso de suelo, que sean accesibles y sostenibles, respetando los derechos de la Madre Tierra, mediante:

1. Facilitación al acceso a tecnología mecanizada e incentivo a su uso para la producción agropecuaria.
2. Fomento a la investigación, diseño y producción de tecnología, maquinaria e implementos agropecuarios en el país, recuperando conocimientos, ciencias y saberes ancestrales, locales y convencionales.

2.2. Marco conceptual

2.2.1. Sistema

Betch, citado por Hart (1985), indica que un sistema es “un arreglo de componentes físicos o un conjunto o colección de cosas conectadas o relacionadas de tal manera que forman y actúan como una unidad, una entidad o un todo”.

Esta definición considera al sistema “íntimamente”, ya que cuando lo hace “externamente” es necesario agregar que un sistema esta dinámicamente relacionado con el medio externo, es decir, continuamente sujeto a mudanzas, según Gastal (1977).

En los sistemas, no importa a que situación de la realidad pertenezca, supone tres conjuntos íntimamente asociados: conjunto de elementos, conjunto de actividades o acciones y conjunto de relaciones (Gastal 1980).

2.2.2. Sistema de labranza

Amézquita (1999) señala que, el sistema de labranza es una serie secuencial de actividades que deben conducir a obtener a través del tiempo un suelo ideal para el desarrollo de las raíces de las plantas que permita que ellas expresen su potencial genético sin restricciones.

El sistema puede consistir simplemente en excavar hoyos en el suelo, poner en ellos semillas, plántulas, tubérculos u otros medios de propagación vegetal y eliminar luego por sachadura (raleo) las plantas competidoras. Por el contrario, el sistema puede ser un sistema muy complejo que comprenda una labranza primaria, varias labores de labranza posteriores, la aplicación de fertilizantes y de plaguicidas y la operación de siembra o de plantación. Una vez establecidas las plantas, se pueden efectuar otras operaciones más para combatir las malas hierbas y la erosión, o para romper las costras superficiales con el objeto de aumentar la aeración del suelo o la infiltración del agua en este (Unger 1988).

Se pueden intentar diferentes sistemas de clasificación de labranza. De acuerdo a la intensidad se puede clasificar en labranza convencional, labranza de conservación y no labranza. Si tomamos en cuenta la fuerza motriz utilizada se podría considerar

labranza a mano, labranza con tracción animal y labranza mecánica. El cultivo puede determinar labranzas específicas para arroz bajo riego, labranza para cultivo de raíces o para cereales de grano. Dentro de un mismo sistema de labranza puede haber variaciones de acuerdo al tipo de implementos que se usen (FAO 1992).

De acuerdo con CEDAF (1998), cada sistema de labranza tiene sus ventajas y desventajas, por los que escoger uno de ellos depende de las condiciones del suelo, el clima de la región, las prácticas del cultivo, la rotación aplicada y las condiciones socioeconómicas de los productores.

2.2.3. Actividades en el cultivo de papa

2.2.3.1. Labranza primaria

Es aquella destinada a abrir por primera vez el suelo, ya sea que se realicen con posterioridad a la cosecha del cultivo anterior o en la habilitación de tierras para la agricultura, interviniendo la capa arable y eliminando las compactaciones superficiales (Patiño 2009).

Esta importante operación tiene por objeto, mejorar la estructura del suelo, para propiciar una mejor aireación y capacidad de retención de humedad, incorporar residuos vegetales; controlar malezas e insectos al interrumpir su ciclo biológico (Meier 1993).

La labranza primaria es más agresiva y profunda, permite una mayor rugosidad superficial en comparación con la labranza secundaria (Figueroa y Morales 1992).

Para Unger (1988), la profundidad depende del cultivo a sembrar.

- Superficial: 10 – 20 cm (arroz, trigo y cebada).
- Profunda: 20 – 30 cm (papa y maíz).

2.2.3.2. Labranza secundaria

Es la última labor de preparación de los suelos y se efectúa antes de la siembra. Consiste en afinar el suelo para que las semillas que se depositan, tengan un buen contacto con las partículas húmedas y calientes del sustrato (Alvarado 2004).

Se realizan con el propósito de perfeccionar el trabajo de la labranza primaria, destruyendo los terrones grandes, pulir la capa superficial para lograr una adecuada nivelación de la superficie y refinar las condiciones del suelo antes de sembrar; estas actividades se realizan una vez se ha realizado la labranza primaria; la preparación de la cama dependerá del tamaño de las semillas, siendo más fina en las capas superiores para las semillas pequeñas y más grandes y profundas para semillas más grandes, según Donaire (2014).

Muñoz (1984) indica que, las labores de rastra para el cultivo de papa deben realizarse a una profundidad aproximada de 20 cm.

2.2.3.3. Siembra

Zambrana (1990) sostiene que, el objetivo principal de una buena siembra es la colocación de la semilla en el lugar adecuado de modo que se logre la emergencia uniforme de las plantas en el tiempo más corto posible. De igual manera señala que la profundidad en la apertura del surco para la ubicación de la semilla depende principalmente de la humedad, así como del régimen de lluvias o disponibilidad de riego que puede existir en la zona, así en suelos secos se siembra a mayor profundidad que en suelos húmedos. La papa es una planta muy sensible al déficit o al exceso de agua en todos sus estados de crecimiento.

2.2.3.4. Labores culturales

De acuerdo a Cabrera y Escobal (2002), las labores culturales en el cultivo de papa son las diferentes actividades a cumplirse durante el proceso productivo del cultivo y comprende: Riegos, Deshierbes, Aporques y protección sanitaria.

2.2.3.4.1. Aporque

El aporque, es una práctica cultural que se realiza cuando la planta tiene una altura entre 15 a 20 cm y consiste en aflojar el suelo del entresurco para mejorar su aireación y cubrir la base de las plantas con el suelo aflojado y así estimular una mejor tuberización (Mamani, citado por Toledo 2005).

Este se realiza con el fin de dar mayor sostén a las plantas, favorecer la formación de tubérculos dentro del suelo y evitar el verdeo de los mismos, incrementar el

número de tubérculos por planta. El momento y el número de aporques, depende del objetivo que se quiere lograr, de la variedad y de las condiciones ambientales (Cossío 1990).

De acuerdo a Inostroza y Méndez (2009), su realización dependerá del estado del cultivo, el objetivo del cultivo, del manejo y de la disponibilidad de implementos y maquinaria. De este modo, cada agricultor determinará cuantas veces y en qué oportunidad la realizará.

2.2.3.5. Cosecha

De acuerdo con Orozco et al. (2013), la cosecha es el procedimiento por el cual se extrae, colecta o arranca la producción, una vez los tubérculos alcanzan la madurez fisiológica apropiada, que depende de la variedad y de las condiciones ambientales.

Para Terán, citado por Cruz (1999), las plantas están maduras o aptas para cosechar cuando el follaje ha tomado un color amarillento o cuando gran parte de los tallos están tumbados, o las hojas se han caído o secado.

La modalidad de cosecha (mecanizada, con yunta o manualmente) son las más empleadas y la eficiencia de cada una de ellas está determinada por la velocidad de extracción y el porcentaje de tubérculos que se quedan bajo tierra. La oportunidad de cosecha está condicionada por los recursos, condiciones de clima, la madurez, tamaño de tubérculos, sanidad de los tubérculos, y la demanda (Egúsquiza 2013).

2.2.4. Sistemas de tracción agrícola empleadas en la labranza

2.2.4.1. Tracción animal

La tecnología de tracción animal es aquella en que la fuerza de los animales sirve de fuente de energía para mover aperos de labranza y maquinas (FAO 1991).

El uso de los animales de trabajo ha sido históricamente y continúa siendo hoy, una importante herramienta productiva, ha reducido el esfuerzo físico de las personas y ha expandido la cantidad de trabajo realizado en diversas tareas agrícolas (ICCA 2010).

El trabajo animal se considera, en términos generales, económicamente eficiente, y racionalmente introducido puede constituir una forma útil de realizar los trabajos agrícolas especialmente por pequeños agricultores en países no desarrollados y en zonas particulares donde las condiciones agroecológicas sean favorables (Gil 1995).

Céspedes (1981) afirma que, no hay motor para el campo más rustico y económico que el buey y agrega que este animal por su docilidad y energía resultan mejor dotados para la tracción de equipos agrícolas.

En el modelo productivo se recurre al uso integral de animales de trabajo, para todas las labores de cultivo y de transporte durante el ciclo completo de la siembra a la cosecha (Chirgwin 1995).

2.2.4.2. Tracción motriz

La “tecnología mecánica” es el nivel de mecanización agrícola más complejo y comprende toda la maquinaria agrícola accionada por medios mecánicos, este término se usa aquí para designar una tecnología en que las principales fuentes de fuerza motriz son motores de combustión interna, motores eléctricos, etc. (FAO 1991).

La fuerza motriz proveniente de motores de combustión de elementos líquidos (Diesel, gasolina, alcohol), gas (Biogás, gas natural, propano etc.) o combustibles sólidos (Carbón, leña, desechos vegetales, etc.), siendo el motor Diesel el que se ha convertido en la principal fuente de fuerza motriz en la maquinaria agrícola, gracias a su gran eficiencia y menores costos operativos con respecto a los otros motores (Polanco 2007).

Cardona (1983) señala que, con la adaptación de los motores de combustión interna en los tractores agrícolas, proporcionaron por primera vez una fuerza móvil en la agricultura y mucho se ha logrado con el empleo de las maquinas agrícolas modernas en la reducción del costo de producción de las cosechas.

Para Guerra (2014), a la palabra tractor se le han atribuido varios orígenes, pero de acuerdo al Diccionario de Oxford, se usó por primera vez en 1856 en Inglaterra como sinónimo de motor de tracción.

El tractor, como “motor de tracción”, no sólo debe ser capaz de generar suficiente energía como para autotransportarse sino, entregar un remanente de fuerza como para poder realizar el trabajo de tracción demandado, empujar o arrastrar un equipo sobre un sustrato siempre deformable, el suelo agrícola, según De Simone, et al. (2017).

2.2.4.3. Tracción mixta

Según Terán, citado por Copa (1993), se entiende por sistema de tracción mixta a la utilización del tractor y la yunta, esta modalidad mixta se viene aplicando con mayor incidencia debido al fenómeno de la mecanización del agro de forma espontánea y también inducida.

Tradicionalmente hay un grupo de labores que en gran parte se han realizado con tracción animal (Ríos, citado por Suárez et al. 2005).

Sims (1988) señala que, el empleo de la tracción animal como forma de mecanización ha de verse como una tecnología que debe emplearse combinada con la motorizada para que resulte económicamente sostenible.

Para la FAO (1992), la tracción animal es muy eficiente para operaciones de control mecánico de malezas y siembra. En regiones más desarrolladas donde hay mayor disponibilidad de tractores, es común que pequeños productores contraten servicios mecanizados de labranza y utilicen tracción animal en las demás operaciones.

2.2.5. Modelos de operación en campo

Hunt (1991) indica que, pueden lograrse mejoras importantes en la eficiencia de campo al analizar y variar el modelo de las operaciones de campo. Por su puesto que el modelo de las operaciones está estrechamente relacionado con el tamaño y la forma del campo, pero algunas consideraciones del modelo pueden estudiarse independientemente de las configuraciones de los campos. El objeto principal al establecer un modelo de campo eficiente es minimizar la cantidad de recorrido de campo. El número de virajes sin trabajo, la distancia de un viraje y la cantidad de recorrido sin trabajo en el interior de un campo son factores improductivos que consumen valioso tiempo y deberán eliminarse si es posible.

Con los arados fijos, el volteo del prisma de tierra se produce siempre hacia un mismo lado. Con un arado reversible se puede voltear hacia un lado o hacia otro indistintamente, con lo que se puede labrar de forma continua, girando tractor y arado en las cabeceras, desde un extremo de la parcela al otro (Ortiz 2003).

2.2.5.1. Sistema de trabajo en melgas

Una melga es una división del terreno en campos rectangulares más pequeños para poder ser labrados con arados de una sola vía. Los campos generalmente se dividen en un número impar de melgas, procurando que su longitud, que es largo de los surcos, sea lo más larga posible. Mientras más larga sea la melga mayor deberá ser su ancho (Lesur 2012).

Para Hunt (1991), la operación en amelgas describe la práctica de dividir el campo en subáreas y operar individualmente estas.

Álvarez (2004) señala que, en el sistema de trabajo en amelgas existen dos métodos que se denominan alomados y hendidos.

Alomado: En este método el trabajo con maquina se inicia por el centro de la amelga y se gira siempre a la derecha. Al terminar el trabajo, en el centro de la amelga queda un surco (en la operación de arada) que se denomina lomo de tierra o contrasurco (al colocarse un corte del arado sobre el terreno sin arar); esta irregularidad se disminuye posteriormente en las rastrilladas.

Hendiendo: Este método consiste en iniciar el trabajo de la amelga por un costado virando siempre hacia la izquierda, quedando al final del trabajo, en la parte central de la amelga, un surco hendido, es decir sin ser cubierto con la tierra arrojada por el surco contiguo.

2.2.5.2. Sistema de trabajo en ida y vuelta

El trabajo en ida y vuelta consiste de recorridos paralelos y contiguos, es menos frecuente que el de amelgas o en redondo y se utiliza en la siembra de algunos o cuando se dispone de arados reversibles (Camacho 2002).

Con un arado reversible se puede voltear hacia un lado o hacia otro indistintamente, con lo que se puede labrar de forma continua, girando tractor y arado en las cabeceras, desde un extremo de la parcela al otro (Ortiz 2003).

2.2.6. Capacidad de un Equipo

Se refiere a la medida la cual se caracteriza un determinado implemento que permite mostrarse como un indicador del rendimiento, esto significa que es la forma de caracterizar y diferenciar entre uno u otro implemento (Hunt 1988).

2.2.6.1. Capacidad Efectiva

Por capacidad efectiva de trabajo se entiende a la relación existente entre cantidad real de trabajo en un tiempo dado y el tiempo total utilizado. Es, por tanto, la capacidad realmente lograda por una máquina en condiciones normales de operación (Dávila 2005).

Se trata del trabajo real de campo que realiza el implemento al descontarse las pérdidas. Las pérdidas por estos factores pueden sumar un total de un 20 % del total de la capacidad teórica de trabajo, debido a varios factores como: la dureza y humedad del suelo, topografía del suelo, presencia de obstáculos, vueltas en vacío, destreza del operario (Angulo y Cujilema 2013).

2.2.6.2. Capacidad Teórica

Se define como la relación entre el trabajo teórico que una maquina puede desarrollar según sus características de diseño, es decir trabajando a un 100 % de sus posibilidades de diseño y en el tiempo teórico que requiere para efectuarlo si no existieran pérdidas de tiempo en su desempeño (Álvarez 2004).

La capacidad teórica de trabajo de un conjunto tractor – implemento, toma en cuenta el tiempo trabajado y depende del ancho de corte del implemento y de la velocidad teórica de trabajo (SENA 1984).

2.2.7. Propiedades físicas de los suelos

2.2.7.1. Textura

La textura propiedad que constituye las cantidades en que se hallan las partículas de diámetro menor de 2mm, agrupadas en tres clases por tamaños; Arena, Limo y Arcillas, siendo uno de los atributos más inalterables en el suelo.

Los suelos con alto contenido de arenas retienen poca agua, debido a los grandes espacios entre sus partículas, caso contrario a las arcillas en un suelo tiende a la retención del movimiento del agua y aire, siendo adhesivo a altos contenidos de humedad con capacidad de retener agua y difíciles de laborar (Rucks 2004).

Según el IDAE 2006, el tipo de suelo es muy diferente según las zonas y por su puesto las regiones, pero con el fin de plantear las distintas opciones de labores, se suelen agrupar en tres tipos, de mayor a menor resistencia al laboreo:

- Suelo fuerte: suelo con alto contenido de arcilla > 20 %
- Suelo medio: Contenido medio de arcilla y limo 10 – 20 %
- Suelo ligero: Contenido alto en arena y limo < 10 % de arcilla

2.2.7.2. Densidad aparente y porosidad del suelo

Los suelos poseen naturalmente diferentes densidades debido a variaciones de la textura, de la porosidad y del contenido de materia orgánica. Brady (1974) cita que suelos arenosos poseen una densidad del suelo de 1,20 a 1,80 g/cm³ y una porosidad de 35 a 50%, mientras que suelos arcillosos poseen una densidad de 1,00 a 1,60 g/cm³ y una porosidad de 40 a 60%. Sin embargo, la densidad y la porosidad del suelo son características que pueden variar en función del tipo y de la intensidad de labranza, siendo por eso buenos indicadores de lo adecuado de los sistemas de labranza del suelo, indicando la mayor o menor compactación que estos promueven (Quicaño 2018).

2.2.7.3. Humedad del suelo

PROINPA (1998) señala que, en las zonas andinas, las operaciones de labranza están sujetas a la disponibilidad de humedad en el suelo. Labranzas en épocas no adecuadas conducen a inoportunos y excesivos movimientos de tierra, que, si bien

a corto plazo podrían mejorar la producción del cultivo de papa, con el tiempo repercuten en la degradación de los suelos, principalmente en parcelas de laderas.

La capacidad de retención de agua de un suelo va en función de la textura y estructura que posee, pero también está relacionada la densidad aparente (García 2005).

El estado óptimo de humedad en suelos arcillosos tiene un margen pequeño que oscila en un 40 % de humedad; por debajo del 30% se considera demasiado seco, pues al trabajarlo se producen terrones muy grandes. En cambio, con un 50 % de humedad el suelo resulta muy suelto y pegajoso (Castellanos y RELATA 2012).

3. SECCIÓN DIAGNÓSTICA

3.1. Materiales y Métodos

3.1.1. Localización y ubicación

El presente trabajo de investigación se realizó en la comunidad de Choquenaira, que está ubicada a 6 km de la población de Viacha, provincia Ingavi y a 38 km sur - oeste de la ciudad de La Paz. Geográficamente la comunidad se encuentra entre los paralelos 16°42'5" de Latitud Sur y 68°15'54" de Longitud Oeste y a una altura de 3820 m.s.n.m.

3.1.2. Características del lugar

3.1.2.1. Clima

Los elementos climáticos en la región son muy variables y contrastantes, siendo la temperatura media de 8.4°C y las extremas fluctúan desde -15° C a 22° C; en tanto, el régimen de lluvias resulta estacional, concentrándose las mayores precipitaciones en los meses de enero a marzo. En algunos años los pluviómetros suelen registrar hasta 590.0 mm y en el resto de los meses suelen ser más reducidas.

Los cambios climáticos son frecuentes en determinadas épocas del año, como son las granizadas, heladas y sequías; los efectos sobre los cultivos son determinantes, llegando a ocasionar pérdidas económicas cuantiosas a nivel productor; la evaporación aproximada llega los 1350.0 mm/año, lo cual hace su condición de árido (seco), sobre todo en los meses secos del año.

3.1.2.2. Fisiografía

El aspecto fisiográfico de la zona, está dada en un 21% por serranías y 79% de planicies; la vegetación corresponde a Bosque Húmedo Montano Subtropical, donde la vegetación primaria dominante son las plantas xerofíticas y mesofíticas; las especies más representativas que componen la comunidad vegetal son de tipo herbáceos, arbustos y anuales. Las plantas que predominan en las praderas nativas son las gramíneas y la condición de las mismas va de regular a pobre, producto del uso irracional de los sitios, principalmente está relacionado con el sobre pastoreo de vacunos y ovinos.

3.1.3. Materiales

3.1.3.1. Fuentes de energía

Las fuentes de energía empleadas para la tracción de los diferentes implementos y su respectivo trabajo en los sistemas planteados en la investigación, fueron los siguientes:

a) Yunta de bueyes

Es importante conocer las características de los animales utilizados en el ensayo, para tener una referencia de la energía de tracción disponible en la zona (ver cuadro 1 y 2).

Cuadro 1. Característica de los bueyes utilizados.

Características	Yugero	Ladero
Raza	: Pardo Criollo	: Criollo
Sexo	: Macho	: Hembra
Edad	: 2 años	: 6 años
Color	: Pardo	: Negro
Estado de salud	: Bueno	: Bueno
Largo del animal	: 1,15 m	: 1,06 m
Perímetro torácico	: 1,75 m	: 1,80 m
Perímetro abdominal	: 1,80 m	: 1,87 m
Largo esterno ilioisquion	: 1,35 m	: 1,20 m
Peso	: 264 kg	: 251 kg
Potencia en labranza 1°	: 0,23 hp	

Fuente: Elaboración propia



Figura 1. Yunta de bueyes proveniente de la Comunidad Copalacaya.

Cuadro 2. Característica de los bueyes utilizados en cosecha.

Características	Yugero	Ladero
Raza	: Criollo	: Criollo
Sexo	: Hembra	: Hembra
Edad	: 6 años	: 5 años
Color	: Negro	: N/B
Estado de salud	: Bueno	: Bueno
Largo del animal	: 1,40 m	: 1,30 m
Perímetro Torácico	: 2,30 m	: 1,90 m
Perímetro abdominal	: 2,12 m	: 2,20 m
Largo esterno ilioisquion	: 1,05 m	: 1,00 m
Peso	: 318 kg	: 260 kg
Potencia en cosecha	: 0,35 hp	

Fuente: Elaboración propia



Figura 2. Yunta de bueyes proveniente de la Comunidad Contorno Letanías.

b) Motocultor

Estas son máquinas polivalentes que ofrecen grandes posibilidades en la agricultura minifundista (pequeñas explotaciones).

Cuadro 3. Características técnicas del Motocultor Changfa.

Características	
Potencia (hp)	: 16
Modelo motor	: 1100, diésel, 2200 rpm
Peso con rotovator (kg)	: 400
Consumo Diésel (l/h)	: 3,44
Procedencia	: China
Transmisión	: 6 frente / 2 reversa
Velocidad teórica – Hacia delante (km/h)	: 5.3 a 15.3
Capacidad de carga (kg)	: 1200

Fuente: Elaboración propia



Figura 3. Motocultor Changfa.

c) Tractor

El tractor se ha convertido en un vehículo agrícola muy importante que es clave para obtener una mayor productividad y rendimiento de trabajo.

Cuadro 4. Características técnicas del tractor Massey Ferguson 2625.

Características	
Potencia (hp)	: 65
Tracción	: Doble
Velocidad de avance Labranza primaria (km/h)	: 2,44
Velocidad de avance Labranza secundaria (km/h)	: 4,24
Consumo de combustible (l/h)	: 4 - 5

Fuente: Elaboración propia



Figura 4. Tractor Massey Ferguson 2625.

Cuadro 5. Características técnicas del tractor Ebro 8100.

Características	
Potencia (hp)	: 99
Tracción	: Doble
Velocidad de avance Siembra (km/h)	: 2,72
Velocidad de avance Cosecha (km/h)	: 1,96
Consumo específico gr/CV/h	: 202

Fuente: Elaboración propia



Figura 5. Tractor EBRO 8100.

3.1.3.2. Implementos y equipos utilizados

a) Arado de disco

Cuadro 6. Características técnicas del arado de disco.

Características	
Número de Discos	: 3
Diámetro de Disco (pulgadas)	: 26
Ancho de trabajo (m)	: 0.92
Profundidad de arado (cm)	: 25
Velocidad de trabajo (km/h)	: 4.5
Potencia (hp)	: 60 - 70

Fuente: Elaboración propia



Figura 6. Arado fijo Tatu Marchesan.

b) Rastra de discos

Cuadro 7. Características técnicas de la rastra de discos.

Características	
Número de Discos	: 24
Diámetro de Disco (pulgadas)	: 20
Ancho de trabajo (m)	: 2.25
Profundidad de corte (cm)	: 10
Velocidad de trabajo (km/h)	: 5,5
Potencia (hp)	: 60 - 70

Fuente: Elaboración propia



Figura 7. Rastra hidráulica Tatu Marchesan.

c) Surcadora

Cuadro 8. Características técnicas de la surcadora.

Características	
Número de Cuerpos	: 3
Ancho de trabajo (m)	: 1,60
Velocidad de trabajo (km/h)	: 2,72
Profundidad de corte (cm)	: 25

Fuente: Elaboración propia



Figura 8. Prototipo surcadora, Estación Experimental de Choquenaira.

d) Cavadora

Cuadro 9. Características técnicas de la cavadora utilizada en la cosecha.

Características	
Número de Cuerpos	: 1
Ancho de trabajo (m)	: 0,60
Velocidad de trabajo (km/h)	: 1,96
Profundidad de corte (cm)	: 25

Fuente: Elaboración propia



Figura 9. Prototipo cavadora de papa, Estación Experimental de Choquenaira.

e) Arado combinado

Cuadro 10. Características técnicas del arado combinado.

Características	
Fuerza requerida (Kg/f)	: 9,5
Ancho de trabajo (cm)	: 25-40
Velocidad de trabajo siembra (km/h)	: 2,16
Velocidad de trabajo cosecha (km/h)	: 0,74
Profundidad de trabajo (cm)	: 15
Rendimiento (jornal/ha)	: 3,5 - 5

Fuente: Elaboración propia



Figura 10. Arado combinado CIFEMA.

f) Arado de palo

Cuadro 11. Características técnicas del arado de palo.

Características	
Peso (Kg)	: 7
Ancho de reja (cm)	: 4
Inclinación vertical	: 10°
Largo del cuerpo (cm)	: 54
Profundidad de trabajo (cm)	: 13

Fuente: Elaboración propia



Figura 11. Armado del arado de palo.

3.1.3.3. Materiales de campo

Huinchas, estacas, hilo de polietileno, pala, martillo, cilindros, bolsas de nylon, flexómetro, mochila aspersora, cronómetro, cámara fotográfica, tableros, planilla de registro de datos.

3.1.3.4. Material de gabinete

Computadora, impresora, material de escritorio y Software Infostat para el Análisis Estadístico versión 02-10-2019

3.1.3.5. Material vegetal

Se utilizó semilla de papa de la variedad Luk'i (*Solanum x juzepczukii*) procedente del Municipio de La Huachaca, Provincia Aroma, Departamento de La Paz.

3.1.3.6. Insumos agrícolas

3.1.3.6.1. Abono

Se utilizó estiércol de bovino, el cual fue utilizado al momento de la siembra una vez aperturado el surco y depositado la semilla en el mismo, la cantidad calculada y utilizada fue de 2 t/ha.

3.1.3.6.2. Pesticidas

Insecticidas Karate Zeon y Actara, fungicida Maxim XL

3.1.4. Metodología

3.1.4.1. Procedimiento de trabajo

El experimento se llevó a cabo durante la gestión agrícola 2013 - 2014; que consistió en cuatro tratamientos (sistemas de labranza) sorteadas en tres bloques.

3.1.4.1.1. Demarcación de las unidades experimentales

Esta parte de la práctica se realizó de acuerdo al diseño y croquis del campo experimental, los bloques fueron trazados y delimitados con la ayuda de una wincha, estacas e hilo, utilizando para ello el método de la escuadra.

3.1.4.1.2. Muestreo de suelos

Se realizó la toma de muestras de suelo por el método de zigzag en doce lugares del área de estudio; posteriormente se hizo una mezcla y homogeneización de las muestras para realizar cuarteos correspondientes y obtener de esta manera la muestra de suelo, con un peso de 1 kg (Anexo 1). La muestra fue enviada al IBTEN para su análisis físico, químico y cuyos parámetros analizados fueron textura, materia orgánica, pH, nitrógeno, fósforo, potasio, capacidad de intercambio catiónico (CIC) y conductividad eléctrica (CE) (Anexo 14).

3.1.4.1.3. Evaluación del perfil del suelo antes de la siembra (Calicata)

Se realizó la apertura de una calicata, para la identificación de horizontes utilizando el método de descripción de suelos de la FAO, para apreciar claramente el perfil de suelo, donde se puede conocer la profundidad de suelo, horizontes, tipo de suelo (textura y estructura), presencia de piedras o estratos endurecidos (Anexo 2).

3.1.4.1.4. Toma de muestras del suelo para la evaluación de las propiedades físicas

La densidad aparente se determinó mediante el método del Cilindro (volumen conocido de 100 cm³). Se colectó muestras de suelo no disturbadas a 2 profundidades (0 – 20 cm y 20 – 40 cm), se las identificó y se las llevó al laboratorio para su respectivo análisis. La evaluación se realizó en dos oportunidades previo a la preparación del suelo (mayo 2013) y momentos antes de la cosecha (abril 2014).

La porosidad, se determinó utilizando la fórmula de porosidad mencionado en el subtítulo 3.1.4.2.2.2. (inciso b).

La humedad del suelo, se determinó a dos profundidades; igual a las obtenidas en la densidad aparente, para tal efecto se excavó el suelo y se colectaron muestras de suelo de aproximadamente 50 g. La actividad se realizó antes, durante la preparación del suelo (mayo 2013) hasta momentos antes de la cosecha (abril 2014) (Anexo 3).

3.1.4.1.5. Preparación del terreno

Se preparó el suelo con una labor de roturación a principios del mes de mayo, para tal efecto se hizo uso del arado de disco acoplado al tractor, el cual procedió a aflojar

el suelo para los sistemas de labranza SL1, SL2 y SL4, para el SL3 se empleó la tracción animal (yunta) y el trabajo que realizó fue de dos pases arado de palo, uno en sentido longitudinal a la parcela y el siguiente en sentido perpendicular a ella (Anexo 4).

3.1.4.1.6. Labranza secundaria

La operación de rastrado se efectuó en el mes septiembre, en los sistemas SL1, SL2 y SL4, se trabajó con el tractor al cual se acoplo la rastra de discos para un buen mullido y la respectiva nivelación de las parcelas demostrativas, para el SL3 se empleó una yunta de bueyes que realizaron dos pases de arado de palo similar a la realizada en labranza primaria (Anexo 5).

3.1.4.1.7. Desinfección de semilla

Se desinfectó las semillas de papa 24 horas antes de la siembra con la finalidad de prevenir enfermedades fungosas y bacterianas, la desinfección se realizó sobre un nylon de 3 m x 3 m en la cual se vació la semilla, donde se roció el producto con la ayuda de una mochila fumigadora, hasta lograr un color rosado rojizo uniforme en toda la parte superficial del tubérculo y posterior a eso se dejó orear. El producto que se utilizó en la desinfección de la semilla de papa fue CURA PAPA, donde la mezcla es ACTARA más MAXIM y la dosis de aplicación es 100 ml de maxim y 20 gr de áctara en 10 litros de agua, que alcanza para siete quintales de semilla de papa (Anexo 6).

3.1.4.1.8. Siembra

La siembra se realizó en el mes de octubre, para ello se utilizó papa de la variedad Luk'i. La densidad de siembra fue de 2 t/ha, la longitud de cada surco es de 19 m, cada uno a distancias de 80 cm entre surcos y 30 cm entre plantas. Esta labor para el tratamiento SL1 empleó una surcadora de tres cuerpos acoplado al levante hidráulico del tractor, el SL2 realizo este trabajo con el arado combinado traccionado por el motocultor, finalmente el SL3 y SL4 utilizó el arado de palo accionado por la yunta de bueyes; de manera general en los sistemas se hizo una apertura de surco, seguido a ella una persona distribuyendo la semilla y otra esparciendo el abono en el surco y detrás el respectivo implemento o equipo realizando el tapado (Anexo 7).

3.1.4.1.9. Control de plagas y enfermedades

Posterior a la emergencia de las plantas, durante todo el desarrollo del cultivo se observó periódicamente desde los 60 días hasta la cosecha (150 días) las parcelas para observar si existía o no el ataque de plagas y/o enfermedades, para lo cual de forma preventiva se aplicó productos químicos Maxim XL y Karate, a razón de 20 cm³ para una mochila de 20 litros (en ambos casos), como parte del control integrado de forma igual a todos los tratamientos, para que las diferencias que se encontrasen luego, fuesen a causa del tipo de sistema de labranza (Anexo 8).

3.1.4.1.10. Aporque

Esta labor se realizó en el mes de febrero, una vez que las plantas llegaron a una altura entre 25 a 30 cm, con el objetivo de impedir que los tubérculos queden descubiertos, el mismo fue efectuado con ayuda del arado de palo traccionado por la yunta de bueyes para el SL2, SL3 y SL4 (Anexo 9).

3.1.4.1.11. Cosecha

Esta actividad se realizó en el mes de abril y se efectuó cuando el cultivo alcanzo su madurez completa, y se caracterizó por presentar más del 80 % de plantas tumbadas en proceso de secado. Esta labor fue realizada en SL1 con la ayuda de la cavadora de papa acoplada al tractor, en SL2 arado combinado traccionado por el motocultor y finalmente en SL3, SL4 el arado de palo tirado por la yunta de bueyes; en todos los sistemas se recogió y escarbo la tierra para desenterrar algunas papas que no fueron removidas (Anexo 10).

3.1.4.1.12. Diseño experimental

El diseño experimental utilizado fue de bloques al azar con cuatro tratamientos y tres repeticiones para cada uno de ellos.

3.1.4.1.12.1. Modelo lineal

El diseño experimental respondió al siguiente modelo, según Ochoa (2009).

$$Y_{ij} = \mu + \beta_i + \xi_i + \epsilon_{ij}$$

Dónde:

- Y_{ij} = Observación cualquiera
- μ = Media general del experimento
- β_i = Efecto de j-ésimo bloque
- ξ_i = Efecto del i-ésimo tratamiento
- ϵ_{ij} = Error experimental

3.1.4.1.12.2. Formulación de tratamientos

El cuadro 12 muestra la formulación de los tratamientos y su respectiva interacción

Cuadro 12. Formulación de tratamientos

Sistema de labranza	Fuente de energía	Implemento de labranza	Labor
Sistema de Labranza 1 (SL1)	Tracción Motriz (Tractor)	Arado de disco	Labranza Primaria
		Rastra de discos	Labranza Secundaria
		Surcadora	Siembra
		Cavadora	Cosecha
Sistema de Labranza 2 (SL2)	T. Motriz (Tractor)	Arado de disco	Labranza Primaria
		Rastra de discos	Labranza Secundaria
	T. Motriz (Motocultor)	Arado combinado	Siembra
	T. Animal (Yunta)	Arado de palo	Aporque
	T. Motriz (Motocultor)	Arado combinado	Cosecha
Sistema de Labranza 3 (SL3)	Tracción Animal (Yunta)	Arado de palo	Labranza Primaria
		Arado de palo	Labranza Secundaria
		Arado de palo	Siembra
		Arado de palo	Aporque
		Arado de palo	Cosecha
Sistema de Labranza 4 (SL4)	T. Motriz (Tractor)	Arado de disco	Labranza Primaria
		Rastra de discos	Labranza Secundaria
	T. Animal (Yunta)	Arado de palo	Siembra
		Arado de palo	Aporque
		Arado de palo	Cosecha

Fuente: Elaboración propia

3.1.4.1.12.3. Características del Campo Experimental

Las dimensiones de la parcela experimental se detallan en el cuadro 13:

Cuadro 13. Características de la parcela experimental

Característica	Detalle
Área total del ensayo	: 2135 m ²
Superficie cultivable	: 1824 m ²
Área de una unidad experimental	: 152 m ²
Número de unidades experimentales	: 12
Número de bloques	: 3
Ancho de unidad experimental	: 8 m
Largo del surco	: 19 m
Distancia entre surcos	: 0.80 m
Distancia entre plantas	: 0.30 m
Número de surcos por Unidad Experimental	: 9

Fuente: Elaboración propia

3.1.4.1.12.4. Croquis de la Parcela Experimental

Los tratamientos fueron distribuidos en la parcela experimental, al azar tal como se muestra en la figura 12:

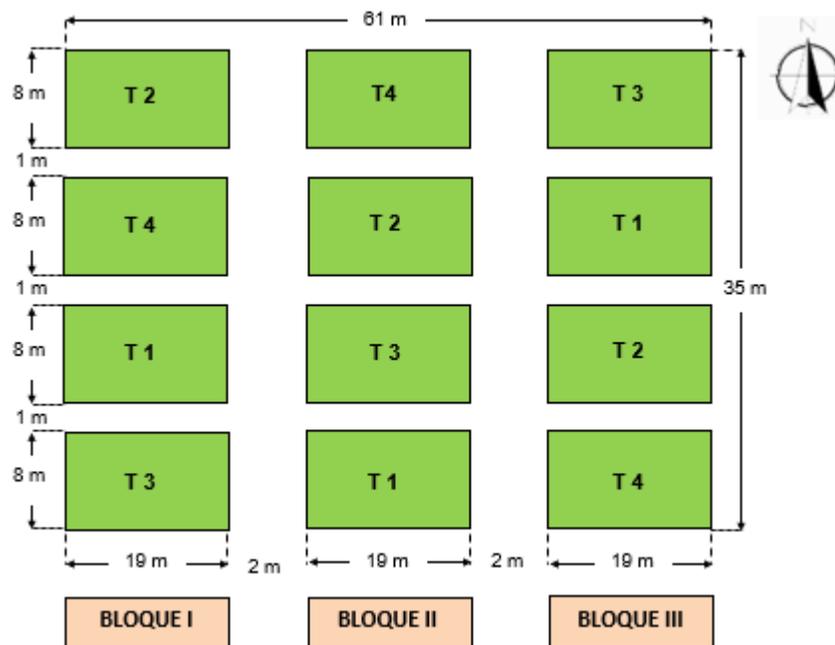


Figura 12. Croquis de la distribución de los tratamientos en la parcela experimental

3.1.4.2. Variables de respuesta

3.1.4.2.1. Antes de la siembra

a) Caracterización física de los suelos

Para el conocimiento de sus propiedades, se abrió una calicata de 0,76 m de profundidad. Se tomaron muestras compuestas (alteradas e inalteradas) en un número de 3 para el análisis respectivo, utilizando metodología convencional. El análisis físico fue efectuado en los laboratorios del IBTEN.

b) Determinación del peso vivo de los animales de tracción

Para conocer el peso vivo de los animales de tracción se utilizó la fórmula CREVAT, basada en diferentes regiones del cuerpo, la cual es:

Dónde:

PT = Perímetro Torácico
L = Largo del cuerpo
PA = Perímetro abdominal

$$\text{CREVAT} = \text{PT} \times \text{L} \times \text{PA} \times 80$$

3.1.4.2.2. Durante el cultivo

3.1.4.2.2.1. Capacidad efectiva

a) Cálculo del ancho de trabajo

Según, Frank (1977) el ancho de trabajo se determina con la siguiente fórmula:

Dónde:

AT = Ancho de trabajo
AP = Ancho de parcela
No S = Número de surcos
(idas y vueltas)

$$\text{AT} = \text{AP} / \text{No S}$$

b) Cálculo de la capacidad efectiva

Es el trabajo real de campo que realiza el implemento al descontarse las pérdidas lo cual se expresa en la siguiente fórmula:

Dónde:

CE = Capacidad efectiva

CT = Capacidad teórica

P = Pérdidas

$$CE = CT - P$$

c) Cálculo de la capacidad teórica

La capacidad teórica esta dado por el ancho de un implemento por la velocidad de trabajo:

Dónde:

CT = Capacidad teórica

AI = Ancho del implemento

VT = Velocidad de trabajo

$$CT = AI \times VT$$

d) Velocidad de avance

Resulta de la división del espacio trabajado y recorrido entre el tiempo cronometrado necesario para cubrir dicho tramo expresado en km/h.

e) Cálculo de las pérdidas

Dentro los diferentes tipos de pérdidas que existen para el cálculo de la capacidad efectiva, solo se consideró la de viajes en vacío.

- Pérdida por viaje en vacío

Esta pérdida se calcula durante la operación de vuelta en las cabeceras de los surcos, donde no se realiza operación efectiva. La fórmula empleada es la siguiente:

Dónde:

PTV = Pérdida total en vueltas

TVCP = Tiempo cronometrado por vueltas (promedio)

No V= Número de vueltas

$$PTV = TCPV \times No V$$

Otra forma de calcular las pérdidas por viajes en vacío en melgas, cuando se utiliza labranza mecanizada es la siguiente:

Dónde:

PPV = Pérdida por viajes en vacío

AM = Ancho de la melga

L = Largo de la parcela

CT = Capacidad teórica

$$PPV = \frac{1}{2} AM / L \times CT$$

f) Tiempo empleado en el giro

El tiempo de giro se considera desde el momento en que el operador levanta el implemento, dejándolo sin acción en su operación del suelo e inmediatamente empieza a realizar el giro hasta que vuelve a bajar el implemento nuevamente.

g) Cálculo del número de vueltas

La determinación del número de vueltas según, Frank (1977) se calcula a través de la siguiente fórmula:

Dónde:

No V = Número de vueltas

AP = Ancho de parcela

AT = Ancho de trabajo

$$No V = AP / AT$$

3.1.4.2.2.2. Propiedades físicas

a) Densidad aparente

Esta variable se determinó por el método del cilindro de un volumen de 100 cm³, posteriormente las muestras de suelo fueron pesadas en fresco y colocadas en una estufa a 105°C por 24 horas, para luego ser pesadas en seco. Para su cálculo se utilizó la siguiente fórmula:

Dónde:

Dap = Densidad aparente (gr/cm³)

Ms = Masa del suelo seco a la estufa (gr)

Vc = Volumen total (cm³)

$$Dap = Ms / Vc$$

b) Porosidad

La Porosidad, se determinó con los datos de la densidad aparente y la densidad real del suelo, aplicando la fórmula:

Dónde:

% = Porcentaje de porosidad

Dap = Densidad aparente (gr/cm³)

Dr = Densidad real (gr/cm³)

$$P = ((1 - Dap) / Dr) \times 100$$

c) Humedad gravimétrica

La humedad del suelo se determinó pesando las muestras del suelo en una balanza de precisión, antes y después del secado en la estufa a 105°C por 48 horas registrando el peso húmedo y seco. El cálculo fue realizado mediante la siguiente fórmula:

Dónde:

% H = Porcentaje de humedad

M = Masa del suelo (gr)

Ms = Masa del suelo seco a la estufa (gr)

$$\% H = ((M - Ms) / Ms) \times 100$$

3.1.4.2.2.3. Variables agronómicas

Las lecturas de las variables agronómicas se las realizaron por cada unidad experimental, para determinar si existen variaciones en el comportamiento del cultivo por efecto de la aplicación de los tratamientos en estudio.

a) Días a la emergencia

Esta variable fenológica se determinó en forma visual, contando los días transcurridos desde la siembra hasta el momento en que más del 50% de las plantas han emergido sobre la superficie del suelo, entre los 30-32 días aproximadamente, se determinó el día de la emergencia en un intervalo de siete días contando desde la siembra.

b) Días a la floración

El control de la floración se realizó en forma visual contando los días transcurridos desde el momento de la siembra (plantación) hasta el momento en que más del 50% de las plantas han florecido por unidad experimental, entre los 70 a 79 días.

c) Cobertura foliar (%)

Esta evaluación se efectuó en plena floración del cultivo, con un marco cuadrulado de 1m *1m (m²). El marco fue subdividido cada 5 cm (25 cm²). La técnica de medición fue colocando el marco sobre la planta, para inmediatamente contar el número de cuadros que utilizó la planta en el marco, finalmente multiplicarlo por 25 cm². Una vez obtenidos los datos se ordenaron y calcularon el porcentaje de cobertura, el mismo se realizó de la siguiente manera:

$$X = \frac{S (cm^2)}{1000 (cm^2)} \times 100$$

Dónde:

X = Por ciento de la cobertura del área foliar.

S = Superficie ocupada por la planta en un metro cuadrado.

d) Número de tubérculos por planta (N°)

Se determinó el número de tubérculos por planta considerando a 3 plantas de los surcos centrales, las cuales fueron seleccionados al azar. Esta actividad se realizó por unidad experimental de los diferentes tratamientos.

e) Rendimiento (t/ha)

Esta variable fue determinada después de la cosecha, para tal efecto se consideraron a todas las plantas de los 3 surcos centrales de cada unidad experimental, luego se determinó el peso en Kg para posteriormente extrapolarlos a t/ha.

4. SECCIÓN PROPOSITIVA

4.1. Características Ambientales de la aplicación de los sistemas de labranza

4.1.1. Precipitación registrada durante el ciclo del cultivo

En base a la información obtenida del SENAMHI, en la figura 13, se presenta los promedios de precipitación pluvial registrada durante la investigación (2013-2014) y los promedios de los registros históricos (2000-2012).

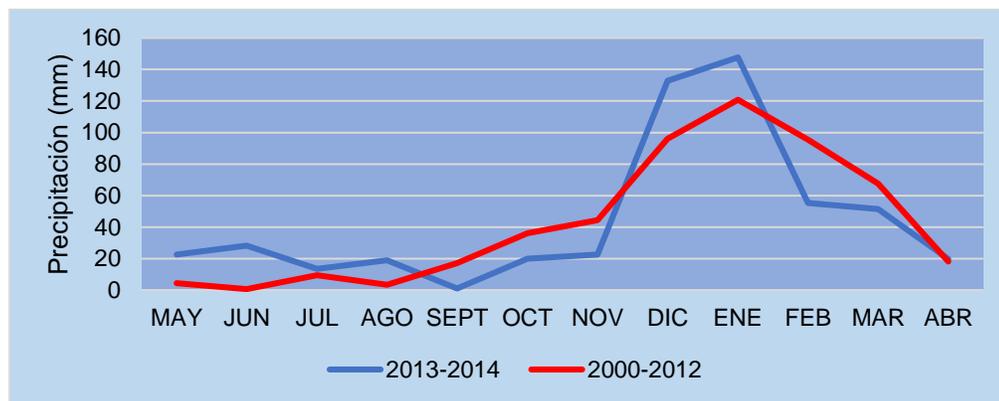


Figura 13. Precipitación mensual registrada durante el desarrollo del cultivo, campaña agrícola (2013 - 2014) y la registrada durante (2000 - 2012).

En la figura 13, se observa una baja precipitación pluvial durante la investigación en los meses de octubre (20 mm) y noviembre (22,6 mm) con relación al promedio del registro histórico que fue de (36 mm y 44,4 mm) respectivamente, esta escasa precipitación pudo causar una lenta emergencia de las plantas, debido a la poca humedad existente en el suelo. La mayor precipitación se registró en enero con 147,7 mm cuando el cultivo estaba en floración y en plena formación de tubérculos.

La precipitación acumulada para todo el ciclo del cultivo fue de 533,9 mm, que se encuentra por encima del promedio en la zona de los últimos 10 años que fue de 513,4 mm y dentro de una ideal producción del cultivo, que es de 500 a 700 mm, Doorenbos y Kassam (1979). Calderón et al. citado por Quispe (2013) sostiene que, la precipitación y la temperatura son factores que el agricultor no puede modificar, pero sobre los cuales puede inferir con base en la probabilidad de su ocurrencia en frecuencia, intensidad y duración.

4.1.2. Características edáficas

4.1.2.1. Descripción del perfil del suelo

La descripción del perfil del suelo fue realizada mediante la excavación de una calicata en la parcela experimental, procediendo según la FAO (1977) de la siguiente manera: el sitio se ubica a los 16°42'5" de Latitud Sur y 68°15'54" de Longitud Oeste, a una altura de 3820 m.s.n.m., la forma y relieve del terreno es plana y la posición fisiográfica corresponde a una planicie con una pendiente de 0 – 2%.

En la parcela se observó rastros de un cultivo anterior, presenta vegetación como ser paja brava (*Stipa ichu*) y bolsa de pastor (*Capsella bursa-pastoris*). No se observó la presencia de material parental, el drenaje aparentemente de clase 3 (Moderadamente bien drenado), humedad del suelo visible a partir de los 20 cm de profundidad, la profundidad de la napa freática a 45 – 50 cm, ausencia de piedras y afloramientos de roca, sin evidencia de erosión hídrica, evidencia de erosión eólica visible, presencia de afloramiento salino ausente y con presencia de influencia humana.

El perfil, estudiado en una calicata abierta, se describe como sigue:

Horizonte Ap (0-25 cm): El horizonte Ap presenta textura franca arcillo arenosa, la estructura puede ser considerada bloque subangular, con débil estructuración y agregado moderado, Color en seco gris rojizo (5YR), no adhesivo; en húmedo gris rojizo oscuro (10R), poco adhesivo. Presencia de carbonatos en poca cantidad, con pH 6.54; con presencia de raíces finas; y buen drenaje.

Horizonte A12 (25-43 cm): La textura es franco arcillo arenosa, estructura blocosa subangular, con mayor cohesividad. Color en seco marrón (7.5YR), no adhesivo; en húmedo marrón rojizo oscuro (5YR), poca adhesividad. Presencia de carbonatos en poca cantidad; poca presencia de raíces medianas, con buen drenaje.

Horizonte A13 (43-70 cm): El horizonte presenta franco arcillo arenosa, estructura bloque subangular, es más estructurado y cohesividad débil. Color en seco pardo pálido (10YR), poco adhesivo; en húmedo marrón oscuro (7.5YR), moderada

adhesividad. Carbonatos presentes en poca cantidad, con presencia de raíces, y buen drenaje interno.

Horizonte C1 (> 70 cm): La textura del horizonte es franco arenoso, estructura bloque angular, es más estructurado. Color en seco pardo pálido (10YR), poco adhesivo; en húmedo marrón rojizo (5YR), con moderada adhesividad. Presencia de carbonatos en poca cantidad, y buen drenaje.

4.2. Descripción de los sistemas de labranza

De acuerdo al cuadro 12, se muestra la formulación de los tratamientos y su respectiva interacción, sin embargo, es necesaria una breve reseña de los sistemas planteados en la investigación como la que se da a continuación:

Sistema de Labranza (SL1): La característica de este tratamiento es la preparación del suelo únicamente con Tracción Motriz (Tractor), con un pase de arado de disco en labranza primaria, 3 pases de rastra de discos en labranza secundaria con el modelo de laboreo en ida y vuelta, siembra con la surcadora de 3 cuerpos la cual consistió en apertura de surco, depositado de semilla y el cierre del mismo, y la cosecha realizada con la cavadora de papa.

Sistema de Labranza (SL2): La particularidad de este sistema fue el uso de dos fuentes de energía Tracción Motriz (Tractor y Motocultor) y Tracción Animal (Yunta de bueyes); la preparación del suelo se realizó con el Tractor con un pase de arado de disco en labranza primaria; cuya forma de trabajo fue en amelgas, 3 pases de rastra de discos en labranza secundaria con el modelo de laboreo en ida y vuelta, siembra con el arado combinado acoplado al Motocultor, aporque y cosecha efectuados con el arado tradicional traccionado por la yunta de bueyes.

Sistema de Labranza (SL3): Este tratamiento consistió en preparar el terreno solo con el arado tradicional tirado por bueyes (Tracción Animal), dándole dos pases al terreno en labranza primaria y secundaria (rayada y cruzada), posteriormente se realizó el surcado para la siembra, aporque y cosecha.

Sistema de Labranza (SL4): Lo diferente en este sistema fue la combinación de dos fuentes de energía Tracción Motriz (Tractor) y Tracción Animal (Yunta de bueyes); la

preparación del suelo se realizó con el Tractor con un pase de arado de disco en labranza primaria; cuya forma de trabajo fue en amelgas, 3 pases de rastra de discos en labranza secundaria con el modelo de laboreo en ida y vuelta, siembra, aporque y cosecha efectuados con el arado tradicional traccionado por la yunta de bueyes.

4.3. Evaluación del comportamiento de las maquinas agrícolas empleadas en cada sistema de labranza

4.3.1. Capacidad de trabajo de las maquinas agrícolas

Con la finalidad de conocer el tiempo de labor por hectárea de los sistemas de labranza se determinó la capacidad de trabajo de los mismos en h/ha, cuyos datos se desglosan por labores en los cuadros 14, 15 y 16. Se debe hacer notar que para esta parte de la investigación no se tomó en cuenta las pérdidas de capacidad de trabajo, por lo que la capacidad teórica es igual a la capacidad efectiva.

Cuadro 14. Capacidad de trabajo en labranza primaria y labranza secundaria

Sistema de labranza	Fuente de energía	Implemento de labranza	Labor	Ancho de trabajo (m)	Velocidad (Km/h)	Capacidad de trabajo (ha/h)	Nº jornales/hectárea
SL1	Tracción Motriz (Tractor)	Arado de disco	Labranza Primaria	0,92	2,44	0,2249	0,74
		Rastra de discos	Labranza Secundaria	2,17	4,11	0,8901	0,19
SL2	Tracción Motriz (Tractor)	Arado de disco	Labranza Primaria	0,92	2,24	0,2063	0,81
		Rastra de discos	Labranza Secundaria	2,03	4,24	0,8651	0,19
SL3	Tracción Animal (Yunta)	Arado de palo	Labranza Primaria	0,24	1,55	0,0378	4,41
		Arado de palo	Labranza Secundaria	0,24	2,28	0,0559	2,98
SL4	T. Motriz (Tractor)	Arado de disco	Labranza primaria	0,92	2,24	0,2058	0,81
		Rastra de discos	Labranza Secundaria	2,07	3,81	0,7891	0,21

De acuerdo al cuadro 14, el resultado promedio de la capacidad de trabajo del arado de disco en la labor de labranza primaria para el tratamiento SL4 fue de 4,86 h/ha. En tanto que el arado tradicional del sistema de labranza SL3 mostró una capacidad de trabajo promedio de 26,47 h/ha. Estos resultados muestran que la utilización del arado de disco reduce el tiempo de preparación del suelo en 21,61 h/ha, debido a que este implemento realiza la preparación en una sola pasada, lo que disminuye su capacidad de trabajo. Por el contrario, el arado tradicional necesita al menos dos pasadas para la roturación del suelo, incrementando así el tiempo de preparación.

Castellanos y RELATA (2012) indican que, con el arado tradicional no se logra preparar el suelo en una sola pasada y a una profundidad adecuada, sino que se requiere casi siempre dos a tres pasadas: la primera arada se llama rayada, la segunda cruzada y la tercera arada. Posteriores pasadas con el arado sirven para mullir el suelo.

Al respecto Andrade (1997), al realizar la comparación técnica en labranza del suelo de arados simétricos con el arado ecológico en la zona de puna reporta que, la capacidad efectiva del arado tradicional es estadísticamente menor al de los implementos mejorados, debido al mayor número de pasadas (3) que se necesitan para roturar el suelo lo que disminuye su capacidad efectiva, en cambio los arados mejorados por esta diferencia estadística, traen como consecuencia un ahorro de tiempo expresado en mano de obra usada para preparar una hectárea.

De acuerdo al cuadro 14, el promedio de la capacidad de trabajo en la labor de labranza secundaria y a tres pases de rastra de discos para el tratamiento SL4 fue de 1,27 h/ha. En tanto que el arado de yunta del sistema de labranza SL3 mostró una capacidad de trabajo promedio de 17,90 h/ha (2 pasadas de arado de palo). Demostrando que el uso de la rastra de disco debido a su ancho de trabajo (2,07 m) llega abarcar más área por tiempo, de esta manera siendo 16,63 h/ha más eficiente.

Rodríguez (1985), mediante experiencias realizadas en Nariño, Colombia, han logrado mejores rendimientos de papa al preparar el suelo con tres pases de rastra que con la labranza convencional (dos a tres aradas y una a dos rastras), mientras que con la siembra sin labranza los rendimientos disminuyeron.

Pumisacho y Sherwood (2002) indican que, la reducción de las labores de labranza es generalmente deseable pero solo factible si las condiciones del suelo (textura, humedad, contenido de materia orgánica, tipo y cantidad de malezas) lo permite.

Cuadro 15. Capacidad de trabajo en la siembra y aporque

Sistema de labranza	Fuente de energía	Implemento de labranza	Labor	Ancho de trabajo (m)	Velocidad (Km/h)	Capacidad de trabajo (ha/h)	N° jornales/hectárea
SL1	T. Motriz (Tractor)	Surcadora	Siembra	2,00	2,72	0,5438	0,31
SL2	T. Motriz (Motocultor)	Arado combinado	Siembra	0,40	2,16	0,0864	1,93
	T. Animal (Yunta)	Arado de palo	Aporque	0,30	2,60	0,0772	2,16
SL3	Tracción Animal (Yunta)	Arado de palo	Siembra	0,30	2,09	0,0620	2,69
		Arado de palo	Aporque	0,30	2,81	0,0835	2,00
SL4	Tracción Animal (Yunta)	Arado de palo	Siembra	0,30	2,38	0,0706	2,36
		Arado de palo	Aporque	0,30	2,72	0,0806	2,07

Según el cuadro 15, se observó que la mejor capacidad de trabajo en la operación de siembra, se logró en el sistema de labranza SL1 (1,84 h/ha); respecto a los sistemas SL2 (11,57 h/ha) y SL3 (16,14 h/ha), esto quiere decir que dichos tratamientos requieren de mayores horas de trabajo por hectárea, debido al menor ancho de laboreo. En cambio, el tratamiento SL1 requiere de menos horas de trabajo para la siembra de una hectárea del cultivo de papa, debido al mayor ancho de implemento (tres surcos por pasada) y por ende a un menor tiempo de trabajo por surco.

De acuerdo al cuadro 15, el aporque se realizó en los tratamientos SL2, SL3 y SL4, pero no se efectuó dicha labor en el SL1, por las frecuentes e intensas precipitaciones, que hicieron imposible realizar esta actividad.

Al respecto García (2016) sostiene que, las principales causas de la compactación son las fuerzas de las ruedas de la maquinaria y los implementos agrícolas, especialmente cuando el suelo está húmedo o saturado, momento en que es más propenso a la deformación.

Los impactos de los animales y de la maquinaria no son idénticos, bajo el pie del animal, de manera localizada, la presión puede ser más fuerte, pero la incidencia sobre las capas profundas parece menos importante y no hay problemas de patinaje en la tracción, particularmente en condiciones húmedas. El animal es muy a menudo menos pesado que la herramienta motorizada comparable (Dangeard 2011).

Según (Patiño 2009), los animales son particularmente efectivos en terrenos con exceso de humedad y son irremplazables en las zonas montañosas.

Cuadro 16. Capacidad de trabajo en la cosecha

Sistema de labranza	Fuente de energía	Implemento de labranza	Labor	Ancho de trabajo (m)	Velocidad (Km/h)	Capacidad de trabajo (ha/h)	N° jornales/hectárea
SL1	T. Motriz (Tractor)	Cavadora	Cosecha	0,60	1,96	0,1178	1,42
SL2	T. Motriz (Motocultor)	Arado combinado	Cosecha	0,40	0,75	0,0298	5,59
SL3	T. Animal (Yunta)	Arado de palo	Cosecha	0,25	2,11	0,0527	3,16
SL4	T. Animal (Yunta)	Arado de palo	Cosecha	0,25	2,35	0,0588	2,83

De acuerdo al cuadro 16, la capacidad de trabajo al momento de la cosecha, en el SL2 (33,56 h/ha) presenta un resultado mayor en cuanto a horas de trabajo, frente a los sistemas SL1 (8,49 h/ha), SL3 (18,97 h/ha) y SL4 (17,01 h/ha), esto significa, que el primer tratamiento mencionado, utiliza una mayor cantidad de horas para poder cosechar una hectárea de papa. Corresponde mencionar que la velocidad del SL2 es menor en relación a los demás tratamientos (0,75 km/h). El análisis de varianza para capacidad de trabajo se encuentra en el Anexo 13.

4.3.2. Incidencia del tiempo invertido en las diferentes labores y sistemas de labranza

En el siguiente cuadro se presenta el tiempo demandado por las labores en los sistemas de labranza.

Cuadro 17. Tiempo invertido en % en diferentes labores y sistemas de labranza

Labor	SL1		SL2		SL3		SL4	
	Capacidad de trabajo (h/ha)	%	Capacidad de trabajo (h/ha)	%	Capacidad de trabajo (h/ha)	%	Capacidad de trabajo(h/ha)	%
Labranza Primaria	4,45	35,03	4,85	9,37	26,47	48,51	4,86	12,32
Labranza Secundaria	1,12		1,16		17,90		1,27	
Siembra	1,84	11,57	11,57	18,06	16,14	17,64	14,17	28,50
Aporque			12,95	20,21	11,98	13,10	12,41	24,97
Cosecha	8,49	53,40	33,56	52,36	18,97	20,75	17,01	34,21
TOTAL	15,90	100,00	64,08	100,00	91,45	100,00	49,72	100,00

De acuerdo al cuadro 17, el mayor tiempo requerido es aquel manifestado por el SL3 (91,45 h/ha), del cual el 48,51 % de tiempo invertido corresponde a las labores de labranza primaria y labranza secundaria que requieren mayor fuerza, debido al menor ancho de trabajo efectivo del arado de palo y a una velocidad reducida de laboreo, producto de la menor fuerza tractiva manifestada por los bueyes, motivo por el cual es muy frecuente que el agricultor opte por utilizar el tractor en estas actividades y las otras labores las realiza con el apoyo de la yunta.

Contraria a esta situación el SL1 presento un menor tiempo de trabajo total de (15,90 h/ha), debido al ancho de implemento en las diferentes labores, acompañado de una velocidad constante y una fuerza mayor de tracción que ejerce la tracción motriz, el mayor tiempo invertido fue en la actividad de cosecha 53,40 %, debido al número de pases que se dio para el cavado de la papa (2) y la maniobrabilidad del tractor en los giros de las cabeceras, por el limitado espacio entre unidades experimentales.

La combinación de fuentes de energía e implementos del SL4 (49,72 h/ha) trae consigo una disminución del 12,32 % en horas de trabajo, en el roturado y rastrado practicas efectuadas con tracción motriz, la cual es considerada pesada (de mayor demanda de energía), respecto del 87,68 % de las actividades (siembra, aporque y cosecha) realizadas con la fuerza de la yunta de bueyes.

Dicha conjunción en el tratamiento SL2 (64,08 h /ha), obtuvo valores altos en el caso de la utilización del Motocultor en la labor de siembra y cosecha, llegando a ocupar un 18,06 % y el 52,36 % respectivamente de las actividades, estos valores altos obtenidos, los cuales no se deben estrictamente al desempeño del Motocultor, sino fundamentalmente a las adaptaciones que se hicieron, mismos que no tuvieron el desempeño esperado, haciendo que el Motocultor trabaje de forma atrasada.

Cabe mencionar que el implemento utilizado para este tratamiento SL2 fue el arado combinado CIFEMA, tanto para la siembra como para el cavado de papa, el cual fue adaptado para el Motocultor.

Por último, se observa que el uso del sistema de labranza SL1 mostró una reducción del 82,61 % en tiempo de trabajo de una hectárea de papa en comparación de SL3,

de 75,19 % respecto de SL2 y 68,02 % con relación a SL4, debido principalmente a una menor cantidad de horas de trabajo que mostró el tratamiento SL1.

4.4. Efecto del uso de cuatro sistemas de labranza sobre algunas propiedades físicas del suelo

Para la determinación del efecto que causan los sistemas de labranza a algunas propiedades físicas del suelo, se realizó el análisis físico de suelos (cuadro 18) y una descripción del comportamiento de las características de humedad del suelo (cuadro 23 y 24), los resultados obtenidos se muestran a continuación.

Cuadro 18. Efecto de cuatro sistemas de labranza sobre algunas propiedades físicas

Sistema de labranza	Prof. (cm)	Textura	Dr. (gr/cc)	Dap. (gr/cc)		Porosidad (%)	
				(1)	(2)	(1)	(2)
SL1	0 - 20	FYA	2,61	1,54	1,42	40,99	46,08
SL2					1,43		45,95
SL3					1,43		45,83
SL4					1,43		45,70
SL1	20 - 40	FYA	2,62	1,51	1,42	42,36	46,67
SL2					1,46		45,11
SL3					1,48		44,36
SL4					1,40		47,24

Fuente: Elaborado en base a datos de análisis físico

Referencia:	Fechas de medición	Clase textural
(1) = Antes de la preparación del suelo	09/05/2013	FYA = Franco arcilloso arenoso
(2) = Antes de la cosecha	01/04/2014	

De acuerdo al cuadro 18 la utilización de sistemas de labranza, influyen sobre las propiedades físicas del suelo. Esta influencia se verifico en la disminución de la densidad aparente luego de la preparación del suelo y el aumento de la porosidad previo a la cosecha. Estos resultados coinciden con Copa (1993) quien indica que, el efecto de los sistemas de tracción animal y mixta disminuyen la densidad aparente y aumenta la porosidad total después de la roturación.

4.4.1. Densidad aparente (gr/cc)

4.4.1.1. Profundidad de 0 – 20 cm

En el cuadro 18, se observa que los mayores cambios de la densidad aparente ocurren en la profundidad de 0 – 20 cm, debido a factores tales como: preparación del suelo, intensidad de operaciones, influencia de la precipitación, contenido de materia orgánica y al contenido de agua que influyen en el cambio de la densidad aparente de los suelos.

Sin embargo, de acuerdo al Análisis de varianza (Cuadro 19), no se encontraron diferencias significativas al momento de realizar la cosecha entre bloques y sistemas de labranza. El coeficiente de variación fue del 4,70 % indicando un manejo experimental adecuado.

Cuadro 19. Análisis de varianza densidad aparente 0 – 20 cm profundidad

Fuentes de variabilidad	GL	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F	P-Valor	Regla de decisión
Bloque	2	0,01	0,0029	0,63	0,5630	NS
Tratamiento	3	0,00017	0,000056	0,01	0,9979	NS
Error	6	0,03	0,0045			
Total	11	0,03				
C.V. = 4,70 %		NS = No significativo			* = Significativo	

El hecho de que no se manifestaran diferencias significativas entre tratamientos por efecto de los sistemas de labranza, se debe prácticamente al corto tiempo transcurrido entre la aplicación de los tratamientos y la medición de las variables.

Diversas investigaciones han demostrado que los efectos de diferentes tipos de labranza sobre las propiedades físicas del suelo no son apreciables en periodos cortos (un ciclo productivo) García, et al. (2018).

Al respecto Ingaramo, et al. 2003 al evaluar densidad aparente entre sistemas de laboreo convencional y labranza cero no encontró valores estadísticos significativos, al cabo de tres años de experiencias. En general se puede afirmar que, para que los diferentes usos del suelo afecten a las propiedades físicas, entre ellas la densidad aparente, de manera evidente deben pasar al menos unos cinco años de laboreos (Pla Sentis, 1994).

4.4.1.2. Profundidad de 20 – 40 cm

De acuerdo al cuadro 18 y al análisis de varianza (cuadro 20), no se hallaron diferencias significativas al momento de realizar la cosecha entre bloques y sistemas de labranza. El coeficiente de variación fue del 6,09 % indicando un manejo experimental adecuado.

Cuadro 20. Análisis de varianza densidad aparente 20 – 40 cm profundidad

Fuentes de variabilidad	GL	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F	P-Valor	Regla de decisión
Bloque	2	0,0025	0,0012	0,16	0,8561	NS
Tratamiento	3	0,01	0,0039	0,51	0,6921	NS
Error	6	0,05	0,01			
Total	11	0,06				
C.V. = 6,09 %		NS = No significativo			* = Significativo	

Los implementos que roturaron el suelo a esta profundidad lograron ligeras mejoras en sus propiedades físicas, este fue el caso de los sistemas de labranza SL1 y SL4 para los cuales se empleó en labranza primaria el arado de disco, que fue el que mostró mayores cambios debido a la profundidad de roturación 33 y 29 cm respectivamente, cuyos valores de densidad aparente al momento de realizar la cosecha fueron de 1,42 y 1,40 gr/cc.

Contrario a ello no ocurrió cambios significativos de densidad aparente en el tratamiento LS3 (yunta), atribuible a la profundidad de roturación del implemento arado de palo, que alcanzó una profundidad de labranza de 13 cm.

Al respecto Terreros, et al. (1989) al probar tres sistemas de labranza en el cultivo de soya indica que, los efectos de la labranza no se alcanzan sentir en la capa de suelo entre 20 - 40 cm, a dicha profundidad las densidades aparentes son uniformes.

4.4.2. Porosidad (%)

4.4.2.1. Profundidad de 0 – 20 cm

La agregación de un suelo está determinada por la porosidad total del mismo. Bretfel citado por Copa (1993), clasifica a los suelos con porosidades totales inferiores a 45 % como muy compactos y con estados estructurales desfavorables para los cultivos.

De acuerdo al Análisis de varianza al momento de realizar la cosecha (cuadro 21), no se encontraron diferencias significativas entre bloques y sistemas de labranza.

Cuadro 21. Análisis de varianza para porosidad (%) de 0 – 20 cm profundidad

Fuentes de variabilidad	GL	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F	P-Valor	Regla de decisión
Bloque	2	8,19	4,10	0,63	0,5634	NS
Tratamiento	3	0,24	0,08	0,01	0,9980	NS
Error	6	38,87	6,48			
Total	11	47,30				
C.V. = 5,55 %						
				NS = No significativo		* = Significativo

Si bien no hubo diferencias significativas entre tratamientos, de acuerdo al cuadro 18 se ve que la utilización de los sistemas de labranza mostró el siguiente comportamiento: SL1 (46,08 %), SL2 (45,95 %), SL3 (45,83 %) y SL4 (45,70 %).

De acuerdo a la anterior clasificación (Bretfeld, citado por Copa 1993) la porosidad alcanzada previo a la cosecha en los sistemas de labranza evaluados, muestra que los suelos quedaron con porosidades por encima del establecido, lo que indica que los suelos quedaron con una mejor estructuración.

López-Santos (2010), al probar el efecto en la labranza con (arado de discos y el multiarado) concluye que, aun cuando no hubo diferencias estadísticas significativas para determinar cuál de los dos sistemas de laboreo tiene menos impacto en el suelo, habría que tomar en cuenta que pequeños cambios en la porosidad edáfica generan alteraciones mucho más grandes para otras funciones del suelo, tales como la aireación y la conductividad hidráulica.

4.4.2.2. Profundidad de 20 – 40 cm

De acuerdo al análisis de varianza (cuadro 22), no se hallaron diferencias significativas al momento de realizar la cosecha entre bloques y sistemas de labranza. El coeficiente de variación fue del 7,21 % indicando un manejo experimental adecuado.

Cuadro 22. Análisis de varianza para porosidad (%) de 20 – 40 cm profundidad

Fuentes de variabilidad	GL	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F	P-Valor	Regla de decisión
Bloque	2	3,65	1,82	0,17	0,8500	NS
Tratamiento	3	16,15	5,38	0,49	0,7001	NS
Error	6	65,50	10,92			
Total	11	85,29				
C.V. = 7,21 %						
			NS = No significativo		* = Significativo	

Según el cuadro 18, los cambios producidos en la porosidad a este nivel de muestreo son menores. El rango de variación fue del 42 a 47 %. Por otro lado, se observa que la labranza profunda (arado de disco) origina un mayor cambio en la porosidad del suelo, debido al descenso de la densidad aparente después de la labranza primaria, esto concuerda con los resultados de densidad aparente obtenidos antes de la preparación del suelo en donde se nota que existe una relación inversa entre dos variables, así cuando existe una menor densidad aparente el porcentaje total de poros es mayor.

4.4.3. Humedad del suelo

A continuación, se presentan los resultados obtenidos en el estudio realizado, con el objeto de determinar el papel que juega los sistemas de labranza en las condiciones de humedad del suelo en el cultivo de papa.

4.4.3.1. Humedad del suelo (antes de la roturación y posterior al roturado)

En el cuadro 23, se presenta el comportamiento de la humedad del suelo correspondiente a seis fechas de evaluación previo a la siembra.

Cuadro 23. Mediciones de Humedad gravimétrica (%) para seis fechas de muestreo (antes del roturado y posterior a ella).

Sistema de labranza	Profundidad	Humedad gravimétrica (%)					
		Antes	Posterior al roturado				
		9/5/13	7/6/13	1/7/13	9/8/13	6/9/13	11/10/13
SL1	0 - 20 cm	6,31	6,49	6,83	7,85	6,18	3,15
SL2		6,31	6,49	6,83	7,85	6,18	3,15
SL3		6,31	6,45	6,28	5,88	5,26	4,33
SL4		6,31	6,49	6,83	7,85	6,18	3,15
SL1	20 - 40 cm	9,30	7,37	10,51	14,65	10,31	16,12
SL2		9,30	7,37	10,51	14,65	10,31	16,12
SL3		9,30	6,83	10,88	12,61	5,50	4,58
SL4		9,30	7,37	10,51	14,65	10,31	16,42

De acuerdo al cuadro 23, la muestra de fecha 9/5/13, antes de la labranza indica mayores contenidos de humedad del suelo a una profundidad de 20 – 40 cm, registrando un valor de (9,30 %) en relación al hallado en los primeros 20 cm (6,31 %). Es decir que la mayor humedad se encuentra a mayor profundidad. Fuentes (1989) indica que, los suelos de textura fina retienen más cantidad de agua que los suelos de textura gruesa.

Las muestras del 7/6/13 a 20 cm de profundidad luego de efectuada la roturación para los tratamientos SL1, SL2 y SL4 (Sistemas en los cuales se empleó el tractor y el arado de disco en labranza primaria) manifestaron un incremento en el contenido de humedad del 0,18 %, respecto del 0,14 % registrado para el tratamiento SL3 (arado de palo y yunta) con relación a la primera lectura, este ascenso manifestado probablemente se debió a la capacidad de retención del suelo luego de efectuada la labranza primaria y a la presencia fluctuante de las precipitaciones; contrario a ello a una profundidad de 20 - 40 cm hubo un decrecimiento en los tratamientos (SL1, SL2 y SL4) y SL3, atribuido al efecto de la preparación del suelo, la cual provocó una disminución de la humedad.

Las muestras del suelo entre el 1/7/13 al 6/9/13 registran una elevación en los contenidos de humedad, tanto en el nivel superior como el inferior, a excepción del SL3 que manifiesta un decrecimiento en el registro a 0 – 20 cm de profundidad, esta

disminución en el contenido de humedad se atribuye, a que los suelos con mayor profundidad efectiva tienden a almacenar mayor cantidad de agua (Gavande 1986).

La muestra obtenida de fecha 6/9/13 que coincide con la labor de labranza secundaria en los tratamientos SL1, SL2 y SL4 (en los cuales se empleó el tractor y la rastra de discos) y SL3 (yunta y arado de palo), registran una disminución en el contenido de humedad en ambos niveles de muestreo y de acuerdo a los datos registrados el SL3 manifiesta un desecamiento progresivo del suelo desde el 07/6/13 y cuyo comportamiento se atribuye a la reducida profundidad de trabajo que se presenta con el arado de palo (13 cm).

En las muestras del 11/10/13 para una profundidad de 20 – 40 cm, se eleva el % de humedad para los tratamientos (SL1, SL2 y SL4), a excepción del SL3 el cual continua manifestando un desecamiento del 4,58 %, dicho decrecimiento del contenido de agua del suelo se extendió desde la capa superior (0 – 20 cm) y cuyo dato registrado a ese nivel fue 4,43 %, superior al valor registrado para los tratamientos SL1, SL2 y SL4 (3,15 %), esto puede deberse a que estos meses se registraron precipitaciones mínimas con respecto al histórico (figura 13), al respecto Bolaños (1989) indica que, la cantidad de agua almacenada en el perfil de suelo bajo labranza de conservación es mayor que bajo labranza convencional especialmente en situaciones de sequía.

4.4.3.2. Humedad del suelo durante el desarrollo del cultivo

El comportamiento de la humedad del suelo durante el tiempo de investigación comprendida entre los meses de noviembre 2013 hasta abril del 2014 se observa en la figura 24.

Cuadro 24. Mediciones de Humedad gravimétrica (%) para seis fechas de muestreo (durante el desarrollo del cultivo).

Sistema de labranza	Profundidad	Humedad gravimétrica (%)					
		7/11/13	13/12/13	14/1/14	7/2/14	7/3/14	5/4/14
SL1	0 - 20 cm	5,58	11,26	8,21	10,79	17,73	4,76
SL2		4,33	13,80	11,89	9,84	14,46	5,11
SL3		5,08	9,92	7,63	9,26	10,11	5,12
SL4		6,99	13,94	8,56	10,93	12,4	6,04
SL1	20 - 40 cm	11,12	15,27	14,10	14,50	13,63	8,80
SL2		13,63	11,68	13,76	12,99	10,24	8,04
SL3		11,76	11,74	12,43	13,69	16,60	6,94
SL4		13,29	13,19	10,92	13,55	16,74	8,41

De acuerdo al cuadro 24, en fecha 7/11/13 a la profundidad de 0 – 20 cm, luego de efectuado la siembra en los diferentes sistemas de labranza, se observa un ligero incremento en el contenido de humedad en los diferentes sistemas, debido a que se regularizan las lluvias y se eleva el contenido de humedad en el suelo.

A una profundidad de 20 - 40 cm, se registran valores inferiores a los registrados en la anterior lectura, probablemente esta situación se deba a la absorción de humedad de la semilla acelerando de esta manera su actividad fisiológica, manifestándose el siguiente comportamiento a este nivel: SL2 (13,63 %), SL4 (13,29 %), SL3 (11,76 %) y SL1 (11,21 %).

Entre el 13/12/13 al 7/3/14, a una profundidad de 0 – 20 cm se puede observar que los sistemas de labranza SL1, SL2 y SL4 roturados a una profundidad de 29 cm registran los mayores contenidos de humedad, respecto del tratamiento SL3 cuya profundidad efectiva fue de 13 cm, registrando el mayor contenido el SL1 en fecha 7/3/14 con (17,73 % de humedad), opuesto a ello el 14/1/14 el tratamiento SL3 registró el menor valor 7,63 %, al respecto Estrada (2004), al evaluar sistemas de labranza de suelos y fertilización en la asociación maíz – frejol, observo que a partir de la siembra fue la labranza convencional la que retuvo más agua en el suelo, esto debido probablemente a la mayor remoción del suelo, ya que como indica Bolaños (1989), el uso de la labranza convencional por lo menos inicialmente, afloja el suelo,

reduciendo la densidad aparente e incrementando el espacio poroso, lo cual incrementa la infiltración del agua.

Finalmente para la lectura del 5/4/14 al realizar el análisis de varianza (Anexos 11 y 12) para ambas profundidades evaluadas, no se encontraron niveles de significancia, dándose por entendido que la humedad no se vio afectada por los sistemas de labranza, registrándose un decrecimiento en el contenido de humedad de ambas capas, respecto a la lectura anterior 7/3/14, esto puede deberse de acuerdo a la figura 13, cuyo registro histórico marca a estos meses (abril, mayo, junio, julio, agosto) considerados como secos ya que las precipitaciones son mínimas y se pierde por evaporación en presencia de los rayos solares, al no existir la cantidad ni el tiempo adecuado para que el agua se infiltre.

4.5. Comportamiento agronómico del cultivo de papa, bajo diferentes sistemas de laboreo

4.5.1. Días a la emergencia

Canqui y Morales (2009) indican que, la emergencia de la papa amarga inicia a los 30 - 35 días después de la siembra, alcanzando el 100% a los 40 - 45 días, corroborando que en nuestra investigación (cuadro 25) más del 50 % de las plantas brotaron a los 41 días después de la siembra, hallándose dentro del rango propuesto por Canqui y Morales (2009).

De acuerdo al cuadro 25, podemos ver que el análisis de varianza muestra que existe diferencia entre bloques y no así entre sistemas de labranza los cuales evidenciaron similitud, probablemente esta lenta emergencia se debió a la escasa precipitación pluvial registrada en los meses de octubre y noviembre, con un coeficiente de variabilidad de 4,37 % lo que nos indica que hubo un manejo adecuado de las unidades experimentales.

Cuadro 25. Análisis de varianza para días a la emergencia

Fuentes de variabilidad	GL	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F	P-Valor	Regla de decisión
Bloque	2	43,17	21,58	6,88	0,0280	*
Tratamiento	3	22,92	7,64	2,43	0,1630	NS
Error	6	18,83	3,14			
Total	11	84,92				
C.V. = 4,37 % NS = No significativo			Media = 41 días * = Significativo			

Esta emergencia a los 41 días después de la siembra según Caero (1995) pudo ser, debido a la profundidad de siembra, humedad del suelo y tamaño de semilla empleada; al respecto Siñani (2013), al probar bioinsumos en variedades nativas de papa para mitigar el efecto de heladas en dos épocas de siembra con labranza tradicional menciona que, la emergencia se retardó 42 días y 45 días respectivamente, debido a la escasa humedad del suelo y el déficit de precipitación, durante esta etapa.

Al respecto Moposita (2011), no encontró significancia en el % de emergencia del cultivo de papa (*solanum tuberosum L.*), obteniendo una media general del 97 % con el uso de sistemas de labranza (convencional y reducida) uso de suelo y fertilización, en la microcuenca del río Illangama, provincia Bolívar, Ecuador.

4.5.2. Días a la floración

Según Reategui et al. (2019) el cual indica que, el desarrollo de la papa en floración se da a los 63 días inicio, 78 plena (50% de flores abiertas), 103 termino respectivamente. Destacando que nuestros datos de días a la floración (cuadro 27 y figura 14) por efecto de los sistemas de labranza obtuvieron los siguientes resultados: SL1 (70 días), SL2 y SL4 con (74 días) y SL3 (79 días), encontrándose dentro el rango reportado por Reategui et al. (2019).

El Análisis de Varianza (cuadro 26), no presento diferencias significativas entre bloques, sin embargo, hubo diferencias estadísticas entre sistemas de labranza. El coeficiente de variación fue del 3,13 % indicando un manejo experimental adecuado.

Cuadro 26. Análisis de varianza para días a la floración

Fuentes de variabilidad	GL	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F	P-Valor	Regla de decisión
Bloque	2	28,66	14,33	2,63	0,1511	NS
Tratamiento	3	113,58	37,86	6,95	0,0222	*
Error	6	32,66	5,44			
Total	11	174,91				

C.V. = 3,13 % **Media = 74 días**
 NS = No significativo * = Significativo

Por lo tanto, para poder determinar la diferencia entre los tratamientos respecto a la variable días a la floración, se realizó la respectiva prueba de Duncan, representando estos datos en el cuadro 27.

Cuadro 27. Prueba Duncan al 5% para días a la floración

Tratamiento	Media (días)	Rango
SL1	70	a
SL4	74	a
SL2	74	a
SL3	79	b

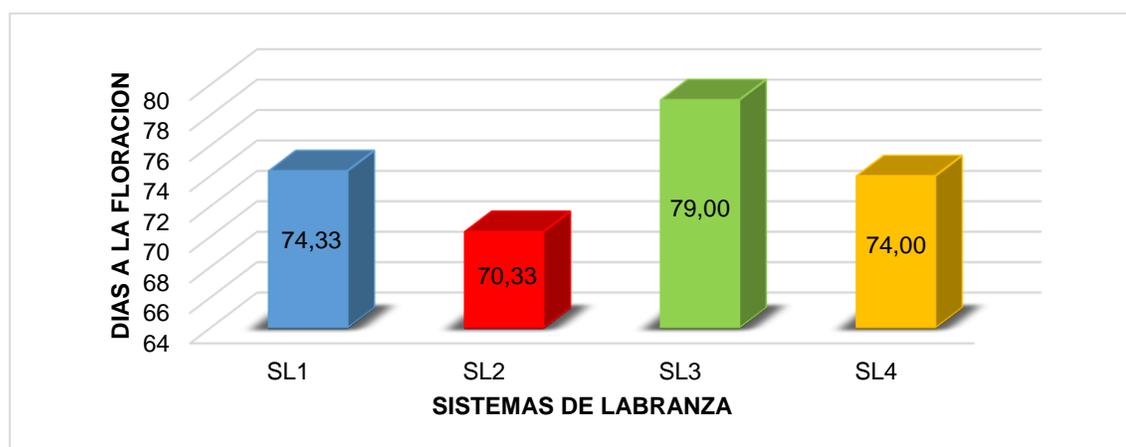


Figura 14. Días a la floración del cultivo de papa por efecto de los sistemas de labranza.

La prueba de Duncan al 5% para los días a la floración (cuadro 27), presenta dos rangos para los sistemas de labranza: en el rango “a” se ubica los sistemas de

labranza SL2 (70 días), SL4 y SL2 (74 días), mientras que en el rango “b” se ubicó el sistema de labranza SL3 con (79 días).

Esta conformación de dos rangos probablemente se deba a que, aquellos sistemas de labranza (SL1, SL2 y SL4) que fueron trabajados en labranza primaria con el arado de disco a una profundidad de (33, 35 y 29 cm respectivamente), lograron una buena preparación del suelo, que permitió una mejor circulación de oxígeno y agua para un óptimo desarrollo; lo mismo no ocurrió con el arado tradicional por la reducida profundidad alcanzada (13 cm).

Al respecto Revilla (1996) al probar el arado mestizo y el arado tradicional los cuales alcanzaron una profundidad de labranza de 14,20 y 12,31 cm respectivamente, indica que este último echa la tierra a ambos lados y no voltea el prisma de tierra, pues su función es la de remover superficialmente el terreno de cultivo, logrando por consiguiente un menor contacto suelo-semilla; lo mismo no ocurre con el arado mestizo con el que se logra mejor granulación y mayor superficie removida con un menor esfuerzo específico, comparando con el arado tradicional. Berlijn (1982) indica que, un cultivo como el de la papa generalmente se siembra a más profundidad y en contacto directo con la capa inferior.

Otro aspecto que pudo influir en los días a la floración según Rudy citado por Torrez (2005), el cual indica que existe una correlación entre los días a la emergencia y los días a la floración, mientras más tarde en emerger más tiempo demorará en alcanzar el 50% de floración y por el contrario si una variedad emerge antes, esto implica que tendrá también una floración temprana.

4.5.3. Cobertura foliar

En el cuadro 28, se presenta el análisis de varianza para la variable cobertura foliar, correspondiente a las seis fechas de evaluación (32,39,46,53,61 y 68 DDS).

Cuadro 28. Cuadrados medios y coeficientes de variación del análisis de varianza correspondiente a la cobertura foliar.

		DÍAS DESPUÉS DE LA SIEMBRA					
		32	39	46	53	61	68
Fuentes de variación	GL	Probabilidad					
Bloque	2	0,43 NS	0,03 *	0,20 NS	0,15 NS	0,28 NS	0,63 NS
Tratamiento	3	0,82 NS	0,81 NS	0,41 NS	0,07 NS	0,07 NS	0,03 *
CV (%)		16,10	11,54	8,82	7,88	11,68	9,87
		NS = No significativo			* = Significativo		

De acuerdo al cuadro 28, el análisis de varianza mostró que la cobertura foliar por efecto del sistema de labranza fue estadísticamente similar en las lecturas: 1°, 2°, 3°, 4° y 5° pero no en la 6° lectura, donde bajo el tratamiento SL1 se tuvo una cobertura foliar ligeramente superior a los tratamientos SL2, SL3 y SL4. A su vez, no se encontraron diferencias significativas entre bloques, a excepción de la lectura 2°. Los coeficientes de variación de las seis fechas de evaluación fueron de 8,82 - 16.10 %, lo cual señala que el grado de dispersión de los datos en función a la media fueron confiables para los análisis estadísticos.

En la figura 15, se presenta la evolución de la cobertura foliar promedio por efecto de los diferentes tratamientos.

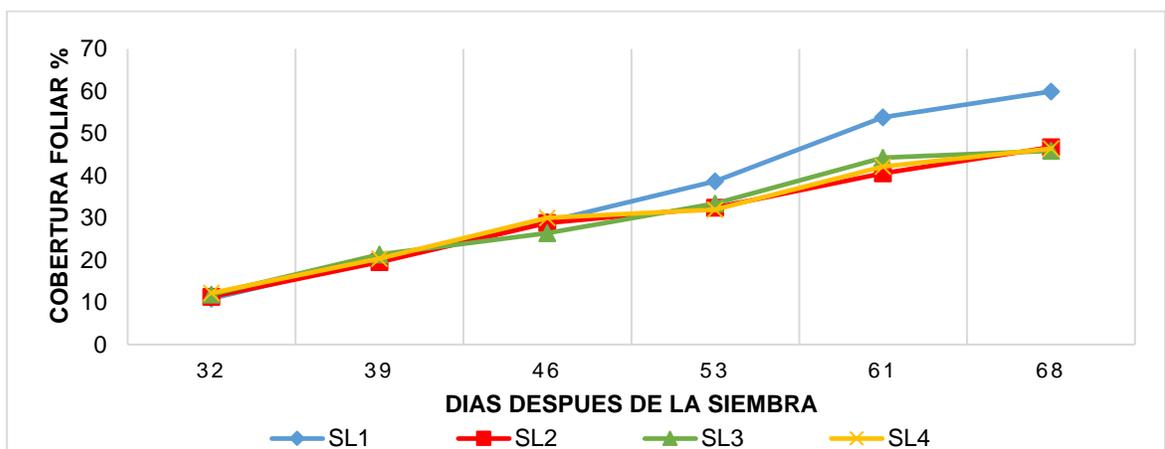


Figura 15. Evolución de la cobertura foliar, bajo diferentes sistemas de labranza

Según la figura 15, aunque los datos estadísticamente no fueron significativos en las lecturas 1°, 2° 3°, 4° y 5°, se observa un mayor porcentaje de cobertura foliar en la lectura 6° por efecto del sistema de labranza SL1 respecto al SL2, SL3 y SL4, esto posiblemente se debe al ancho de surco y profundidad de labranza.

Fernández (1993), al probar el efecto de métodos de labranza sobre las características estructurales del suelo sobre el cultivo de papa, indica que, los tratamientos roturados a 30 cm de profundidad desarrollaron mayores porcentajes de cobertura. Debido a que el sistema radicular tuvo mayor margen de desarrollo.

Muñoz (1984), indica que, por regla general, las variedades criollas requieren de surcos más anchos, por cuanto su follaje y el radio de distribución de los tubérculos alrededor de cada mata son mayores que el de las variedades mejoradas.

4.5.4. Número de tubérculos

Hijmans et al. (2003) señala que, en promedio los tubérculos por planta en condiciones del Altiplano se encuentran entre 16 a 30. Al respecto PROSUKO citado por Canqui y Morales (2009), indica que la cantidad de tubérculos por planta de papa amarga se halla entre los 18 – 20.

Resaltando que en nuestro trabajo (cuadro 29 y figura 16) la cantidad de tubérculos por planta obtenidos por efecto de los sistemas de labranza, fueron los siguientes: SL1 (22,69), SL2 (20,67), SL3 (19,67) y SL4 (22,11), los cuales se encuentran en el rango planteado por Hijmans et al. (2003) y ligeramente por encima de la cantidad propuesta por Canqui y Morales (2009).

El Análisis de Varianza a un nivel de significancia del 5% (cuadro 29), refleja que para la variable número de tubérculos por planta, no existe diferencias significativas para bloques y sistemas de labranza. El coeficiente de variación obtenido fue de 16.78 % lo cual indica que la investigación fue manejada adecuadamente.

Cuadro 29. Análisis de varianza para número de tubérculos por planta

Fuentes de variabilidad	GL	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F	P-valor	Regla de decisión
Bloque	2	86,94	43,47	3,41	0,1027	NS
Tratamiento	3	17,01	5,67	0,44	0,7301	NS
Error	6	76,58	12,76			
Total	11	180,53				

C.V. = 16,78 % **Media = 21 tubérculos**
NS = No significativo ** = Significativo*

En la siguiente figura 16, se presentan la cantidad de tubérculos de papa por planta para cada uno de los tratamientos.

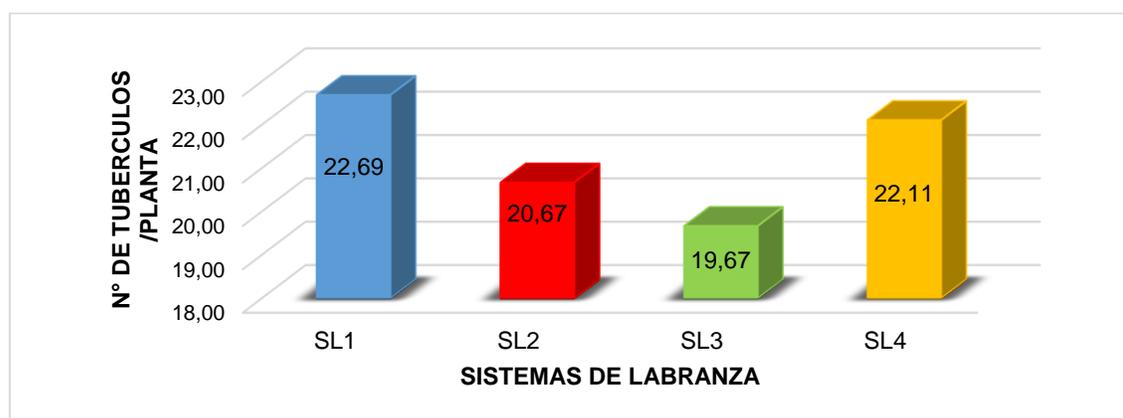


Figura 16. Número de tubérculos por planta del cultivo de papa por efecto de los sistemas de labranza.

Si bien los resultados hallados son estadísticamente iguales entre sí, pero, diferentes numéricamente; esta no significancia en la cantidad de tubérculos por planta de los sistemas de labranza, probablemente se debe a la no realización oportuna del aporque en los tratamientos SL2, SL3 y SL4 y la no ejecución de lo mencionado en el tratamiento SL1, debido a la frecuencia e intensidad de las precipitaciones, mismos que impidieron el desarrollo de la actividad mencionada.

Al respecto Chuquimia (2012), al probar variedades de papa; Sani Blanca, Sani Negra, Waych'a y Ch'iar Imilla bajo efecto de estiércol ovino en diferentes épocas, obtuvo los siguientes promedios de tubérculos por planta (15,68; 14,89; 12,70 y 12,03) respectivamente, e indica que el aspecto que influyó en las variedades de

papa para obtener dicho número tubérculos podría deberse a la no ejecución oportuna de los apoques debido a que la parcela experimental presento suelos anegados por lo saturados de agua, los cuales en días de sol produjeron su encostramiento, mismos que dificultaron el desarrollo de dicha labor cultural, lo cual tuvo como efecto la reducción de las capacidades de las plantas para la formación y desarrollo de los tubérculos.

Quiroga (2008), en su comparación de medias para variedades en tres épocas diferentes de siembra, obtuvo que las variedades Blanca e Imilla Negra obtuvieron los mejores promedios en el número de tubérculos por planta (14 y 12 respectivamente), mientras que las variedades luk'i, Waych'a y Sani Imilla obtuvieron menores cantidades de tubérculos por planta (9, 8 y 8 correspondientemente); como resultado de esta diferencia probablemente se deba a como ha respondido cada variedad a las adaptaciones del clima de la zona. Como también a la eficiencia de las labores culturales que se tuvo en las diferentes épocas, exceptuando la época 3 (noviembre) debido a la presencia de lluvias y que dificulta realizar estas actividades.

4.5.5. Rendimiento

De acuerdo a Canqui y Morales (2009) que señalan que, en promedio el rendimiento de papa amarga en condiciones de pampa se encuentra en 20 t/ha.

Según nuestros resultados (cuadro 30 y figura 17) los rendimientos obtenidos por efecto de los sistemas de labranza, fueron los siguientes: SL1 (23,08), SL2 (21,74), SL3 (20) y SL4 (22,28), los cuales se encuentran ligeramente por encima del planteado por Canqui y Morales (2009).

De acuerdo al Análisis de Varianza (cuadro 30), para determinar el rendimiento del cultivo de papa por efecto de los sistemas de labranza, no se registraron diferencias estadísticas significativas entre bloques y tratamientos.

El coeficiente de variación obtenido fue de 13.88 % lo cual indica que la investigación fue manejada adecuadamente.

Cuadro 30. Análisis de varianza para rendimiento (t/ha)

Fuentes de variabilidad	GL	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F	P-valor	Regla de decisión
Bloque	2	11,20	5,60	0,61	0,5723	NS
Tratamiento	3	15,37	5,12	0,56	0,6599	NS
Error	6	54,78	9,13			
Total	11	81,35				
C.V. = 13,88 % NS = No significativo				Media = 22 t/ha * = Significativo		

En la siguiente figura 17, se presentan los rendimientos de papa, para cada uno de los tratamientos.

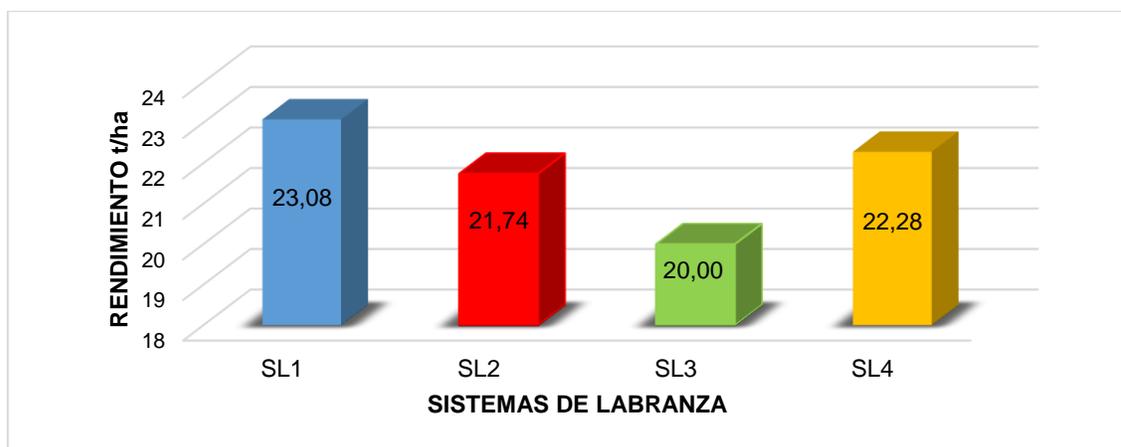


Figura 17. Rendimiento del cultivo de papa por efecto de los sistemas de labranza.

La figura 17 sugiere que, el tratamiento SL3 presentó el rendimiento más bajo (20 t/ha). Por otro lado, la estrategia del SL1 fue el que registró mayor rendimiento (23,08 t/ha). Probablemente el trabajo realizado en labranza primaria a una profundidad de 33 cm haya logrado este incremento, respecto de 13 cm alcanzados por el arado tradicional y la yunta de bueyes.

Según Quispe (2013), al probar el efecto de bioinsumos en el cultivo de papa **Waych'a** en la zona de estudio obtuvo como promedio general 8 t/ha de tubérculo de papa, con el uso de tracción motriz en labranza primaria; por lo tanto, los rendimientos obtenidos en los 4 tratamientos evaluados son de lejos superiores al rendimiento local y nacional (promedio de papa amarga 5,21 t/ha), según datos del INE citado por Canqui y Morales 2009.

Al respecto de la profundidad de labranza Copa (1993), al evaluar el efecto de dos sistemas de tracción en el cultivo de papa indica que, los resultados de rendimiento conseguidos con el sistema de tracción mixta 4 t/ha, fueron superiores al sistema de tracción animal 3,4 t/ha, esta diferencia promedio fue debido a la utilización del arado de vertedera en la labor de roturado el cual alcanzó una profundidad de trabajo de 25 cm, el cual favoreció la germinación y el enraizamiento de la semilla, además de una mayor almacenamiento de agua, lo mismo no sucedió con el sistema de tracción animal (arado de yunta), debido a la baja profundidad de laboreo (11 cm) que mostró este implemento de labranza.

4.6. Presupuesto parcial

Para complementar la investigación se realizó un análisis parcial de costos, el mismo que no se encuentra contemplado dentro de los objetivos de la investigación, por lo que se hizo una estimación de los costos de aplicación de los sistemas de labranza, utilizando para ello la capacidad de trabajo de las diferentes labores y el precio por la realización de esa actividad (Anexo 14, 15), con lo que se pudo efectuar el análisis económico parcial.

En el cuadro 31 se muestra la estructura del análisis de presupuesto parcial del cultivo de papa a través de 4 sistemas de labranza:

Cuadro 31. Análisis de presupuesto parcial de los sistemas de labranza

Labor	SL1		SL2		SL3		SL4	
	Costo (Bs/ha)	%						
Labranza primaria	445,00	27,99	485,00	10,80	661,75	28,94	486,00	28,54
Labranza secundaria	112,00	7,04	116,00	2,58	447,50	19,57	127,00	7,46
Siembra	184,00	11,57	914,03	20,36	403,50	17,65	354,25	20,80
Aporque			323,75	7,21	299,50	13,10	310,25	18,22
Cosecha	849,00	53,40	2651,24	59,05	474,25	20,74	425,25	24,97
TOTAL	1590,00	100,00	4490,02	100,00	2286,50	100,00	1702,75	100,00

En los resultados obtenidos del presupuesto parcial por el uso de diferentes sistemas de labranza en el cultivo de papa, se encontró mayor costo en el tratamiento SL2

(4490,02 Bs/ha), sobre todo en los casos relacionados al uso de Motocultor, los cuales dieron valores altos en las labores de siembra (914,03 Bs/ha) que representa el 20,36 % y la cosecha (2651,24 Bs/ha) que constituye el 59,05 %, lo cual no se debe estrictamente al trabajo de este, sino fundamentalmente a las adaptaciones que se hicieron, las mismas que no tuvieron el desempeño esperado, haciendo que el trabajo con el Motocultor eleve sus costos, debido a que tardó más tiempo en la realización de estas actividades.

En el tratamiento SL3 el cual involucro en la totalidad de las actividades a la Tracción Animal, el mayor costo se realizó en las actividades de labranza primaria con un importe de 661,75 Bs/ha que representa el 28,94 % y labranza secundaria 447,50 Bs/ha que expresa el 19,57 % del presupuesto total que fue de 2286,50 Bs/ha, respecto del 28,54 % de la arada (486,00 Bs/ha) y la rastrada 7,46 % (127,00 Bs/ha) del total de (1702,75 Bs/ha) expresadas por el tratamiento SL4 en el que se utilizó la tracción motriz (Tractor) en estas dos actividades, razón por el cual el agricultor utiliza esta fuente de energía en las labores de preparación de suelos y las otras actividades la realiza con el apoyo de la yunta.

Respecto al sistema de labranza SL1, este expresa un costo total de preparación de 1590,00 Bs/ha, del cual el mayor presupuesto efectuado se da en la actividad de la cosecha llegando a un valor de 849,00 Bs/ha que representa el 53,40 % del costo total, esta elevación del costo se da debido al número de pases (2) que se efectúa con la cavadora de papa.

Para terminar, se observa que el uso del sistema de labranza SL1 mostró un ahorro del 64,59 % (2900,02 Bs/ha) en el presupuesto de las labores en comparación de SL2, de 30,46 % (696,50 Bs/ha) respecto de SL3 y 6,62 % (112,75 Bs/ha) con relación a SL4, debido principalmente a una menor cantidad horas de trabajo que mostró el tratamiento SL1.

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

En base al estudio efectuado sobre: Descripción de sistemas de labranza en el cultivo de papa, en la Comunidad de Choquenaira, Municipio de Viacha, se llegaron a las siguientes conclusiones:

- En la determinación del tiempo de trabajo de los cuatro sistemas de labranza, se pudo establecer que la combinación de fuentes de energía, implementos y equipos en las diferentes actividades del cultivo de papa, manifestaron diferencias significativas; el sistema de labranza SL1 mostró una reducción de 75,55 h/ha en comparación de SL3, de 48,18 h/ha respecto de SL2 y 33,82 h/ha con relación a SL4, debido principalmente a la menor cantidad de horas de trabajo que mostró el sistema de labranza SL1 al efectuar las diferentes labores; estas variaciones se hicieron notorias sobre todo en aquellas operaciones de alta demanda de energía como ser la labranza primaria, debido al ancho de trabajo, velocidad, número de pases y fuerza de tracción.
- A través del estudio se muestra que el mayor tiempo requerido es aquel manifestado por el SL3 (91,45 h/ha), del cual el 48,51 % (de tiempo invertido corresponde a las labores de labranza primaria y labranza secundaria, respecto del 12,32 % del total (49,72 h/ha) expresadas en las mismas actividades por el tratamiento SL4, motivo por el cual es muy frecuente que el agricultor opte por utilizar el tractor en estas actividades y las otras labores las realiza con el apoyo de la yunta.
- Se observa que el uso del sistema de labranza SL1 mostró una reducción del tiempo de trabajo del 82,61 % en comparación de (SL3), de 75,19 % respecto de (SL2) y 68,02 % con relación a (SL4), debido principalmente a una menor cantidad de horas de trabajo que mostró el tratamiento SL1, al efectuar las distintas labores en el cultivo de papa.
- La utilización del arado de disco en los tratamientos SL1, SL2 y SL4 después de la labor de roturación mostró mayor efecto en las propiedades físicas del suelo

(densidad aparente y porosidad), debido a la profundidad de trabajo 33, 35 y 29 cm respectivamente, ocasionando una mayor disgregación del suelo; resultados superiores a lo expresado en el tratamiento SL3, roturado a una profundidad reducida de 13 cm.

- Se observó que, en el comportamiento de la humedad, los mayores contenidos de agua disponible se dan en los tratamientos cuyos sistemas de labranza tuvieron relación con la profundidad de roturación del arado de disco SL1 (33 cm), SL2 (35 cm) y SL4 (29 cm), respecto del tratamiento SL3 cuya labor con el arado de palo (13 cm) solo remueve el prisma del suelo, mejorando de esta manera la permeabilidad del suelo.
- Los sistemas de labranza no influyeron en las variables del cultivo: días a la emergencia, cobertura foliar, número de tubérculos y rendimiento; en el presente estudio se demostró que estadísticamente dichas variables no presentaron diferencias significativas en ninguno de los tratamientos, exceptuando la variable días a la floración, la cual presentó diferencias significativas, logrando alcanzar el tratamiento SL3 el rango de días a la floración unos días después de los sistemas de labranza SL1, SL2 y SL4; estas diferencias se atribuyen a la profundidad de labranza y una óptima preparación de suelo.
- Aunque no se encontraron diferencias estadísticas significativas en el rendimiento del cultivo de papa, el tratamiento SL1 mostró un incremento de rendimiento del 13,34 % (3,08 t/ha) en relación al SL3, de 5,80 % (1,34 t/ha) respecto de SL2 y 3,46 % (0,80 t/ha) en comparación del SL4.
- El presupuesto parcial indica que el uso del sistema de labranza SL1 mostró un ahorro del 64,59 % (2900,02 Bs/ha) en el presupuesto de las labores en comparación de SL2, de 30,46 % (696,50 Bs/ha) respecto de SL3 y 6,62 % (112,75 Bs/ha) con relación a SL4, debido principalmente a una menor cantidad de horas de trabajo que mostró el tratamiento SL1.
- Los sistemas de labranza y su combinación son importantes, ya que influyeron en el tiempo de trabajo y también en los resultados en la producción.

5.2. Recomendaciones

De acuerdo a los resultados obtenidos se puede hacer las siguientes recomendaciones:

- Pese a haber tenido diferencias significativas, respecto al uso y combinación de fuentes de energía, equipos e implementos, se sugiere seguir realizando estudios sobre el tema, principalmente la parte económica.
- Para la preparación de suelos se aconseja considerar diferentes aspectos como ser: humedad del suelo, contenido de materia orgánica, consistencia del suelo y profundidad de roturación.
- Se sugiere para la variable rendimiento y numero de tubérculos por planta clasificar las papas por categorías (peso y tamaño).
- Se recomienda para fines de estudio tomar otras variables de respuesta como ser incidencia de enfermedades, presencia de plantas arvenses.
- Repetir este ensayo por varios años utilizando los mismos tratamientos y en otros suelos para comparar la información colectada y poder obtener los resultados definitivos.

6. BIBLIOGRAFÍA

Álvarez Cardona, A. 2004. Administración de Maquinaria Agrícola: información técnica básica (en línea). 1 ed. Bogotá, Colombia, UNIBIBLOS. p. 42-48. Consultado 21 octubre 2019. Disponible en http://bdigital.unal.edu.co/10265/7/8230748.2004_1.pdf

Alvarado Chaves, AE. 2004. Maquinaria y Mecanización Agrícola: Preparación de suelos (en línea). 1 ed. San José, Costa Rica, EUNED. p. 284-342. Consultado 10 septiembre 2019. Disponible en <https://books.google.com>

Amézquita, E. 1998. Propiedades físicas de los suelos de los llanos Orientales y sus requerimientos de labranza (en línea). Consultado 10 septiembre 2019. Disponible en: [file:///C:/Users/usuario/Downloads/692-Texto-692-1-10-20120719%20\(2\).pdf](file:///C:/Users/usuario/Downloads/692-Texto-692-1-10-20120719%20(2).pdf)

Andrade, C. 1997. Comparación técnica en labranza del suelo de arados simétricos con el arado ecológico en la zona de la Puna. Tesis de Ing. Agr. Ciudad de Cochabamba, Bolivia, UMSS. 42 p.

Angulo Vallejo, EP; Cujilema, RJ. 2013. Diseño, construcción e implementación de un remolque con volteo y un arador de discos al prototipo de un tractor agrícola monoplaza a diésel (en línea). Tesis Ing. Automotriz. Ecuador, Escuela politécnica del ejercito extensión Latacunga. p. 3 – 22. Consultado 18 septiembre 2020. Disponible en <http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/6798>

Ávila, IC; Guzmán, MP. 2018. Adecuación y preparación de suelos (en línea). Bogotá, Colombia, Fondo Nacional del Arroz. 27 p. Consultado 21 octubre 2019. Disponible en http://www.fedearroz.com.co/docs/cartilla_suelos.pdf

Berlijn, JD. 1982. Preparación de tierras agrícolas. D. F., México, Trillas. 48 p.

Betch, G. 1974. Systems theory: the key to holism and reductionism. Bioscience 24(10):569-574.

Bolaños, J. 1989. Suelos en relación a labranza de conservación: Aspectos físicos (en línea). *In* Bareto, H; Raab, R; Tasistro, A. Violic, A (eds.). Seminario Labranza de conservación en Maíz (11, 1989, El Batán, México, IICA-BID-PROCIANDINO). p. 19 - 42. Consultado 10 de enero 2021. Disponible en <https://books.google.com>

Brady, NC. 1974. Nature and Properties of Soils. 8th. ed. New York, McMillan. 639 p.

Cabrera Hoyos, H; Escobal Valencia F. 2002. Cultivo de papa en la región de Cajamarca: Labores culturales. Lima, Perú, INIA. p. 49 – 54. Consultado 15 de octubre 2020. Disponible en http://repositorio.inia.gob.pe/bitstream/inia/930/1/Cabrera-Cultivo_papa_%20Cajamarca.pdf

Calderón, R; Franco, J; Crespo, L; Lino, V; Figueroa, I. 2004. Principales plagas del cultivo de papa en Bolivia. Cochabamba, Bolivia, PROINPA. 36 p.

Camacho Piedra, JC. 2002. La administración en la empresa rural (en línea). 1 ed. San José, Costa Rica, EUNED. p. 161. Consultado 10 de octubre 2019. Disponible en <https://books.google.com>

Camacho-Tamayo, JH; Rodríguez, GA. 2006. Evaluación de implementos de labranza a diferentes velocidades de operación y contenidos de agua del suelo (en línea). Agricultura Técnica 67(1): 60 – 67. Consultado 17 de enero 2020. Disponible en <http://www.bioline.org.br/pdf?at07007>

Canqui, F; Morales, E. 2009. Conocimiento Local en el Cultivo de la Papa: el cultivo de la papa en la Región del Altiplano Norte (en línea). Cochabamba, Bolivia, PROINPA. p. 28. Consultado 15 Septiembre 2019. Disponible en <https://www.proinpa.org/tic/pdf/Papa/Varios%20Papa/pdf20.pdf>

Castellanos, M; RELATA. 2012. Manual de preparación de suelos con tracción animal: labranza con implementos de tracción animal (en línea). Honduras, Escuela Agrícola Panamericana; Carrera de Ciencia y Producción Agropecuaria El Zamorano. p. 83. Consultado 10 de octubre 2019. Disponible en https://www.academia.edu/36428428/MANUAL_DE_PREPARACION_DE_SUELOS_CON_TRACCION_ANIMAL

CEDAF (Centro para el desarrollo agropecuario y forestal). 1998. Cultivo de Maíz: Practicas de manejo agronómico (en línea). 1 ed. Santo Domingo, República Dominicana. 11 p. Guía técnica N.º 1998-33. Consultado 17 de enero 2020. Disponible en <https://www.cedaf.org.do/publicaciones/guias/download/maiz.pdf>

Céspedes, E. 1981. Estudio de diversos yugos y arneses como elementos para mejorar la tracción de los bovinos. Tesis de Ing. Agr. Ciudad de Cochabamba, Bolivia, UMSS. 147 p.

Chirgwin, JC. 1995. Technical visit to Hohenheim University, Stuttgart, Germany. Rome, Italy,

Chuquimia Paucara, YC. 2012. Evaluación de cuatro variedades de papa (*Solanum tuberosum* sp.), bajo los efectos de estiércol de ovino en diferentes épocas de siembra, en el Municipio de Acoraimes. Departamento de La Paz. Tesis de Ing. Agr. Ciudad de La Paz, Bolivia, UMSA. 122p.

Constitución Política del Estado Plurinacional de Bolivia. Art. 103. Bolivia. 7 feb. 2009.

Copa Vargas, JE. 1993. Comparación de dos Sistemas de Tracción Agrícola utilizados en el Altiplano Central (Provincia Pacajes) Para la Producción de Papa. Tesis de Ing. Agr. Ciudad de La Paz, Bolivia, UMSA. 78 p.

Cossío, JC. 1990. Efecto de diferentes sistemas de preparación sobre la conservación de suelos en terrenos con pendiente. Tesis de Ing. Agr. Ciudad de Cochabamba, Bolivia, UMSS. 81 p.

Cruz Camacho, J. 1999. Diseño, construcción y evaluación de un implemento múltiple para el cultivo de papa. Tesis de Ing. Agr. Ciudad de Cochabamba, Bolivia, UMSS. 71 p.

Dangeard, B. 6 agosto. 2012. La apuesta por la tracción animal (en línea, blog). Consultado 13 febrero 2020. ABRIOS Tracción Animal. Disponible en <http://abriostraccionanimal.blogspot.com/2012/08/apuesta-por-la-traccionanimal.htm>

Dávila Cárdenas, RE. 2005. Administración y planificación de la maquinaria agrícola: capacidad de trabajo de trabajo de máquinas agrícolas (en línea). Caracas, Venezuela, UCV: consejo de desarrollo científico y humanístico. p. 11-20. Consultado 15 Septiembre 2019. Disponible en <https://books.google.com>

De Simone, M; Draghi, L; Hilbert, J; Jorajuria Collazo, D. 2006. El tractor agrícola – fundamentos para la selección y uso. INTA. 256 p.

Donaire, JC. 2014. Mecanización Agrícola 1: sistemas de labranza y los efectos ecológicos de la mecanización agrícola (en línea, blog). Honduras, Universidad Nacional Autónoma de Honduras. Consultado 13 febrero 2020. Disponible en <https://es.slideshare.net/momitoaq/generalidades-sobre-mecanizacion-agricola>

Doorenbos, J; Kassam AH. 1979. Efecto del agua sobre el rendimiento de los cultivos. Boletín Estudios de riego y drenaje. Roma, Italia, FAO. N.º 1979-33. 193 p.

Egúsquiza, R. 2013. Producción de papa en la sierra. 1ed. Guía técnica. Lima, Perú, OAEPS-UNALM. 28 p.

Estrada Aguayo, VS. 2004. Evaluación de sistemas de labranza de suelos y fertilización en la asociación Maíz-Frejol (en línea). Quito, Ecuador, Universidad Central del Ecuador. 176 p. Consultado 18 septiembre 2019. Disponible en <https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/212/1/iniapsctE82e.pdf>

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, Italia). 1977. Guía para la descripción de perfiles de suelo. 2 ed. Roma, Italia. 70 p.

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, Italia). 1991. La ingeniería agrícola en el desarrollo: la selección de insumos de mecanización. Boletín de servicios de la FAO. Roma, Italia. N.º 1991-84. p. 1 - 6.

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, Italia). 1992. Manual de sistemas de labranza para América Latina. Boletín de suelos de la FAO. Roma, Italia. N.º 1992-66. p. 1-28.

Fernández Villcarana, G. 1993. Efecto de métodos de labranza sobre las características estructurales del suelo y el cultivo de papa (*Solanum tuberosum* ssp. andigena). Tesis Ing. Agr. Ciudad de Cochabamba, Bolivia, UMSS. 114 p.

Figuroa, SB; Morales FF. 1994. Manual de producción de cultivos con labranza de conservación. Chapingo, México, SARH y Escuela de Postgrado. 273 p.

Frank, RG. 1977. Costos y administración de maquinaria agrícola. 1 ed. Buenos Aires, Argentina, hemisferio sur. p. 8 - 9.

Fuentes, JL. 1989. El suelo y los fertilizantes. Madrid, España, MUNDI-PRENSA. p. 187- 189.

García, A; Figueiredo, T; Almeida, A; Paz, A; Dafonte, J; Rodríguez, J; Nunes, J; Bandeira, D. 2016. Efectos comparados de modalidades de laboreo utilizando tracción animal en las propiedades físicas del suelo: resultados preliminares del ensayo experimental (en línea). Congresso Ibérico das Ciências do Solo (7), Congresso Nacional de Rega e Drenagem (6, 2016, Beja, Portugal). Beja, Portugal, Instituto Politécnico de Beja. 4 p. Consultado 17 de enero 2021. Disponible en file:///C:/Users/Pedro/Downloads/AitorTomillo_etalResumocics2016.pdf

García, DY; Cárdenas, JF; Silva A. 2018. evaluación de sistemas de labranza sobre propiedades físico-químicas y microbiológicas en un inceptisol (en línea). Revista de

Ciencias Agrícolas 34(1):16-25. Consultado 17 de enero 2021. Disponible en <http://www.scielo.org.co/pdf/rcia/v35n1/0120-0135-rcia-35-01-00016.pdf>.

Gastal, E. 1977. Sistemas de producción. En sistemas de producción agrícola. Mesa redonda del consejo técnico consultivo. XVII reunión. Santo Domingo, República Dominicana, ICCA. 10 p. Documento de trabajo.

Gastal, E. 1980. Enfoque de sistemas na programacao da pesquisa agropecuaria (en línea). Rio de Janeiro, Brasil, IICA. 207 p. Consultado 10 septiembre 2019. Disponible en <https://books.google.com>

Gavande, S. 1986. Física de suelos: principios y aplicaciones. D.F., Mexico, Limusa. p. 18.

Gil Gonzales, F. 1995. Energía y mecanización en la agricultura. Caracas, Venezuela, ANAUCO. 395 p.

Guerra, O. 4 de julio 2014. Historia de la Maquinaria agrícola (en línea, blog). Consultado 13 febrero 2020. Club ensayos. Disponible en <https://www.clubensayos.com/Temas-Variados/Maquinaria-Agricola/1856282.html>

Hart, RD. 1985. Conceptos básicos sobre Agroecosistemas. Sistemas (en línea). Turrialba, Costa Rica, CATIE. p. 9 – 17. Consultado 10 septiembre 2019. Disponible en <https://books.google.com>

Hijmans, RJ; Condori, B; Carrillo, R; Kropff, MJ. 2003. Método cuantitativo para evaluar el impacto potencial de tecnología nueva agrícola: el caso de escarcha papa resistente por el Altiplano (Perú y Bolivia). p. 895 - 911.

Hunt, D.1988. Manual de Maquinaria Agrícola. 2 ed. D.F., México, Limusa. p. 11 - 15.

Hunt, D.1991. Maquinaria Agrícola: Rendimiento económico. 7 ed. D.F., México, Limusa. p. 9 - 37.

IDAE (Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía). 2006. Ahorro, Eficiencia Energética y Sistemas de Laboreo Agrícola: Factores previos a considerar en el laboreo que inciden en el consumo de gasóleo (en línea). 2 ed. Madrid, España. p. 9 - 11. Consultado 17 de enero 2020. Disponible en https://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_Ahorro_eficiencia_energetica_y_Sistemas_de_Laboreo_Agricola_cbd75f75.pdf

Ingaramo, O; Paz, A; Dugo, M. 2003. Evaluación de la densidad aparente en diferentes sistemas de laboreos de suelo, en el NO de la Península Ibérica (en línea). Corrientes, Argentina, UNNE. 4 p. Consultado 10 de octubre 2020. Disponible en <https://www.researchgate.net/publication/315830835>

Inostroza J; Méndez P; Espinoza N; Acuña I; Navarro P; Cisternas E; Larraín P. 2017. Manual del cultivo de la papa en Chile (en línea). Boletín INIA. Santiago, Chile. N.º 2017-10. p. 47. Consultado 24 de octubre del 2019. Disponible en <http://www.inia.cl/wpcontent/uploads/ManualesdeProduccion/10%20Manual%20Papa.pdf>

Lesur, L. 2012. Manual de maquinaria agrícola y labranza de la tierra: una guía paso a paso (en línea). 1 ed. D.F., México, Trillas. 56 p. Consultado 10 octubre 2019. Disponible en http://www.academia.edu/38254050/MANUAL_DE_MAQUINARIA_AGRICOLA_Y_LABRANZA_DE_LA_TIERRA_1_

Ley de Revolución Productiva n.º 144. Art. 16. Gaceta oficial del estado. Bolivia. 26 jun. 2011.

López-Santos, A; Gonzáles-Cervantes, G; Cadena-Zapata, M; Gonzáles-Barrios, JL. 2011. Efecto de la labranza sobre la porosidad de un suelo arcilloso de pastizal estimada mediante análisis de imagen (en línea). Revista Chapingo (17):33-43. Consultado 17 de enero 2020. Disponible en http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-40182011000500005

Meier, H. 1993. Mecanización agrícola. 1 ed. Lima, Perú, Proyecto Herrandina Cooperación técnica del gobierno suizo. p. 391 – 409.

Moposita Tandapilco, DA. 2011. Evaluación de sistemas de labranza, uso de suelo y fertilización en el cultivo de papa (*solanum tuberosum* L.) en la microcuenca del río Illangama, Provincia Bolívar (en línea). Tesis Ing. Agr. Guaranda, Ecuador, Universidad Estatal de Bolívar. p. 54 - 65. Consultado 18 septiembre 2020. Disponible en <http://vtechworks.lib.vt.edu/handle10919/70041>

Muñoz, F; Cruz L. 1984. Manual del cultivo de papa (en línea). Quito, Ecuador, INIAP. 42 p. Consultado 15 septiembre 2019. Disponible en <https://repositorio.iniap.gob.ec/jspui/bitstream/41000/807/4/iniapscm5.pdf>

Navarro Bravo, A; Figueroa Sandoval, B; Ordaz Chaparro, VC; Gonzáles Cossío, FV. 2002. Efecto de la labranza sobre la estructura del suelo, la germinación y el desarrollo del maíz y frijol (en línea). Terra Latinoamericana 1(18):61 - 69.

Consultado 17 de enero 2020. Disponible en <https://www.redalyc.org/pdf/573/57318107.pdf>

Ochoa, R. 2009. Diseños Experimentales. La Paz, Bolivia. Facultad de Agronomía. UMSA. 297 p.

Orozco, MR; Zapata, JL; Espitia, E; Valbuena, I; Cerón, M; Moreno, JD; Murcia, G; Mateus, J; Herrera, CA; Martínez, E; Pérez, O; Barreto Triana, N; Álzate Maldonado, G; Cely Pardo, L; Hío, JC; Sánchez León, GD. 2013. Recomendaciones para el manejo del cultivo de la papa en el Altiplano Cundiboyacense: Cosecha y postcosecha (en línea). 1 ed. Bogotá, Colombia, CORPOICA. p. 152 – 153. Consultado 20 de octubre 2019. Disponible en https://books.google.com.bo/books/about/Recomendacionespara_el_manejo_del_culti.html?id=8BN7tAEACAAJ&redir_esc=y

Ortiz – Cañavate, J. 2003. Las Máquinas Agrícolas y su aplicación. 6 ed. Madrid, España, Mundi-Prensa. p. 47 – 55.

Patiño López, AM. 2009. Preparación de suelos: La labranza del suelo (en línea). 1 ed. Bogotá, Colombia, UNIMINUTO. Consultado 15 septiembre 2019. Disponible en <https://es.slideshare.net/johsep1/libro-siembra-y-mantenimiento-del-cultivo-del-arroz>

Polanco Puerta, MF. 2007. Maquinaria y mecanización agrícola (en línea). Bogotá, Colombia, UNAD. p. 19 – 31. Consultado 20 de octubre 2019. Disponible en <https://fddocuments.es/document/201619-maquinaria-y-mecanizaci-n-agr-cola.html>

PROINPA (Programa de investigación de la papa). 1998. Informe Compendio del Programa de Investigación de la Papa. Cochabamba, Bolivia. 62 p.

PROSUKO (Programa de Suka Kollus). 1996. Caracterización de sistemas de producción familiar en áreas priorizadas por PROSUKO. IC/COSUDE.

Pumisacho, M; Sherwood, S. 2002. El cultivo de la papa en Ecuador: Manejo agronómico. 1 ed. Quito, Ecuador, INIAP. p. 51 – 54.

Quicaño Suarez, F. 2018. Labranza de suelos y niveles de fertilización nitrogenada en el rendimiento del cultivo de trigo, Pampa del arco – Ayacucho, Perú (en línea). Tesis M. Sc. Agr. Ciudad Lima, Perú, UNALM. p. 3 – 24. Consultado 19 de enero 2021. Disponible <http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/3157/F01-Q83-Tpdf.?sequence=&isAllowed=y>

Quiroga Aguilar, JG. 2008. Efecto de tres épocas de siembra y uso de variedades de papas como opciones de adaptación al cambio climático en la Comunidad de Viluyo, Provincia Manco Kapac, Departamento de La Paz. Tesis de Ing. Agr. Ciudad de La Paz, Bolivia, UMSA. p. 44 – 82.

Quispe Carbajal, M. 2013. Efecto de bioinsumos agrícolas en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum*) y en las propiedades del suelo en la estación experimental de Quipaquipani, Provincia Ingavi - La Paz. Tesis de Ing. Agr. Ciudad de La Paz, Bolivia, UMSA. 90 p.

Ramos Veintimilla, MR. 2002. Evaluación de la producción de tubérculo – semilla de papa (*Solanum tuberosum*), bajo tres sistemas de labranza del suelo. Tesis Ing. Agr. Cuenca, Ecuador, Universidad de Cuenca. p. 42 – 93. Consultado 15 septiembre 2020. Disponible en <https://books.google.com>

Reategui, K; Aguirre, N; Oliva, R; Aguirre, E. 2019. Fenología y rendimiento de cuatro variedades de papa en el Altiplano peruano (en línea). Scientia Agropecuaria 10(2): 265 - 274. Consultado 10 de enero 2021. Disponible en <http://revistas.unitru.edu.pe/index.php/scientiaagrop>

Revilla Santa Cruz, L. 1996. El arado mestizo y el CESA. *In* Herve, D; Condori, D; Orsag, V (eds.). Las labranzas en perspectiva Andes Centrales. La Paz, Bolivia, ORSTOM. p. 18 – 29.

Rojas Tarqui, BG. 2016. Sistemas de cosecha en cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.) en el CIP Illpa – Puno. Tesis Ing. Agr. Puno, Perú, UNA. Consultado 20 de octubre 2019. Disponible en <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/3794>

Rodríguez, RM. 1985. Preparación del suelo y labores en el cultivo de papa (en línea). Pasto, Colombia, Instituto Colombiano Agropecuario. 13 p. Consultado 10 octubre 2019. Disponible en https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/33188/3125_1.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Rucks, L; García, F; Kaplán, A; Ponce de León, J; Hill, M. 2004. Propiedades físicas del suelo (en línea). Montevideo, Uruguay, Universidad de la Republica. 68 p. Consultado 10 octubre 2019. Disponible en <http://bibliofagro.pbworks.com/f/propiedades+fisicas+del+suelo.pdf>.

SENAMHI (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología). 2016. Información agroclimática de la localidad Viacha, Provincia Ingavi. La Paz, Bolivia.

Sims, BG. 1988. Mecanización para el pequeño agricultor. D.F., Mexico, Secretaría de agricultura y recursos hidráulicos. 65 p.

Siñani Yujra, TE. 2013. Efecto de bioinsumos en la respuesta agronómica de variedades nativas de papa (*Solanum sp.*) para mitigar el efecto de las heladas en el altiplano norte. Tesis de Ing. Agr. Ciudad de La Paz, Bolivia, UMSA. p. 31 – 63.

SENA (Servicio nacional de aprendizaje). 1984. Preparación de suelos (en línea). Colombia, Buga-SENA. Consultado 17 de enero 2020. Disponible en <https://www.bibliotecadigitaldebogota.gov.co/resources/2080147/>

Suárez, J; Ríos, A; Sotto, P. 2005. El tractor y la tracción animal (en línea). Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias 15(2):40-43. Consultado 17 de enero 2020. Disponible en <https://www.redalyc.org/pdf/932/93214207.pdf>

Tapia, N; Saravia, G. 1997. Biodiversidad en papas amargas: investigación participativa en papas amargas. Serie técnica (36): 25 - 36.

Terán Céspedes, R. 1990. Primer panel de discusión sobre la estrategia de energía rural en Bolivia. La Paz, Bolivia. 21 p.

Terreros, G; Gonzales, W; Rojas, H. 1987. Producción de soya (*Glycine max L.*) bajo tres sistemas de labranza (en línea). Acta Agronómica 37(2): 47 - 58. Consultado 19 de enero 2021. Disponible http://revistas.unal.edu.co/index.php/acta_agronomica/article/view/15630/16390

Toledo Choque, AM. 2005. Efecto de la labranza sobre la producción, población de insectos y malezas en el cultivo de papa (*solanum tuberosum spp. andigena*), Altiplano Central. Tesis de Ing. Agr. Ciudad de La Paz, Bolivia, UMSA. 104 p.

Torres, S. 2005. Épocas de siembra y variedades de papas nativas (*Solanum tuberosum subsp. andigenum* y *S. juzepczukii*) como alternativa de adaptación al cambio climático en la Provincia Manco Kapac. Tesis de Ing. Agr. Ciudad de La Paz, Bolivia, UMSA. 75 p.

Unger, PW. 1988. Sistemas de labranza para la conservación del suelo y del agua. Boletín de suelos. Roma, Italia, FAO. N.º 1988-54. 288 p.

Zambrana, L. 1990. Curso de producción de tubérculos, semilla de papa. Boletín del centro de investigación, formación y extensión en mecanización agrícola. Cochabamba, Bolivia. p. 1 – 15.

7. ANEXOS

Anexo 1. Muestreo de suelos



- a) Recolección de muestra
- b) Cuarteo de muestra
- c) Preparado para su análisis en laboratorio

Anexo 2. Evaluación del perfil del suelo antes de la siembra (Calicata)



- a) Trazado de la calicata
- b) Cavado
- c) Determinación del perfil del suelo

Anexo 3. Muestreo de la humedad del suelo



- a) Excavación
- b) Medición de la profundidad para la toma de la muestra
- c) Recolección y embolsado de muestra

Anexo 4. Preparación del terreno



- a) En apronte
- b) Concluyendo el roturado con el tractor
- c) Suelo arado con el tractor

Anexo 5. Labranza secundaria



- a) Rayada
- b) Cruzada
- c) Suelo labrado con la yunta

Anexo 6. Desinfección de semilla



- a) Color de la semilla sin desinfección
- b) Semilla desinfectada
- c) Semilla acondicionada para la siembra

Anexo 7. Siembra



- a) Siembra con yunta
- b) Siembra con tractor
- c) Siembra con motocultor

Anexo 8. Control de plagas y enfermedades



- a) Parcela de investigación
- b) Vista ampliada
- c) Vista específica de aplicación

Anexo 9. Aporque



- a) Vista lateral de la labor
- b) Vista frontal
- c) Resultado de la actividad

Anexo 10. Cosecha



- a) Realizando la apertura de surco con yunta; el recojo con la ayuda de la chonta
- b) Recolectando y rebuscando los tubérculos
- c) Abriendo el surco para recolectar la papa

Anexo 11. Análisis de varianza humedad (0 - 20 cm)

Fuentes de variabilidad	GL	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F	P-Valor	Regla de decisión
Bloque	2	3,21	1,60	1,38	0,3203	NS
Tratamiento	3	2,70	0,90	0,78	0,5479	NS
Error	6	6,95	1,16			
Total	11	12,86				
C.V. = 20,46 % NS = No significativo * = Significativo						

Anexo 12. Análisis de varianza humedad (20 - 40 cm)

Fuentes de variabilidad	GL	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F	P-Valor	Regla de decisión
Bloque	2	5,19	2,59	4,06	0,0766	NS
Tratamiento	3	3,77	1,26	1,97	0,2202	NS
Error	6	3,83	0,64			
Total	11	12,79				
C.V. = 21,24 % NS = No significativo * = Significativo						

Anexo 13. Análisis de varianza para capacidad de trabajo

Fuentes de variabilidad	GL	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F	P-valor	Regla de decisión
Bloque	2	39.27	19,64	0,63	0,5659	NS
Tratamiento	3	10571.02	3523,67	112,53	0,0001	*
Error	6	187.89	31,31			
Total	11	10798.18				
C.V. = 9,54 % NS = No significativa * = Significativo						

Anexo 14. Capacidad de trabajo de cuatro sistemas de labranza en el cultivo de papa

Sistema de labranza	Fuente de energía	Implemento de labranza	Labor	Ancho de trabajo (m)	Velocidad (km/h)	Capacidad de trabajo (ha/h)	Capacidad de trabajo (h/ha)	Número de jornales/hectárea	total, número de horas / hectárea	total, número de jornales / hectárea
SL1	Tracción Motriz (Tractor)	Arado de disco	Labranza primaria	0,92	2,44	0,2249	4,45	0,74	15,90	2,65
		Rastra de discos	Labranza secundaria	2,17	4,11	0,8901	1,12	0,19		
		Surcadora	Siembra	2,00	2,72	0,5438	1,84	0,31		
		Cavadora	Cosecha	0,60	1,96	0,1178	8,49	1,42		
SL2	T. Motriz (Tractor)	Arado de disco	Labranza primaria	0,92	2,24	0,2063	4,85	0,81	64,08	10,68
		Rastra de discos	Labranza secundaria	2,03	4,24	0,8651	1,16	0,19		
	T. Motriz (Motocultor)	Arado combinado	Siembra	0,40	2,16	0,0864	11,57	1,93		
	T. Animal (Yunta)	Arado de palo	Aporque	0,30	2,60	0,0772	12,95	2,16		
	T. Motriz (Motocultor)	Arado combinado	Cosecha	0,40	0,75	0,0298	33,56	5,59		
SL3	Tracción Animal (Yunta)	Arado de palo	Labranza primaria	0,24	1,55	0,0378	26,47	4,41	91,45	15,24
		Arado de palo	Labranza secundaria	0,24	2,28	0,0559	17,90	2,98		
		Arado de palo	Siembra	0,30	2,09	0,0620	16,14	2,69		
		Arado de palo	Aporque	0,30	2,81	0,0835	11,98	2,00		
		Arado de palo	Cosecha	0,25	2,11	0,0527	18,97	3,16		
SL4	T. Motriz (Tractor)	Arado de disco	Labranza primaria	0,92	2,24	0,2058	4,86	0,81	49,72	8,29
		Rastra de discos	Labranza secundaria	2,07	3,81	0,7891	1,27	0,21		
	T. Animal (Yunta)	Arado de palo	Siembra	0,30	2,38	0,0706	14,17	2,36		
		Arado de palo	Aporque	0,30	2,72	0,0806	12,41	2,07		
		Arado de palo	Cosecha	0,25	2,35	0,0588	17,01	2,83		

Anexo 15. Costo de las labores por hectárea, de los diferentes sistemas de labranza

Labor	SL1			SL2			SL3			SL4		
	Capacidad de trabajo (h/ha)	Costo unitario Bs	Total, Costo Bs/ha	Capacidad de trabajo (h/ha)	Costo unitario Bs	Total, Costo Bs/ha	Capacidad de trabajo (h/ha)	Costo unitario Bs	Total, Costo Bs/ha	Capacidad de trabajo (h/ha)	Costo unitario Bs	Total, Costo Bs/ha
Labranza primaria	4,45	100	445,00	4,85	100	485,00	26,47	25	661,75	4,86	100	486,00
Labranza secundaria	1,12	100	112,00	1,16	100	116,00	17,90	25	447,50	1,27	100	127,00
Siembra	1,84	100	184,00	11,57	79	914,03	16,14	25	403,50	14,17	25	354,25
Aporque	-	-	-	12,95	25	323,75	11,98	25	299,50	12,41	25	310,25
Cosecha	8,49	100	849,00	33,56	79	2651,24	18,97	25	474,25	17,01	25	425,25
TOTALES			1590,00			4490,02			2286,50			1702,75

Anexo 16. Análisis Físico-Químico de suelos



MINISTERIO DE EDUCACION

INSTITUTO BOLIVIANO DE CIENCIA Y TECNOLOGIA NUCLEAR
CENTRO DE INVESTIGACIONES Y APLICACIONES NUCLEARES
UNIDAD DE ANÁLISIS Y CALIDAD AMBIENTAL

ANALISIS FISICO QUIMICO DE SUELOS

INTERESADO : *PEDRO ALI SANCHEZ*
PROCEDENCIA : *Departamento LA PAZ,*
Provincia INGAVI,
CHOQUENAIRA

Nº SOLICITUD: *175 / 2013*
FECHA DE RECEPCION : *24 / Julio / 2013*
FECHA DE ENTREGA : *16 / Agosto / 2013*
Nº Factura : *6721 / 13*

DESCRIPCIÓN : *Muestra de suelo - Muestra 216 - 246.*

Nº Lab.	PARAMETRO	Resultado	Unidades	Método	
426-01 /2013	T E X T U R A	ARENA	67	%	Hidrómetro de Bouyoucos
426-02 /2014		ARCILLA	21	%	Hidrómetro de Bouyoucos
426-03 /2015		LIMO	12	%	Hidrómetro de Bouyoucos
426-04 /2016		CLASE TEXTURAL	FYA	-	Hidrómetro de Bouyoucos
426-05 /2017		GRAVA	0,4	%	Gravimetría
426-06 /2019	pH en agua 1:5	6,54	-	Potenciometría	
426-07 /2021	Conductividad eléctrica en agua, 1:5	0,054	dS/m	Potenciometría	
426-08 /2026	Potasio intercambiable	0,83	meq/100 g	Emisión atómica	
426-09 /2028	Capacidad de intercambio catiónico	4,41	meq/100 g	Volumetría	
426-10 /2030	Materia Orgánica	1,05	%	Walkley Black	
426-11 /2031	Nitrógeno total	0,07	%	Kjeldahl	
426-12 /2032	Fósforo asimilable	2,20	ppm	Espectrofotometría UV-Visible	

OBSERVACIONES,- ** Potasio intercambiable extraído con acetato de amonio 1N.

CLASE TEXTURAL

F : Franco Y : Arcilloso
L : Limoso YA : Arcilloso Arenoso
A : Arenoso FYA : Franco Arcilloso Arenoso

FA : Franco Arenoso. YL : Arcilloso Limoso
AF : Arenosos Franco FYL : Franco Arcilloso Limoso
FY : Franco Arcilloso FL : Franco limoso



RESPONSABLE DE LABORATORIO
JORGE CHUNGARA C.

Anexo 17. Análisis Físico-Químico de abonos



MINISTERIO DE EDUCACION

INSTITUTO BOLIVIANO DE CIENCIA Y TECNOLOGIA NUCLEAR
CENTRO DE INVESTIGACIONES Y APLICACIONES NUCLEARES
UNIDAD DE ANALISIS Y CALIDAD AMBIENTAL

ANALISIS FÍSICO-QUIMICO DE ABONOS

INTERESADO : *PEDRO MICKY ALI SANCHEZ*
PROCEDENCIA : *Departamento LA PAZ,*
Provincia INGAVI
Comunidad CHOQUENAIRA.
U. M. S. A.

N° SOLICITUD: *162 / 2014*
FECHA DE RECEPCION : *25 / Julio / 2014*
FECHA DE ENTREGA : *28 / Julio / 2014*

PRODUCTO : *MUESTRA DE ABONO*

N° Lab.	PARAMETRO	Resultado	Unidades	Método
367-01 /2014	Nitrógeno	1,66	% N	Kjeldahl
367-02 /2014	Fósforo	0,21	% P	Espectrofotometría UV-Visible
367-03 /2014	Potasio	0,85	% K	Emisión atómica
367-04 /2014	pH (1 : 5)	8,34	-	Potenciometría
367-05 /2014	Coductividad eléctrica (1:5)	6,07	mS / cm	Potenciometría
367-06 /2014	Humedad	2,11	%	Gravimetría
367-07 /2014	Materia seca	97,89	%	Gravimetría

OBSERVACIONES.- *Resultados en base seca.*



RESPONSABLE DE LABORATORIO
JORGE CHUNGARA C.