

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



TESIS DE GRADO

PRODUCCIÓN DE TRES VARIEDADES DE PAPA (*Solanum tuberosum* L. spp. *andigena*) BAJO DOS FORMAS DE PREPARACIÓN DEL TERRENO (LABRANZA CONVENCIONAL Y SIEMBRA DIRECTA) EN LA LOCALIDAD DE ANCOCALA PROVINCIA LOS ANDES

FREDDY IVAN CORI SIRPA

LA PAZ – BOLIVIA

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

PRODUCCIÓN DE TRES VARIEDADES DE PAPA (*Solanum tuberosum* L. spp. *andigena*) BAJO
DOS FORMAS DE PREPARACIÓN DEL TERRENO (LABRANZA CONVENCIONAL Y SIEMBRA
DIRECTA) EN LA LOCALIDADDE ANCOCALA PROVINCIA LOS ANDES

*Tesis de Grado Presentado como requisito
parcial para optar el Título de Licenciado
en Ingeniería Agronómica*

FREDDY IVAN CORI SIRPA

Asesor(es):

Ing. Ph. D. Roberto MIRANDA CASAS

Ing. M. Sc. Hugo BOSQUE SANCHEZ

Tribunal Examinador:

Ing. M. Sc. ReneCALATAYUD

Ing. M. Sc. Rene TERAN

Ing. Eduardo HUAYTA

Vo. Bo.....

Presidente Tribunal

LA PAZ – BOLIVIA

2017

Dedicatoria

Con todo cariño a mis padres, Hnos. y a mi esposa Sara Perez por haberme apoyado para que sea realidad este trabajo.

AGRADECIMIENTO

La elaboración del presente trabajo se hizo posible gracias al apoyo otorgado por mis señores padres Nicolas Cori Pacohuanca y Benita Sirpa de Cori, a los cuales agradezco por brindarme su apoyo tanto económico como moral durante el desarrollo del presente trabajo.

Al plantel de docentes de la Facultad de Ingeniería Agronomía por sus enseñanzas impartidas a quienes debo mi formación profesional.

Al Ing. Ph. D. Roberto Miranda Casas por la asesoría y sugerencias realizadas para concluir este trabajo de investigación.

Al Ing. M. Sc. Hugo Bosque Sanchez por asesorar el trabajo de investigación, por sus observaciones que fueron valiosas para concluir con este trabajo.

Al Ing. M. Sc. Rene Calatayud por su aporte de ideas y sugerencias en agricultura para desarrollar el presente trabajo

Al Ing. M. Sc. Rene Terán por sus acertadas sugerencias y observaciones para la elaboración del presente trabajo de investigación.

Al Ing. Eduardo Huayta por su aporte valioso de ideas y observaciones estadísticas para la mejoría del presente trabajo.

A mi familia, esposa e hija Nikol por su comprensión y apoyo incondicional en todo momento.

INDICE GENERAL

CONTENIDO	<i>i</i>
INDICE DE CUADROS	<i>v</i>
INDICE DE FIGURAS	<i>vi</i>
INDICE DE ANEXOS	<i>viii</i>

CONTENIDO

I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. JUSTIFICACIÓN.....	2
1.2.1.OBJETIVO GENERAL.....	3
1.2.2.OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	3
1.3. HIPÓTESIS	4
II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	5
2.1. Caracterización del altiplano boliviano.....	5
2.2. Características físicas.....	5
2.2.1.Suelo	5
2.2.2.Textura.....	5
2.2.3.Estructura	6
2.2.4.Densidad aparente, densidad real y porosidad	6
2.2.5.Humedad	7
2.2.6.Pendiente	8
2.2.7.Profundidad.....	8
2.2.8.Velocidad de infiltración	8
2.3. Características de los métodos de roturado.....	9
2.3.1.Labranza del suelo	9
2.3.1.1. Labranza mínima	9
2.3.1.2. Labranza cero.....	10
2.3.1.3. Labranza primaria o roturación.....	10
2.3.1.4. Elección del sistema de labranza.....	11

2.3.1.5.	Tracción motriz	11
2.3.1.6.	Tracción animal	11
2.4.	Agua en el suelo	12
2.4.1.	Movimiento del agua en el suelo	13
2.4.1.1.	Factores que afectan el movimiento del agua en el suelo	13
2.4.1.2.	Proceso de redistribución de agua en el suelo	13
2.4.2.	Factores que condicionan la capacidad de retención del agua disponible en el suelo	14
2.5.	Cultivo de papa	14
2.5.1.	Requerimientos del suelo	15
2.5.2.	Características morfológicas	15
2.5.3.	Características fisiológicas	16
2.5.3.1.	Suelos y fertilización	16
2.5.3.2.	Requerimientos climáticos	16
2.5.3.3.	Labores culturales	16
2.5.4.	Efecto de algunas propiedades físicas del suelo sobre el cultivo	17
2.5.4.1.	Efecto sobre el enraizamiento	17
2.5.4.2.	Efecto sobre el crecimiento de la planta	17
III.	LOCALIZACIÓN DEL EXPERIMENTO	19
3.1.	Ubicación del experimento	19
3.2.	Características ecológicas	19
3.2.1.	Clima	19
3.2.2.	Suelo	19
3.2.3.	Vientos	19
IV.	MATERIALES Y MÉTODOS	20
4.1.	Materiales	20
4.1.1.	Material vegetal	20
4.1.2.	Material y equipo de campo	20
4.1.3.	Material de laboratorio	20
4.1.4.	Material de escritorio	21
4.2.	Metodología	21
4.2.1.	Establecimiento del ensayo	21

4.2.2. Preparación del experimento.....	21
4.2.2.1. Preparación del terreno para ambos métodos.....	21
4.2.2.2. Toma de datos.....	22
4.2.2.3. Incorporación de abono	22
4.2.2.4. Siembra del cultivo	23
4.2.2.5. Labores culturales	23
4.2.2.6. Cosecha	23
4.2.3. Análisis estadístico	23
4.2.3.1. Diseño experimental.....	23
4.2.3.2. Modelo Aditivo Lineal.....	25
4.2.4. Variables de respuesta.....	26
4.2.4.1. Propiedades Físicas	26
4.2.4.1.1. Análisis textural	26
4.2.4.1.2. Densidad aparente.....	27
4.2.4.1.3. Porosidad total	28
4.2.4.1.4. Humedad en el suelo	28
4.2.4.2. Propiedades Agronómicas	29
4.2.4.2.1. Altura de planta (cm).....	29
4.2.4.2.2. Índice de área foliar	30
4.2.4.2.3. Número y tamaño de tubérculos/planta(unidades)	31
4.2.4.2.4. Rendimiento (tn/ha).....	31
4.2.4.2.5. Longitud de raíz (cm).....	32
4.2.4.3. Beneficio/costo	32
V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	33
5.1. Determinación de las propiedades físicas	33
5.1.1. Humedad del suelo.....	35
5.1.1.1. Humedad Gravimétrica	35
5.1.1.2. Humedad Volumétrica.....	38
5.2. Evaluación de las variables agronómicas	41
5.2.1. Altura de planta.....	41
5.2.2. Índice de área foliar	44
5.2.3. Número de tubérculos/planta.....	46

5.2.4. Rendimiento.....	49
5.2.5. Longitud de raíz.....	52
5.3. Análisis del costo parcial de producción.....	54
VI. CONCLUSIONES.....	63
VII. RECOMENDACIONES	68
VIII. BIBLIOGRAFÍA.....	69

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Clasificación: de la textura según diámetro de partículas.....	6
Cuadro 2. Clasificación: densidad aparente y porosidad	7
Cuadro 3. Clasificación: de la velocidad de infiltración según el tipo de suelo	9
Cuadro 4. Caracterización de un suelo de acuerdo a su pH.....	22
Cuadro 5. Distribucion de combinaciones para los tratamientos.....	24
Cuadro 6. Unidades y dimensiones del area experimental	25
Cuadro 7. Lecturas del densímetro para cada método	27
Cuadro 8. Cronograma de mediciones para altura de planta	29
Cuadro 9. Analisis fisico, de suelos de Ancocala – Altiplano Norte (La Paz)	33
Cuadro 10. ANOVA Humedad gravimetrica, Ancocala – Altiplano Norte (La Paz).....	35
Cuadro 11. ANOVA Humedad volumetrica, Ancocala – Altiplano Norte (La Paz).....	38
Cuadro 12. ANOVA Altura de planta (AP) cm, Ancocala – Altiplano Norte (La Paz)	43
Cuadro 13. Unidades de area foliar según tratamiento y metodo	44
Cuadro 14. ANOVA Area foliar por tratamiento y bloque Ancocala – Altiplano Norte (La Paz)	44
Cuadro 15. Prueba Duncan de Area foliar.....	45
Cuadro 16. Clasificacion de los tuberculos/planta según su tamaño	47
Cuadro 17. ANOVA Número de tuberculos, Ancocala – Altiplano Norte (La Paz)	48
Cuadro 18. Tabla de valores para la variable rendimiento (tn/ha).....	50
Cuadro 19. ANOVA Rendimiento analisis final Ancocala – Altiplano Norte (La Paz)	51
Cuadro 20. Presupuesto utilizado para la labranza convencional variedad Phala	55
Cuadro 21. Presupuesto utilizado para la labranza convencional variedad Sani.....	56
Cuadro 22. Presupuesto utilizado para la labranza convencional variedad Huaycha	57

Cuadro 23. Presupuesto utilizado para la siembra directa variedad Phala	59
Cuadro 24. Presupuesto utilizado para la siembra directa variedad Sani	60
Cuadro 25. Presupuesto utilizado para la siembra directa variedad Huaycha	61

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Determinación del área foliar de la planta de papa B1 T1.....	31
Figura 2. Niveles de humedad gravimetrica por tratamiento	36
Figura 3. Comportamiento de la humedad gravimetrica	37
Figura 4. Niveles de Humedad volumétrica por tratamiento	39
Figura 5. Niveles de Humedad volumétrica por bloque	40
Figura 6. Comportamiento de la huemdad volumétrica.....	41
Figura 7. Niveles de la altura de planta por variedad a la floracion	42
Figura 8. Area foliar por variedad	46
Figura 9. Número de tuberculos por variedad y tratamiento.....	48
Figura 10. Niveles de Rendimiento por variedad.....	50
Figura 11. Niveles de Longitud de Raíz por variedad.....	53
Figura 12. Niveles de Longitud de Raíz por bloque.....	54

INDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Prueba Duncan del rendimiento de planta * bloque

Anexo 2. Prueba de medias del rendimiento de planta * tratamiento

Anexo 3. ANOVA, para la longitud de raíz Ancocala – Altiplano Norte (La Paz)

Anexo 4. Prueba Duncan de la longitud de raíz * Variedad

Anexo 5. Prueba de medias la longitud de raíz * Tratamiento

I. INTRODUCCIÓN

La papa es el tubérculo más importante como fuente de alimentación mundial. Ocupa el cuarto lugar en el mundo entre los principales cultivos alimenticios, ubicándose después del trigo, arroz y maíz. En Bolivia ocupa el segundo lugar en importancia, constituyéndose en el cultivo de alimentación primordial, por ser uno de los centros de origen de este tubérculo, donde existen diversas especies y variedades de papa. La mayoría maneja variedades nativas adaptadas al “elevado riesgo climático” de las zonas de producción (MDRyT, 2012).

Desde los primeros días de la agricultura, la aradura ha sido considerada como un arte, y el arado mismo ha quedado como la herramienta principal. De la calidad de la aradura depende en gran medida el rendimiento que se puede esperar del cultivo. Además, una adecuada aradura del campo facilita considerablemente la ejecución de pos operaciones, como son la labranza secundaria, la siembra y la cosecha. Un aspecto de mucha importancia es que mediante una aradura profesional se puede evitar o limitar la erosión del suelo (Berlijn, 1982). El suelo es considerado actualmente en la agricultura como un recurso vital para la producción de alimentos y otros productos agrícolas, pero depende de una serie de factores las cuales influirán sobre las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo.

Orsag (1989), citado por Quino (1992) menciona que los suelos del altiplano central en la mayoría de los casos presentan un horizonte inferior arcilloso compactado formado por procesos naturales (lluviación), con un espesor de 20 a 25 cm de notables características hidrofísicas restrictivas debido a la alta compactación (alta densidad) y baja porosidad.

1.1. JUSTIFICACIÓN

Actualmente en Bolivia se cultivan aproximadamente 179.407.000 hectáreas de papa, de las cuales el 85% producen con rendimientos de 4,7 a 5,2 toneladas por hectárea, principalmente en la parte andina (valles y altiplano) (Los tiempos, 2015).

Estos bajos rendimientos en esta región, pueden ser atribuidos a diversas razones tales como la presencia de heladas, granizo, sequías, calidad de la semilla, baja fertilidad de los suelos, etc. Aparte de los factores mencionados, también influyen en la baja producción el método de roturado en el suelo, traducida en dos formas convencionales; método tradicional (yunta), y mecanizado (tractor).

Actualmente la mayoría de los agricultores en la parte altiplánica optan por roturar con tractor y en el valle con yunta, con el fin de solucionar los altos costos de producción y la baja productividad, por esta situación el agricultor opta por realizar el roturado de su parcela con cualquier de estos dos métodos.

El uso adecuado del método de roturado en la parcela se traducirá en una buena producción de papa y una baja inversión en costos. De acuerdo a los datos existentes actualmente respecto al costo de roturado del suelo en una superficie de 1 ha., el mecanizado alcanza un costo de 320 Bs/ha., y el tradicional tiene un costo de 640 Bs./ha (MDRyT, 2013).

El arado cumple una función social porque es una herramienta principal del agricultor; o sea que está completamente arraigada a la vida del campesino, a tal punto que su sustitución crea ciertos cambios y problemas de tipo social.

1.2. OBJETIVOS

1.2.1. OBJETIVO GENERAL

Producción de tres variedades de papa (*solanum tuberosum* l. spp. *andigena*) bajo dos formas de preparación del terreno (labranza convencional y siembra directa) en la localidad de Ancocala provincia los andes

1.2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Evaluar las características físicas del suelo bajo dos formas de preparación del terreno, en el cultivo de tres variedades de papa.

Evaluar las variables agronómicas en ambas formas de preparación del terreno para las tres variedades de papa.

Realizar un análisis de costos parciales de producción para los dos formas de preparación del terreno y tres variedades de papa.

I.3. HIPÓTESIS

Ho1: Las características físicas del suelo bajo dos formas de preparación de terreno en el cultivo de tres variedades de papa después del cultivo son las mismas.

Ho2: Las variables agronómicas del cultivo, en ambos métodos de preparación del terreno en el cultivo de tres variedades de papa no presentan diferencia.

Ho3: Los costos parciales de producción para los dos métodos de preparación del terreno para las tres variedades de papa son los mismos.

II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. Caracterización del altiplano boliviano

En la amplia zona altiplánica de nuestro país, donde se halla concentrada más del 40% de la población boliviana, la producción agrícola ocupa una superficie de 142.815,53 km², y se constituye en una de las principales actividades de la región. El altiplano es una meseta elevada, ubicada entre las cordilleras Occidental y Oriental, con altitudes que varían de 3400 hasta 4400 msnm (Colque, 1998).

2.2. Características físicas

2.2.1. Suelo

Orsag (2010) señala que el suelo desde el punto de vista edáfico, es la parte superficial de la corteza terrestre que por diferentes procesos de meteorización, intemperización, mineralización, adición, transformación y otros, se convierte en un cuerpo trifásico complejo. Este recurso desde el punto de vista agronómico idealmente debería estar conformado de manera proporcional. Una parte sólida 50 % (minerales y materia orgánica); una parte aérea: aproximadamente de 50 % que corresponde a la fase líquida (solución de suelo) y otra gaseosa (O₂, CO₂, NO₂, NH₄).

2.2.2. Textura

La textura del suelo tiene considerable influencia en la susceptibilidad del suelo a la erosión y, por consiguiente en la elección de los sistemas de labranza (Unger, 1988). Los suelos pesados tienden a granularse menos, mientras que los suelos livianos el grado de granulación puede ser hasta excesivo, de manera que se encostran fácilmente durante una lluvia. La granulación de la tierra a través de una arada debe ser tal que el suelo contenga bastante aire y capacidad de almacenamiento de agua y que esta estructura se mantenga suficiente tiempo para obtener un alto rendimiento del cultivo (Zambrana, 1981).

Cuadro 1. Clasificación: de la textura según diámetro de partículas

Fracción	Diámetro (mm)
Grava	20 – 2
Arena gruesa	2 – 0,2
Arena fina	0,2 – 0,02
Limo	0,02 – 0,002
Arcilla	Menor a 0,002

FUENTE: Sociedad Internacional de la Ciencia del Suelo (1926)

2.2.3. Estructura

La importancia de la estructura esta en determinar o conocer la estabilidad estructural por sus relaciones con la erosión, infiltración, penetración de las raíces, aireación, aplicaciones ingenieriles relacionadas con la penetración de agua y capacidad de carga. Al agricultor le interesa la resistencia de la capa arable, es decir su capacidad de resistir la destrucción por el choque con los implementos agrícolas, lluvia o agua de escorrentía, de manera que la infiltración del agua, aireación, y la penetración de las raíces se mantenga en un nivel favorable (Miranda, 2002).

2.2.4. Densidad aparente, densidad real y porosidad

Miranda (2002) señala que la densidad aparente es el peso del suelo por unidad de volumen total, este volumen incluye las partículas sólidas del suelo y el espacio poroso. La densidad aparente desde el punto de vista del manejo del suelo permitirá conocer sobre: La compactación del suelo, permite inferir las dificultades para la germinación, enraizamiento y circulación del aire y el agua, se halla relacionada con la textura del suelo, se utiliza para determinar el peso del suelo en el campo. Sin embargo la densidad aparente no proporciona información sobre: El

tamaño de los poros, la conexión entre ellos, ni los mecanismos que dan origen a la formación de una estructura determinada.

La densidad real, tiene un valor de 2,65 gr/cm³ que corresponde a la densidad del cuarzo, sin embargo este valor cambia de acuerdo al mineral que predomine en el suelo. La porosidad es la porción del suelo no ocupada por partículas sólidas, por lo tanto están ocupadas por aire y agua. El arreglo de las partículas sólidas del suelo determina la porosidad.

Cuadro 2. Clasificación: densidad aparente y porosidad

TEXTURA	DENSIDAD APARENTE (gr/cm³)	POROSIDAD (%)
Arenosa	1,9 – 1,7	28 – 33
Franco Arenoso	1,7 – 1,5	33 – 42
Franco Limoso	1,5 – 1,3	42 – 51
Franco Arcilloso	1,3 – 1,4	47 – 51
Arcilloso	1,3 – 1,1	51 – 60

FUENTE: Roberto Miranda 2002

2.2.5. Humedad

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.

2.2.6. Pendiente

Los sistemas de labranza se adecuan a la pendiente del terreno así, los terrenos casi llanos o de suave declive proporcionan condiciones adecuadas, pero a medida que aumenta la pendiente, se reducen las posibilidades de elección de un adecuado sistema de labranza (Unger, 1988). En terrenos con pendientes mayores al 8%, no es conveniente desmenuzar el suelo en forma excesiva, con la finalidad de evitar los riesgos de erosión hídrica (Zambrana, 1981).

2.2.7. Profundidad

La elección de los sistemas de labranza con respecto a la profundidad del suelo, se relaciona con la profundidad a la que se encuentra una capa que no admite labranza (por ejemplo, la roca madre), o la profundidad a que hay una capa que aportaría materiales indeseables (Unger, 1988). Sin embargo, bajo ciertas condiciones es necesario arar más profundo (Meier, 1993) como:

- Cuando el suelo tiene poca capacidad de retención o absorción de agua.
- Cuando la precipitación es grande, con peligro de erosión de la tierra. Para cultivos que exigen mucho aire y forman raíces profundas, como papas, tabaco y hortalizas.

2.2.8. Velocidad de infiltración

El riego menciona que la velocidad de infiltración nos da la capacidad del suelo de absorber agua. Al principio (cuando el suelo este más seco) la velocidad de penetración en el suelo es más rápida pero si seguimos aportando agua, llega un momento en que esta velocidad es más o menos constante. A esta velocidad se la conoce como velocidad de infiltración y está condicionada por el tipo de suelo como se detalla a continuación:

Cuadro 3. Clasificación: de la velocidad de infiltración según el tipo de suelo

MUY ARENOSO	20-25 mm/h
ARENOSO	15-20 mm/h
LIMO-ARENOSO	10-15 mm/h
LIMO-ARCILLOSO	8-10 mm/h
ARCILLOSO	< 8 mm/h

FUENTE: www.el riego.com 2015

2.3. Características de los métodos de roturado

2.3.1. Labranza del suelo

Según Meier (1993), la preparación del suelo permite propiciar un suelo con las características físicas, químicas y biológicas necesarias para la germinación de la semilla y posterior desarrollo de la planta. Después de la labranza el suelo se asienta gradualmente durante el ciclo del cultivo por acción de la gravedad, influencia el clima y efecto de las operaciones agrícolas, de modo que el laboreo del terreno se hace cíclico y constante, los objetivos de la labranza son:

- Controlar malezas y plagas.
- Incorporar residuos vegetales.
- Mejorar condiciones físicas, químicas y biológicas.
- Incorporar enmiendas y abonos orgánicos y fertilizantes.
- Manejar el movimiento del agua en el suelo; y Controlar la erosión.

2.3.1.1. Labranza mínima

La labranza mínima se puede definir como el menor número de pasadas en el suelo para obtener una buena germinación y un buen desarrollo de las semillas, y para que resulte una buena población de plantas. La idea general se basa en trabajar en trenes de herramientas de manera que en una sola pasada, o máximo dos, se realice la preparación total del suelo y la siembra en conjunto.

2.3.1.2. Labranza cero

La **siembra directa, labranza de conservación, labranza cero, o siembra directa sobre rastrojo** es una técnica de cultivo sin alteración del suelo mediante arado. La labranza cero sin arado incrementa la cantidad de agua que se infiltra en el suelo, aumenta la retención de materia orgánica y la conservación de nutrientes en el suelo. En muchas regiones agrícolas evita la erosión del suelo y previene organismos causantes de plagas, ya que se mantiene el equilibrio ecológico del suelo debido a que también se protegen los organismos que contrarrestan las enfermedades. El beneficio más importante de la siembra directa es la preservación de las características físicas, químicas y biológicas del suelo, haciendo que los suelos adquieran más resiliencia.

La labranza cero es una respuesta a la caída del contenido de materia orgánica en suelos agrícolas sometidos a labranza convencional. El objetivo es remover lo menos posible el suelo, disminuir los ciclos de oxigenación intensos de la materia orgánica y, por ese medio, evitar la destrucción de la misma.

No obstante, el arado de los suelos es una eficaz herramienta de eliminación de malezas, o plantas indeseables. Con la labranza cero, éstas deben ser eliminadas por manualmente, para controlar las malezas. Algunos agricultores optan por controlar la maleza mediante herbicidas los cuales matan los microorganismos del suelo no consiguiendo mantener la materia orgánica en él. Por otro lado, también exige aportes extras de nitrógeno, en forma de fertilizantes.

2.3.1.3. Labranza primaria o roturación

Para Meier (1993), el objetivo principal de la labranza primaria es mejorar mecánicamente la estructura del suelo mediante la arada. Al romper y aflojar la tierra, a profundidades apropiadas, se obtiene un suelo poroso la que facilita la aireación y la retención del agua de acuerdo a las exigencias del cultivo.

2.3.1.4. Elección del sistema de labranza

La elección de un método de labranza para una situación particular dependerá de las variables tales como factores climáticos, factores edáficos y cultivo a implantar, entre las más importantes. Ninguna de las variables es enteramente independiente de las otras (Unger, 1988).

2.3.1.5. Tracción motriz

Terán (2005) describe que el arado es una herramienta básica que realiza remoción del suelo, es un implemento antiguo (apero) que se usa para la labranza primaria generalmente está condicionado o activado por la tracción motriz y animal, para la preparación del terreno durante la siembra siempre se necesita un trabajo adicional el del rastrado (mullido, nivelado). Que se lo realiza con el implemento adecuado.

El arado de vertedera es uno de los más antiguos y mejor diseñados en maquinaria, su aplicación ha sido muy evidente en zonas templadas. Estos arados están compuestos por dos caras planas y una curva, y su clasificación general es: Arado de vertedera Fijo, que presentan un ángulo de volteo del pan de suelo en una sola dirección y Arado de vertedera reversible, son aquellos que pueden cambiar el ángulo de volteo del suelo.

2.3.1.6. Tracción animal

Es la fuerza que genera un determinado animal, dicha fuerza es usada para mover un objeto de un lugar a otro, también es usada para labores agrícolas, donde la fuerza de los animales sirve para aminorar el esfuerzo humano, podemos utilizar a los camellos, elefantes, bueyes y vacas entre muchos otros (Terán, 2005).

Hopfen y Biesalski (1978) indican la segunda importante fuente de fuerza motriz que debe considerarse es el tiro de animales. La fuerza de tiro normal de un caballo liviano (de 400 a 700 kilos de peso) es de unos 60 a 80 kilogramos. A una velocidad media de 1 m/s desarrolla 75 Kgm/s, y a esto se llama un caballo de fuerza. Un buey que pese de 500 a 900 kilos puede ejercer un esfuerzo de tiro entre 60 y 80 kilos, y a una velocidad media de 0,6 a 0,85 m/s desarrolla unos 56 Kgm/s o 0,75 de caballo de fuerza. Una vaca con peso de 400 a 600 kilos, desarrolla una fuerza de 0,4 de caballo de fuerza.

Arado Romano menciona que el arado es una importante herramienta agrícola utilizada desde los tiempos prehistóricos. Se conoce con el nombre de arado romano el utensilio tirado por fuerza animal que se ha venido usando para labrar la tierra desde la época romana hasta nuestros días. Su cese, a mediados del siglo XX, coincide con la sustitución de los animales de tiro por máquinas.

El arado romano, o tradicional, estaba compuesto por una parte delantera que tiraba del animal, llamada timón, pieza que estaba enlazada con la cameta, y ésta se unía con la base del arado (la reja) mediante una telera por aproximadamente la mitad de la cameta y por la punta con el dental. La reja era la parte que servía para arar, hundiéndose dentro la tierra, aunque no sería de hierro hasta el siglo IX, que lo haría con difusión por toda Europa Occidental, y a partir de entonces se mejoraría la técnica.

2.4. Agua en el suelo

En su condición natural el suelo contiene una cantidad de tierra, una de agua y otra de aire. La relación entre estas cantidades depende en gran medida de la estructura de los suelos (Meier, 1993).

Los suelos retienen agua a causa de sus propiedades coloidales y de agregación. El agua se retiene en la superficie de las partículas coloidales, en otras partículas y en los poros (Tamhane et al. 1979).

2.4.1. Movimiento del agua en el suelo

El agua en el suelo se mueve en todos los sentidos, debido a que cada partícula sólida del suelo se recubre de una película de agua que es retenida en virtud de la tensión superficial y todas las partículas pretenden tener el mismo espesor de película. Si disminuye el espesor de una partícula, la tensión superficial de las partículas inmediatamente obliga a pasar el agua de trecho en trecho hasta restablecer en todas ellas la uniformidad de su espesor. De este modo, el agua circula en el suelo de zonas más húmedas a zonas más secas (García, 1991).

2.4.1.1. Factores que afectan el movimiento del agua en el suelo

Aguilera y Martínez (1980) nombrados por Céspedes (1992) señalan que, existen varios factores que determinan que el agua se mueva en el suelo, entre los más importantes se encuentran: la cantidad de agua aplicada, la capacidad de infiltración, la conductividad hidráulica de los horizontes inferiores y la cantidad de agua que el suelo puede retener.

2.4.1.2. Proceso de redistribución de agua en el suelo

Cuando el proceso de infiltración se detiene, el movimiento del agua continúa hacia las capas inferiores del perfil. Cuando la napa freática es poco profunda, ese movimiento que sigue a la infiltración es denominado a veces como drenaje interno. En ausencia de napa freática o ésta es demasiado profunda, este movimiento se denomina redistribución del agua en el suelo (Hillel, 1988 enunciado por Céspedes, 1992).

Podemos considerar solo el caso de un suelo uniforme en que se infiltra el agua. Cuando el movimiento del agua cesa, primeramente la parte superior del perfil se satura o casi se satura bajo el frente de humedecimiento, donde haya una abrupta transmisión a un suelo relativamente seco.

2.4.2. Factores que condicionan la capacidad de retención del agua disponible en el suelo

Los factores que condicionan la capacidad de retención de agua disponible en el suelo son (Fuentes, 1989):

La textura: Los suelos de textura fina retienen más cantidad de agua que los suelos de textura gruesa, tanto en lo referente a la capacidad de campo como en el punto de marchitamiento.

La estructura: Una estructura con gran contenido de poros de todos los tamaños facilita la aireación y aumenta el contenido de agua disponible.

La materia orgánica: La materia orgánica tiene una elevada porosidad, que le permite retener una considerable cantidad de agua.

El espesor del suelo explorado por las raíces: Un suelo profundo puede retener una gran parte de las necesidades de agua de una cosecha.

La secuencia de capas en el perfil Puede tener una influencia notoria en la capacidad de retención de agua disponible: Una capa arcillosa situada debajo de otra capa de arena retrasa la penetración del agua de infiltración, que queda acumulada sobre la capa poco permeable.

2.5. Cultivo de papa

La papa pertenece a la familia de las solanáceas y al género *Solanum*, posee siete especies cultivadas y se reconocen 196 especies silvestres distribuidas en América. La evolución filogenética y las fuerzas evolutivas de selección, migración, mutación, hibridación, poliploidización e introgresión, han contribuido a la

divergencia y a explicar el origen de la gran variabilidad genética presente en las especies silvestres y cultivas (Gabriel et al., 2011).

También resaltan que en el año 2008 fue reportada en Bolivia una superficie total sembrada de papa de aproximadamente 113.375 ha. La variedad más cultivada según este estudio fue la variedad Waych´a (*Solanum andigena*) con una superficie de 13.442 ha (12 %).

2.5.1. Requerimientos del suelo

La papa se adapta a una gran variedad de suelos siempre que estos posean una buena estructura y un buen drenaje. Los mejores son los porosos, friables y bien drenados con una profundidad de 25-30 cm (Fernández, 1993).

El cultivo de papa requiere de un suelo mullido y suelto, con una profundidad que pueda permitir un desarrollo de los tubérculos Cabezas (1983). Citado por Fernández (1993). Una buena aradura se realiza en condiciones óptimas de humedad. Es importante, en lo que respecta al desarrollo de la planta, tomar en cuenta la profundidad de la arada.

2.5.2. Características morfológicas

Terrazas (2008) describe la siguiente caracterización morfológica de la variedad Waych´a (*Solanum andigena*).

Flor: Color de la flor (Lila oscura), con un grado de floración (Escasa), y con forma de la corola (Rotada).

Tubérculo: Presenta un color de piel (Marrón con manchas dispersas de color morado), color de la pulpa (Crema), y forma del tubérculo (comprimida con profundidad de ojos medios).

Tallo y Hoja: Color y alas del tallo (Verde con muchas manchas y alas rectas), y la hoja de la planta son generalmente compuestas y, regularmente imparipinadas,

con foliolos primarios y secundarios, la forma varía desde orbicular hasta lanceolada (Disectadas con tres pares de foliolos y dos pares de interhojuelas).

2.5.3. Características fisiológicas

INIAP (2014) especifica los requerimientos edáficos, climáticos y labores necesarias para la producción de papa (*Solanum andigena*).

2.5.3.1. Suelos y fertilización

El cultivo de papa, necesita un suelo franco limoso y franco arcilloso con buen drenaje pH 5.0 a 6.5, al igual que otros cultivos, absorbe del suelo todos los minerales necesarios. Y los principales elementos requeridos son: carbono, oxígeno, hidrógeno, nitrógeno, fósforo y potasio como los elementos mayores, y entre los micro nutrientes azufre, magnesio, hierro, magnesio, boro, zinc, cobre y molibdeno.

2.5.3.2. Requerimientos climáticos

Los requerimientos climáticos del cultivo de la papa son:

- Lluvia: 400 y 800 mm, durante el ciclo del cultivo.
- Luz: 12 horas diarias de luminosidad.
- Temperatura: entre 9 y 11° C (media anual).

2.5.3.3. Labores culturales

Estas labores tienen por objetivo, aflojar superficialmente al suelo para evitar la pérdida de humedad y lograr el control oportuno de malezas; dar sostén a la planta y cubrirlos.

- Escarda o deshierbe: de 30 a 40 días después de la siembra.
- Primer aporque: entre los 60 y 80 días de la siembra.
- Segundo aporque: entre los 90 y 105 días después de la siembra.

2.5.4. Efecto de algunas propiedades físicas del suelo sobre el cultivo

2.5.4.1. Efecto sobre el enraizamiento

Gavande (1986) citado por Fernández (1993), menciona que la expansión y distribución de las raíces, dependerá de las condiciones del suelo, sobre todo de la presencia o no de impedimentos mecánicos. Se define como impedimentos mecánicos a aquellos factores físicos del suelo que evitan o afectan el crecimiento de las plantas que normalmente provienen del proceso de compactación de la estructura del suelo. La capacidad de las raíces para romper las capas compactadas, depende de la disponibilidad de aire, temperatura y humedad, si hay alguna deficiencia de alguno de estos factores existirán dificultades para romper las capas. Además que en estos suelos compactados, las raíces encuentran dificultades para penetrar, para avanzar, aumentar el grosor del extremo de las raíces, lo que deforma y no permite el crecimiento y avance del sistema radicular. Se cree que la compactación del suelo puede tener efectos adversos en las plantas que crecen en estas condiciones de compactación, teniendo repercusión directamente en la producción final de tubérculos de papa.

2.5.4.2. Efecto sobre el crecimiento de la planta

El estado estructural del suelo juega un rol importante sobre el crecimiento de la planta y puede influir de la siguiente manera:

- a) Sobre la profundidad media de la siembra y sobre su regularidad (Fernández, 1993).

b) En la condición de contacto entre la semilla y los elementos estructurales, que determinan las superficies de absorción de agua, nutrientes y oxígeno. Por otra parte, la emergencia de las plántulas puede ser afectada por los obstáculos mecánicos del suelo.

c) En el funcionamiento radicular como captador de agua y elementos minerales.

Esta diferencia de funcionamiento del sistema radicular, es una explicación probable de las diferencias de crecimiento en la población vegetal, diferencias que conciernen tanto a las partes aéreas como a las partes subterráneas (Fernández, 1993).

III. LOCALIZACIÓN DEL EXPERIMENTO

3.1. Ubicación del experimento

EL área de estudio se encuentra en la Comunidad Ancocala, Provincia Los Andes del departamento de La Paz, a 15 Km. de la población de Laja, tomando la carretera a Laja – Guaqui a 35 minutos de la ciudad de La Paz, dirigiéndose hacia el suroeste. Geográficamente se encuentra ubicada entre las ciudades de Laja – Viacha exactamente entre las coordenadas siguientes: 16° 33' 13,69" de latitud sur y 68° 20' 50,55" de longitud oeste, con una altitud de 3918 m.s.n.m.

3.2. Características ecológicas

3.2.1. Clima

Según los parámetros climatológicos obtenidos del SENAMHI, el promedio de la temperatura media anual es de 15°C, dándonos una máxima de 21°C y una mínima de 2°C, la humedad relativa media es del 55.8% y el promedio de precipitaciones es de 630 mm anuales.

3.2.2. Suelo

Con suelos franco-arcillo-arenosos con abundantes fragmentos de piedras, expuestos a un proceso erosivo de tipo laminar y en cárcavas, con pendientes moderadamente escarpadas (15-30%). Los suelos son bien drenados, con mucha pedregosidad superficial (MDRyT, 2012).

3.2.3. Vientos

Según el informe de SIPAB (1993), los vientos son fuertes y secos que provocan problemas de erosión eólica, el mes más ventoso es agosto, donde los vientos predominantes son de Oeste a Este, durante el verano y de Sur a Este en el invierno, con velocidades promedio de 3.2 m/seg.

IV. MATERIALES Y MÉTODOS

Para poder llevar a cabo el presente trabajo de investigación se utilizaron los siguientes materiales e insumos.

4.1. Materiales

4.1.1. Material vegetal

Semilla de papa variedades de (Huaycha, Sani y Phala)

4.1.2. Material y equipo de campo

- Brújula
- Marbetes
- Cinta métrica
- Cinta adhesiva
- Cámara fotográfica
- Tractor agrícola
- Yunta con arado de palo
- Cilindro
- Chuntillo

4.1.3. Material de laboratorio

- Densímetro
- PHmetro
- Conductivímetro
- Probeta
- Piseta

4.1.4. Material de escritorio

- Computadora
- Hojas bon
- Calculadora
- Programa Sigma Scan Pro v5
- Programa Photoshop

4.2. Metodología

4.2.1. Establecimiento del ensayo

El ensayo se estableció en la comunidad de Ancocala, provincia Los Andes ubicada entre las coordenadas 16° 33' 13,69" de latitud sur y 68° 20' 50,55" de longitud oeste, con una altitud de 3918 m.s.n.m. con un total de 13248 tubérculos pequeños de las variedades Huaycha, Phala y Sani, las mismas han sido adecuadas para el presente trabajo.

4.2.2. Preparación del experimento

4.2.2.1. Preparación del terreno para ambos métodos

Se efectuó la labranza primaria y secundaria con tractor en una de las áreas de estudio, para efectivizar la aireación del suelo, aumentar la porosidad de este y lograr la descomposición de malezas no deseadas y que estas al descomponerse formen parte del sustrato, incorporándose como materia verde para su posterior descomposición y mineralización.

Por otra parte en la otra área de estudio no se realizó ningún tipo de labranza por que esta se empleó el método de siembra directa esta fue una parcela en descanso para este método se utilizó yunta directamente a surcar.

4.2.2.2. Toma de datos

Posteriormente a la labranza primaria, se realizó un total de 90 muestreos aleatorios de suelo (método del ZigZag) en toda el área experimental para determinar las propiedades físicas que presenta, antes de la incorporación de abono orgánico (estiércol), en fecha 10 de octubre de 2014 se realizaron 45 muestreos en el área convencional de estudio; como también se muestrearon 45 repeticiones para determinar las propiedades físicas que presenta el suelo en el área de estudio de la siembra directa.

4.2.2.3. Incorporación de abono

Para este proceso se incorporó 0,24 tn/ha de estiércol de ovino, en fecha 11 de octubre de 2014 cuya incorporación fue después de la labranza secundaria (desterronado y mullido), con el objetivo de mineralizarla antes de la siembra, propósito por el cual; cuando el cultivo de papa este con la demanda máxima de nutrientes el área experimental pueda proporcionar todos los nutrientes requeridos para su crecimiento.

Cuadro 4. Caracterización de un suelo de acuerdo a su pH

LIMITE INFERIOR	CLASIFICACIÓN	LIMITE SUPERIOR
-	Fuertemente acido	4,0
4,1	Acido	5,0
5,1	Moderadamente acido	6,0
6,1	Ligeramente acido	6,7
6,8	Neutro	7,2
7,3	Ligeramente alcalino	7,8
7,9	Moderadamente alcalino	8,5
8,6	Alcalino	9,5
9,6	Fuertemente alcalino	-

FUENTE: Velasco 1991

4.2.2.4. Siembra del cultivo

Se realizó la siembra el 19 de octubre de 2014 en los diferentes tratamientos (método de labranza convencional y siembra directa), según bibliografía el distanciamiento utilizado fue el de 0,25 m entre plantas y de 0,30 m entre surcos, a su vez se incorporo fertilizante químico (urea) 2 Kg. para cada método en combinación con cada variedad para un área de 165,75 m²abarcando toda el área experimental donde se obtuvo un aproximado de 748 plantas/ tratamiento; y sumando un total de 13464 en toda el área experimental en los 994,5 m².

4.2.2.5. Labores culturales

Estas labores se realizaron después de la siembra; donde se realizó en dos oportunidades el desmalezado manualmente con ayuda de un pico (chuntillo) y aporque de los surcos con ayuda de yuntas (dos vacas); la primera a los 40 días en fecha 28 de noviembre de 2014 y la segunda a los 95 días después de la siembra.

4.2.2.6. Cosecha

La cosecha se realizó pasado los 146 días después de la siembra, 14 de marzo de 2015; registrando los valores deseados como ser numero de tubérculos/planta, rendimiento/planta y longitud de raíz; para luego cuantificar el rendimiento que se obtuvo de toda el área experimental.

4.2.3. Análisis estadístico

4.2.3.1. Diseño experimental

Para llevar a cabo el presente trabajo de investigación, se utilizara el diseño de bloques completamente al azar (DBA) con arreglo de 2 factores para evaluar con mejor precisión los niveles de los factores (Ochoa, 2009).

Para la distribución de los tratamientos dentro de un arreglo bifactorial partimos de los siguientes factores:

Factor A: Variedad de papa

Factor B: Método de preparación

a_1 = Phala

b_1 = Labranza convencional

a_2 = Sani

b_2 = Siembra directa

a_3 = Huaycha

Cuadro 5. Distribución: de combinaciones para los tratamientos

	a_1 = Phala	a_2 = Sani	a_3 = Huaycha
b_1 = Roturado con tractor	a_1b_1	a_2b_1	a_3b_1
b_2 = Siembra directa	a_1b_2	a_2b_2	a_3b_2

FUENTE: Elaboración propia 2015

Entonces obtendremos un total de 6 tratamientos

Tratamiento 1 = a_1b_1

Tratamiento 4 = a_1b_2

Tratamiento 2 = a_2b_1

Tratamiento 5 = a_2b_2

Tratamiento 3 = a_3b_1

Tratamiento 6 = a_3b_2

4.2.3.2. Modelo Aditivo Lineal

El modelo lineal aditivo para un diseño de bloques completamente al azar con arreglo con 2 factores está dado por (Ochoa, 2009).

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \epsilon_{ik} + \beta_j + \alpha\beta_{ij} + \epsilon_{ijk}$$

Dónde:

- Y_{ijk} = Una observación
- μ = Media poblacional
- α_i = Efecto del i – ésimo nivel del factor A
- ϵ_{ik} = Error experimental de la parcela mayor (Ea)
- β_j = Efecto del j – ésimo nivel del factor B
- $\alpha\beta_{ij}$ = Efecto del i – ésimo, j – ésimo (interacción AxB)
- ϵ_{ijk} = Error experimental de la parcela menor (Eb)

Cuadro 6. Unidades y dimensiones del área experimental

Largo de surco	8,50 m
Ancho de bloque	19,50 m
Ancho de pasillo entre bloques	1,00 m
Número de surcos por unidad experimental	22
Número de unidades experimentales	18
Número de tratamientos	6
Número de bloques	3
Número de plantas por unidad experimental	736
Número total de plantas en toda el área	13248
Área de la unidad experimental	55,25 m ²
Área por cada bloque	165,7 m ²
Área total del experimento	1140 m ²

FUENTE: Elaboración propia 2015

4.2.4. Variables de respuesta

4.2.4.1. Propiedades Físicas

4.2.4.1.1. Análisis textural

Las propiedades físicas, han sido determinadas de acuerdo a la guía de Laboratorio (Roberto Miranda, 2002).

La textura fue estimada por el método de BOUYUCOS, este método se basa en la variación de la densidad de una suspensión suelo – agua a un tiempo y temperatura dada, tomando en cuenta que la densidad disminuye a medida que las partículas sólidas se van sedimentando. Posteriormente haciendo uso del triángulo textural se determinó a la clase que corresponde.

Para este método primeramente realizamos el tamizado del suelo con un tamiz de 2mm, para luego realizar el pesado de la muestra de suelo (50 gr) + 5 (gr) de hexametafosfato de sodio (sal) + agua destilada. Para cada método de arado mecanizado y yunta. Posteriormente cada muestra fue llevada al agitador mecánico, por un lapso de 8 – 10 min. Teniendo la muestra homogenizada se vierte el contenido en una probeta de 1000 ml. Se controla 40 segundos y se introduce el densímetro y se hace la lectura correspondiente también se controla la temperatura y se anotan los datos. Se controla nuevamente 2 horas y se toman los datos nuevamente teniendo así 2 lecturas como se muestra (cuadro 7).

Para la variable pH se realizó la medición directa en laboratorio de las muestras de suelo diluidas en las probetas del ensayo de textura, con ayuda del PHmetro obteniendo valores que se muestran él (cuadro 7).

Cuadro 7. Lecturas del densímetro para cada método

	Lecturas	Densidad (g/lt)	Tiempo	Temperatura	pH
CONVENCIONAL	lectura (L1)	26	40 seg.	17,5	5,7
	lectura (L2)	20	2 hrs.	17	
SIEMBRA	lectura (L1)	28	40 seg.	17,5	6,0
DIRECTA	lectura (L2)	21	2 hrs.	17	

Fuente: elaboración propia

Calculamos el factor de corrección (Fc), que señala 0,2 g/lt a por cada 0,5 °C. Como la temperatura es menor a 20 °C se resta el Fc para tal cálculo utilizaremos la siguiente fórmula:

$$\%(L + Y) = \frac{L1}{DT} \times 100\% \quad Y = L2 - Fc$$

Donde:

- %(L+Y)** = Porcentaje de Limo + Arcilla
- L1** = lectura corregida a los 40 seg.
- DT** = Densidad total de la Suspensión
- %(Y)** = Porcentaje de Arcilla
- L2** = lectura corregida a las 2 hrs.
- Fc** = Factor de corrección

Una vez realizado los cálculos correspondientes con ayuda del triangulo textural encontramos que nuestro suelo es franco arcilloso arenoso pedregoso (FAYPed).

4.2.4.1.2. Densidad aparente

La densidad aparente fue determinada por el método del cilindro. Se utilizaron cilindros de volúmenes conocidos. Se extrajeron cuidadosamente las muestras del área de estudio a 20 a 30 cm de profundidad y se llevó a una estufa por 48 hrs. A

una temperatura de 105 °C con el fin de extraer el agua y determinar el peso seco. El cálculo se efectuó mediante la relación:

$$Dap = Pss / Vt = \text{gr/cm}^3$$

Dónde:

Dap = Densidad aparente (gr/cm^3)

Pss = Peso de suelo seco (gr)

Vt = Volumen total (cm^3)

4.2.4.1.3. Porosidad total

Para determinar la porosidad total, se ha calculado la relación existente entre, el volumen total de poros (aire + agua) y el volumen total del suelo, usualmente es expresado en términos de porcentaje, juntamente con los datos obtenidos de la variable anterior, densidad aparente y un dato conocido que es la densidad real se calculo la porosidad utilizando la siguiente relación:

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

Dónde:

P = Porosidad total (%)

Dap = Densidad aparente (gr/cm^3)

Dr = Densidad real (gr/cm^3)

4.2.4.1.4. Humedad en el suelo

Para esta variable se registraron 54 muestras en total (3 repeticiones por tratamiento) y para los 3 bloques, obteniéndolas semanalmente haciendo un total de 16 repeticiones (4 meses) llevamos las muestras de suelo a laboratorio (no mayor a 200 gr) por tratamiento, para ser pesadas y etiquetadas, posteriormente se introdujo en pequeños recipientes cada una de las muestras obteniendo un total de 54 muestras de suelo en recipientes; llevadas en conjunto a la mufla por un periodo de 48 hrs. A una temperatura de 105 °C.

Para obtener la masa seca del suelo se utilizo la siguiente fórmula:

$$ma = sh - pss$$

Dónde:

Ma = masa de agua

Psh = peso de suelo húmedo (gr)

Pss = peso de suelo seco (gr)

4.2.4.2. Propiedades Agronómicas

4.2.4.2.1. Altura de planta (cm)

Para esta variable tomamos la altura final, es decir la semana de medición 7; donde la planta alcanza su mayor crecimiento por que se encuentra en floración. Se efectuaron 9 mediciones como se indica (cuadro 8) de las plantas tomando en cuenta la variable altura de planta (cm), el número de plantas medidas fueron 10 plantas marbeteadas por unidad experimental, en un lapso de 98 días, con lapsos de 12 días entre cada medición para generar datos, así tener comparación estadística entre tratamientos y repeticiones.

Cuadro 8. Cronograma de mediciones para altura de planta

1° Medición	29/11/2014
2° Medición	11/12/2014
3° Medición	23/12/2014
4° Medición	04/01/2015
5° Medición	16/01/2015
6° Medición	28/01/2015
7° Medición	09/02/2015
8° Medición	21/02/2015
9° Medición	07/03/2015

FUENTE: Elaboración propia 2015

4.2.4.2.2. Índice de área foliar

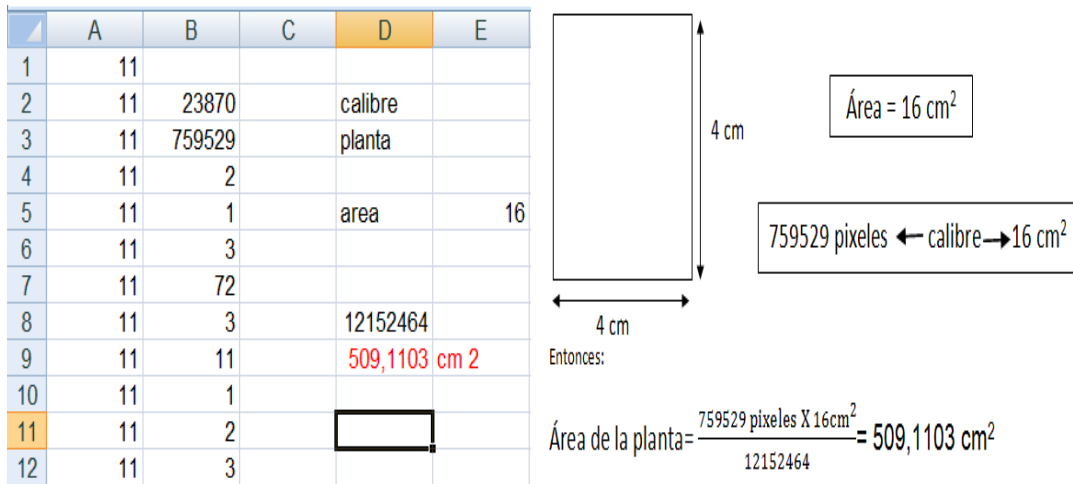
El Índice de Área Foliar (IAF) es la capacidad de ocupación del terreno por las partes aéreas de la planta; es decir la relación entre el área foliar y el área del suelo cubierta por la planta. Para tal efecto se realizo de la siguiente manera:

- ✓ Aleatoriamente seleccionar distintas plantas de papa
- ✓ Colocar un cuadrante de 0,5 x 0,5 metros alrededor de la planta de papa
- ✓ Colocar un calibre cuadrado de un área conocida como se aprecia en la segunda fotografía, el cual nos ayudara a calcular el área foliar de las plantas.
- ✓ Tomar la mejor foto de esta y luego llevarla a la computadora para luego con ayuda del programa Photoshop Adobe borrar todo su entorno dejando solamente la planta como se muestra a continuación en las fotografías.



- ✓ Posteriormente abrimos la fotografiadomodificada con el Photoshop Adobe en el programa Sigma Scan Pro. V5. Y luego de pasos sencillos como ir a la barra de herramientas y seleccionar enumerar los objetos el programa realizara el conteo general de todos los pixeles existentes en la fotografía y con la siguiente relación se podrá hallar el área total de la planta.

Figura 1. Determinación del área foliar de la planta de papa B1 T1



4.2.4.2.3. Número y tamaño de tubérculos/planta(unidades)

Una vez cosechado el cultivo de papa, nuestras plantas marbeteadas fueron registradas cada una, tomando en cuenta el número y tamaño presente de tubérculos que existía en cada una de estas clasificándolas de acuerdo al tamaño presentes de la siguiente manera, tipo I, tipo II y tipo III, así tendríamos datos certeros y precisos en cuál de los métodos de arado y cuál de las variedades de papa presenta mayor rendimiento en tubérculos.

4.2.4.2.4. Rendimiento (tn/ha)

Después del conteo de número y tamaño de tubérculos/planta, se registró el total de peso por cada planta, dándonos el peso total por bloque y tratamiento obteniendo así una variable de rendimiento y finalmente se cuantifico el total de las plantas de cada unidad experimental, obteniendo así el rendimiento por cada bloque.

4.2.4.2.5. Longitud de raíz (cm)

Se registró la variable de longitud de raíz, que presento cada tratamiento, para su respectiva comparación con todas y cada una de las variedades, y cual forma de preparación de terreno presento mayor efectividad radicular para la producción de tubérculos.

4.2.4.3. Beneficio/costo

Se realizo un **análisis de costos parciales** económicos de todo el ciclo de producción, tomando en cuenta el gasto que se efectuaron para cada forma de preparación del terreno y realizando el respectivo beneficio/costo esto se realizo después de la cosecha.

Para lo cual utilizamos registros de todos los gastos efectuados para cada tratamiento desde la compra de insumos, alquiler de tractor (costo de roturación, desterronado, siembra), alquiler de yunta (siembra, aporque), transporte, hasta la venta final del producto, para cada variedad combinada con el método de siembra.

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. Determinación de las propiedades físicas

El análisis físico nos muestra que el suelo pertenece a la clase textural franco arcilloso, textura gruesa (cuadro 2) esta textura implica un drenaje continuo y sin mucha retención.

La densidad aparente, se halla comprendida entre 1,3 a 1,4 gr/cm³ (cuadro 9), y la misma varía un poco debido a la compactación superficial ocasionado por el paso de los animales a través de los años, sin embargo Chapman y Pratt (1973), citado por Colque (1998), señalan que las altas densidades aparentes son propias de suelos poco desarrollados. Por otra parte Richards (1964), citado por Colque (1998), indica que estas condiciones asociadas a la textura gruesa ocasionan un impedimento para el almacenamiento de agua y permitiendo un buen desarrollo de las raíces. La densidad aparente de los suelos francosarcillosos van desde 1,3 a 1,4 gr/cm³. La densidad de las partículas o real, están comprendidas entre los valores de 2,61 y 2,75 gr/cm³. Estos valores se encuentran definidas por la FAO (1984), que consideran que la mayoría de los suelos minerales, la densidad real oscilan entre valores de 2,6 - 2,7 gr/cm³. Con una porosidad entre 47 % a 51 % (Cuadro 2).

Cuadro 9. Análisis físico, de suelos Ancocala – Altiplano Norte (La Paz)

CÓDIGO	PROF cm	ARENA %	LIMO %	ARCILLA %	CLASE TEXT.	Dap gr/cm³	Den REAL	POROS (%)
L - CO	22	50	12,4	37,6	FAYPed	1,3	2,65	50,94
S - DIR	22	46	14,4	39,6	FAYPed	1,4	2,65	47,17

Fuente: elaboración propia en base a los datos de laboratorio

Donde:

- **L - CO** = Labranza Convencional
- **S - DIR** = Siembra Directa

En el (cuadro 9) se aprecia las propiedades físicas del suelo en estudio, en el presente trabajo el cual no tendrá una incidencia directa en el resultado final de este trabajo, debido a que las condiciones de textura, estructura, agregados, porosidad. Casi son las mismas, como se aprecia en el cuadro anterior la densidad aparente en la labranza convencional registrando un valor de $1,3 \text{ g/cm}^3$. Mientras tanto en el método de siembra directa el valor obtenido fue el de $1,4 \text{ g/cm}^3$ la densidad aparente no varía mucho y en ambos casos se encuentran aun en el rango de textura de franco arcilloso.

Tangara (2010) menciona que el descenso en la Dap en las localidades de Kellhuri y Vinto Coopani respecto a sus valores iniciales se dieron por el manejo agronómico (labores de preparación, roturado, aporque, fertilización) disminuyendo así la Dap mucho mas con la aplicación de estiércol de ovino, como lo llevamos a cabo en nuestro trabajo de investigación donde en ambos métodos se introdujeron estiércol de ovino, pero a diferencia de la otra en una si se roturo e suelo dándonos el descenso de la Dap, mientras que en el otro método fue siembra directa y esta no presento esa disminucio0n en la Dap como se muestra en el (cuadro 9).

EL pH de los suelos estudiados como se aprecia en el (cuadro 7) están comprendidos para la labranza convencional en 5,71 y la de siembra directa su valor alcanza los 6,0 ambos registrados a una temperatura de $18,5 \text{ }^\circ\text{C}$, suponiendo que de acuerdo a la tabla de clasificación según el pH (cuadro 4), se encuentran dentro el rango de neutro a ligeramente acido, debido a la aplicación anticipada de materia orgánica estiércol de ovino, (Herrera, 2009), indica que la aplicación de fertilizantes orgánicos por efecto que tiene al reaccionar con los microorganismos del suelo, formando nitratos la cual produce una reacción acida en el suelo. Esto hace mención que nuestro área de estudio tiende a ser ligeramente acido por la incorporación de materia orgánica.

5.1.1. Humedad del suelo

5.1.1.1. Humedad Gravimétrica

Para la variable humedad gravimétrica en el suelo, en el presente trabajo nos muestra un comportamiento descendente a partir de la primera semana (1° semana), y posteriormente un incremento de humedad desde la (6° semana) hasta la (9° semana) y nuevamente el descenso de humedad gravimétrica en el suelo como se muestra en la (figura 3).

Cuadro 10. ANOVA Humedad gravimétrica, Ancocala – Altiplano Norte (La Paz)

% HUMEDAD

Variable dependiente: GRAVIMETRICA

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Cuadrático promedio	F	Sig.
BLOQUE	,071	2	,035	1,187	,832*
VARIEDAD	,051	2	,025	,134	,876 N.S.
METODO	,971	1	,971	5,131	,047**
VAR * METODO	,039	2	,019	,102	,904 N.S.
Error	1,892	10	,189		
Total corregido	2830,041	18			

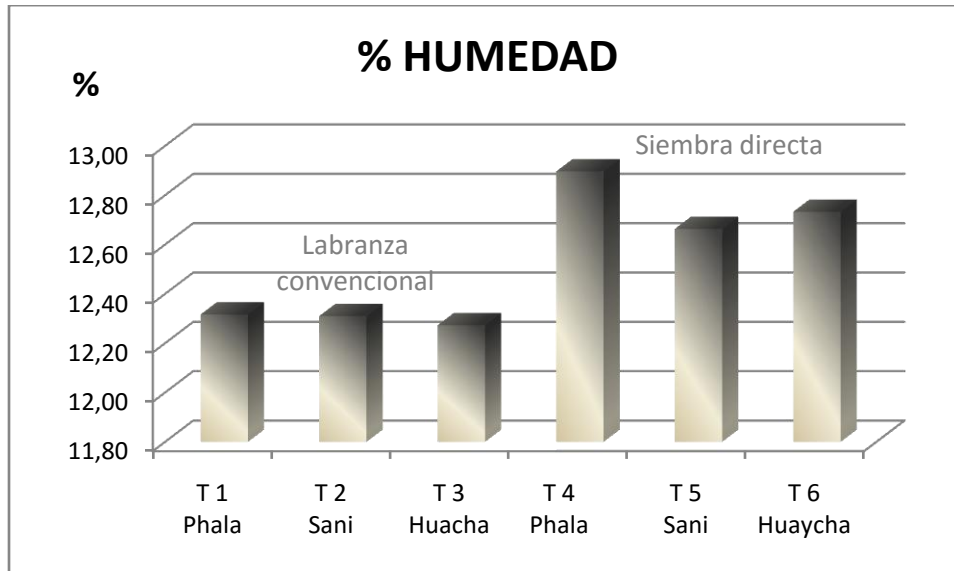
* Significativo al 0,01 – 0,05

** Altamente significativo

N.S. No Significativo

Según el ANOVA realizado (cuadro 10), se aprecia que existe una diferencia significativa entre los tres bloques; y una diferencia altamente significativa entre método (Labranza convencional y Siembra directa). Pero estadísticamente no presenta significancia (**N.S.**) en variedad y la interacción de variedad*método. Llevándonos a realizar los siguientes análisis del comportamiento de la humedad gravimétrica.

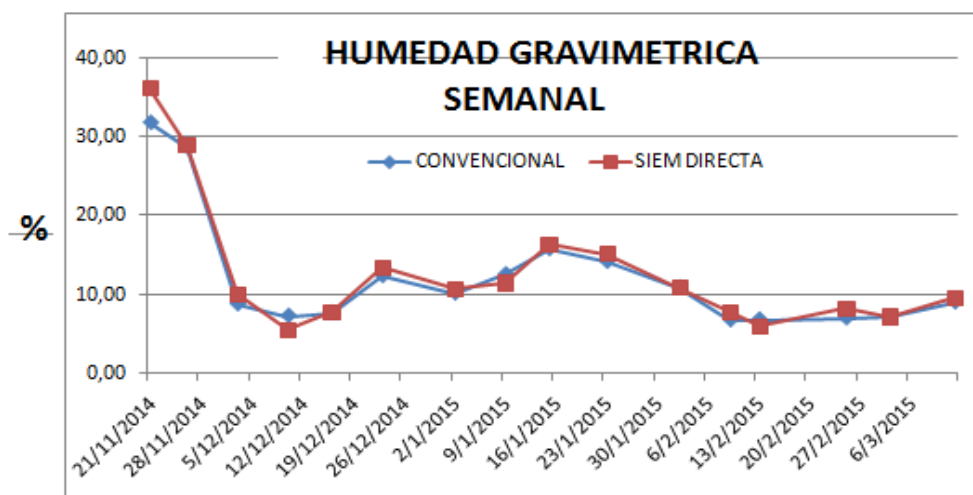
Figura 2. Niveles de Humedad Gravimétrica por tratamiento



La (figura 2) muestra que en condiciones de labranza convencional y método de siembra directa el comportamiento de la humedad gravimétrica en relación a masa de agua, tiende a ser distinta en contenido de agua. Realizado en ANOVA correspondiente el cual indica que existe diferencia altamente significativa (**) entre métodos, se sospecha que la razón por la cual los tratamientos (4,5,6) tres variedades de papa y en combinación con la siembra directa alcanzaron mayores contenidos de humedad, alcanzando valores de 12,90 % refiriéndonos a la variedad Phala y la menor registrada fue la variedad Huaycha en combinación con la labranza convencional de 12,27 % esto fue debido a su ubicación del experimento, por lo tanto se asume que nuestra textura franco arcillosa (Miranda 2002), los suelos arcillosos se los denomina suelos fríos ya que retienen agua en su interior, esta característica influyó en la retención de humedad en el método de siembra directa debido a su adhesividad y muy poco drenaje y que resaltando que en este método no se hizo volteo de suelo con respecto al otro método de labranza convencional, por lo que la planta tuvo mayor disponibilidad de agua en el método de siembra directa.

Al respecto Tangara (2010) encontró diferencias altamente significativas al interaccionar el método de labranza convencional pero con distintos fertilizantes orgánicos (estiércol de bovino y ovino), encontrando valores de 8,47 % de HG y 12,17 % de HG respectivamente y que estos valores están relacionados con el tipo y grado de descomposición de estiércol aplicado. Herrera (2007) citado por Tangara (2010) en un trabajo similar encontró diferencias significativas donde aplicando estiércol de bovino obtuvo una mayor retención de humedad.

Figura 3. Comportamiento de la humedad gravimétrica



El comportamiento del agua durante el desarrollo de nuestro trabajo fue fluctuante, tendiendo tendencias de descenso en los meses de diciembre a inicios de febrero, lo que correspondía a su época por ser escasa de lluvia, por lo que en nuestra (figura 3) se aprecia un incremento de agua en el suelo a partir de la semana (5ª semana) hasta la (10ª semana), para su posterior descenso nuevamente de humedad en el suelo.

5.1.1.2. Humedad Volumétrica

El comportamiento de la humedad volumétrica tiene similitud con la humedad gravimétrica, en vista de que ambos parámetros son determinados casi de la misma manera pero interpretados distintamente como se aprecia el comportamiento histórico de la humedad volumétrica (figura 6).

Cuadro 11. ANOVA Humedad volumétrica Ancocala – Altiplano Norte (La Paz)

% HUMEDAD

Variable dependiente: VOLUMETRICA

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Cuadrático promedio	F	Sig.
BLOQUE	23,299	2	11,650	3,141	,087**
VAR	,061	2	,030	,008	,992N.S.
METODO	4,401	1	4,401	1,186	,302*
VAR * METODO	,100	2	,050	,014	,987N.S.
Error	37,093	10	3,709		
Total Corregido	5076,961	18			

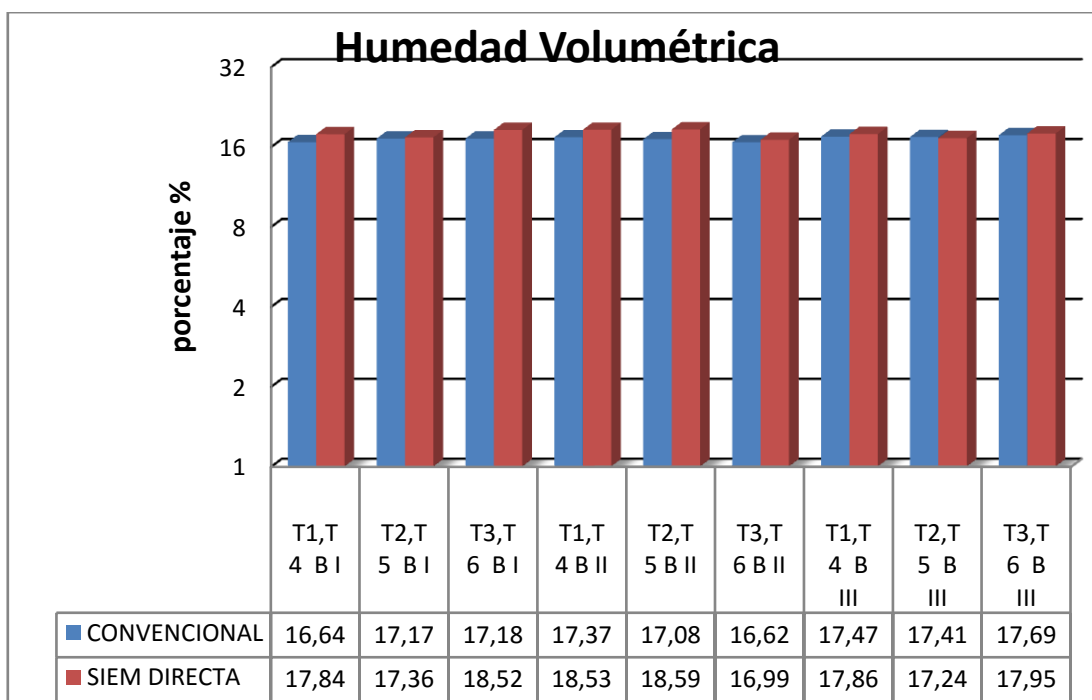
* Significativo al 0,01 – 0,05

** Altamente significativo

N.S. No Significativo

Realizado el ANOVA correspondiente (cuadro 11) muestra que entre bloques existe una diferencia altamente significativa, y una diferencia significativa entre métodos (labranza convencional y siembra directa), para lo cual realizaremos el siguiente análisis del comportamiento de la humedad volumétrica.

Figura 4. Niveles de Humedad Volumétrica por tratamiento



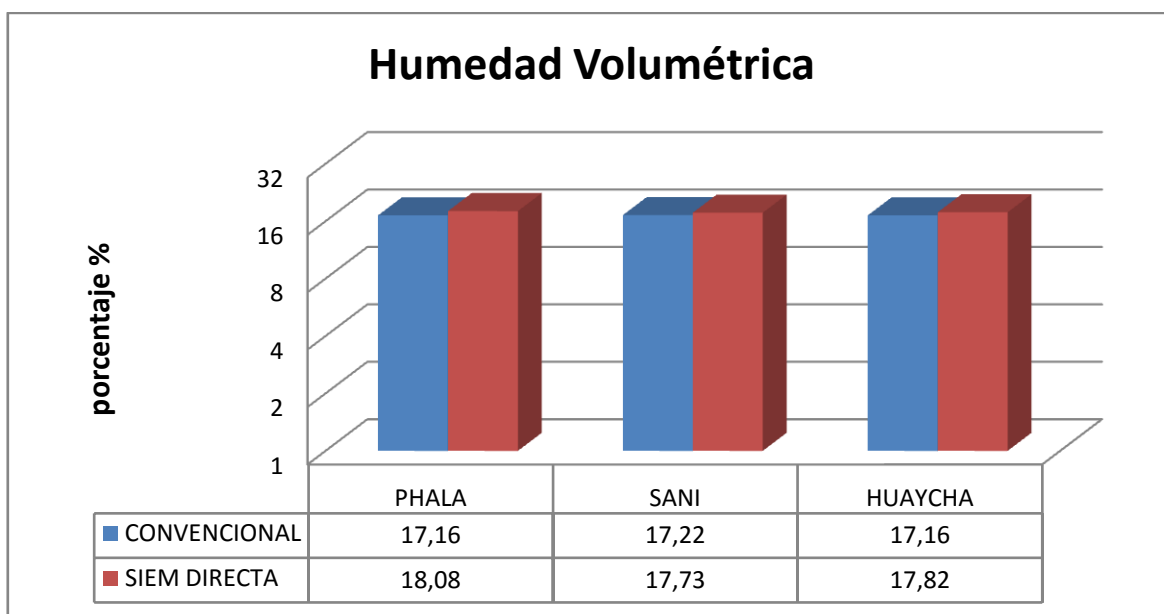
- ❖ B I T1,T4 Bloque 1, variedad Phala
- ❖ B I T2,T5 Bloque 1, variedad Sani
- ❖ B I T3,T6 Bloque 1, variedad Huaycha
- ❖ B II T1,T4 Bloque 2, variedad Phala
- ❖ B II T2,T5 Bloque 2, variedad Sani
- ❖ B II T3,T6 Bloque 2, variedad Huaycha
- ❖ B III T1,T4 Bloque 3, variedad Phala
- ❖ B III T2,T5 Bloque 3, variedad Sani
- ❖ B III T3,T6 Bloque 3, variedad Huaycha

En la (figura 4) se aprecia que el contenido de humedad volumétrica, en los bloques I, II y III el comportamiento y almacenaje de agua volumétrica fue constante casi homogéneo, con un promedio de 17,18 % en la labranza convencional mientras tanto; en la siembra directa obtuvo un promedio mayor de 17,87 %. Copa (1993) indica que la humedad volumétrica obtuvo mayores volúmenes almacenados de agua después de la preparación de los suelos, estas tuvieron relación con la profundidad de trabajo del arado de vertedera (24 cm) mejorando la permeabilidad del suelo. Lo que nos señala el presente trabajo que con la labranza convencional y su respectiva preparación del suelo o siembra directa obtendremos cantidades casi iguales de humedad volumétrica en el suelo. Se sospecha que el método utilizado y la variedad empleada en el presente trabajo, no influyó en la disponibilidad de agua y en la retención de humedad

volumétrica en el suelo; debido a factores como el tipo de suelo que presenta y la retención de agua que tiene nuestro suelo Franco arcilloso; resaltando que en una hicimos el volteo total del suelo, mientras que en otro método no se realizó ningún tipo de labranza fue siembra directa.

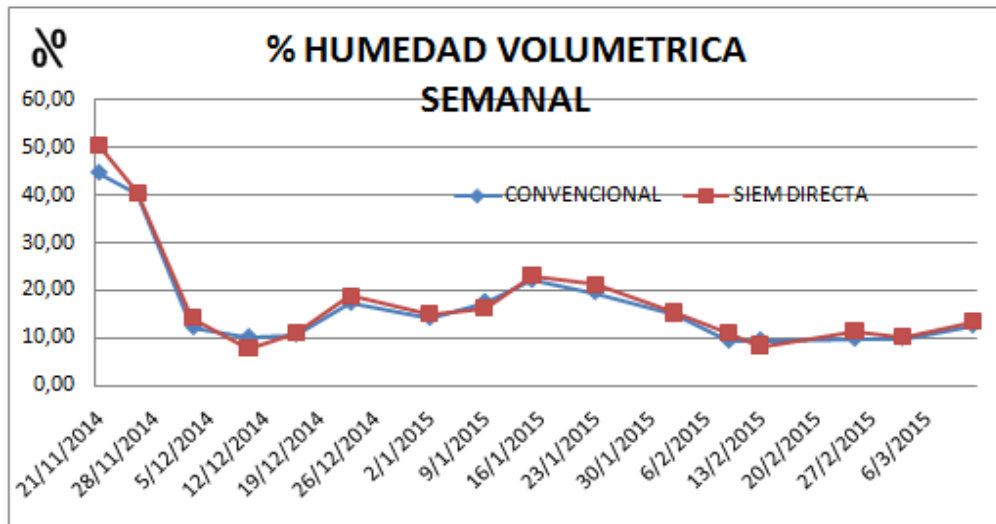
A su vez Quispe (2010) señala que la aplicación de estiércol de ovino a una profundidad de 15 – 30 cm el comportamiento de la humedad volumétrica se mantiene constante al 30% siendo útil para los procesos fisiológicos del cultivo obteniendo valores de 20 % con respecto a nuestro trabajo en el método de labranza convencional registrando un valor de 17,69 % (figura 4).

Figura 5. Niveles de Humedad Volumétrica por bloque



En la (figura 5)señala lo anteriormente mencionado que nuestros tres bloques almacenaron humedad volumétrica casi igualitariamente, se registraron casi la misma cantidad almacenada en los tres bloques y en ambos métodos de preparación del terreno, los valores obtenidos oscilan entre 17,16 % y 18,08%, afirmando que el método de preparación del terreno no tendrá una incidencia directa en la retención de humedad volumétrica en el suelo.

Figura 6. Comportamiento de la humedad volumétrica



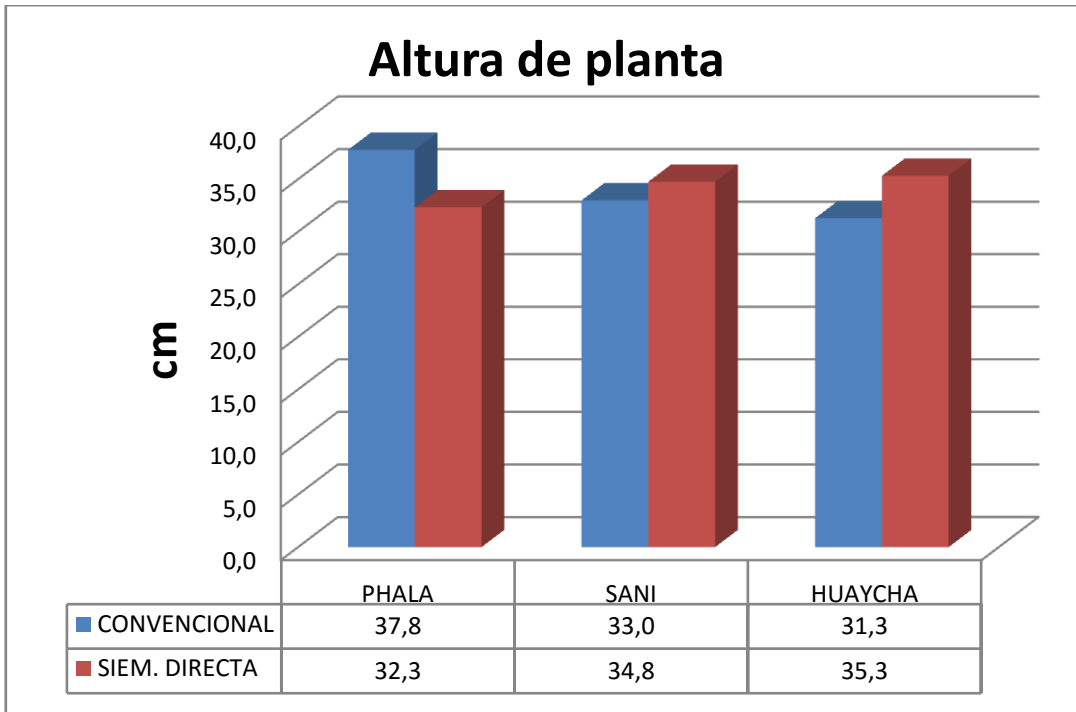
En la (figura 6) se aprecia que el comportamiento de humedad volumétrica en el suelo tiende a ser descendente hasta la semana 4 y luego tiende a incrementarse hasta la (10° semana). Herrera (2009), probando distintos tipos de abonos orgánicos y/o químicos, encontró el mismo comportamiento de la humedad en el suelo con la incorporación del estiércol de ovino como lo hicimos anticipadamente en el presente trabajo obteniendo valores del 22,4 % a los 105 días; 24,5 % a los 145 días y 20,5 % en los 150 días después de la siembra. Denotando que en nuestro trabajo obtuvimos valores de 22,55 % a los 88 días y 20,35 % a los 96 días después de la siembra.

5.2. Evaluación de las variables agronómicas

5.2.1. Altura de planta

La altura de planta nos da una referencia directa de la longitud que alcanza cada planta. Esta variable de respuesta se utiliza comúnmente para indicar cuál de los tratamientos ha logrado un desarrollo óptimo bajo las mismas condiciones climáticas, nos permite cuantificar y evaluar el resultado que presenta cada unidad experimental.

Figura 7. Niveles de Altura de planta por variedad a la floración



En la (figura 7) se muestra la mayor altura de planta alcanzada a los días de floración, semana 7 (cuadro 8). Donde se puede observar en la variedad de Phala combinada con el método de labranza convencional obtuvo la mayor altura de planta 37,8 cm, seguido de la variedad Huaycha 35,3 cm. y Sani 34,8 cm. Pero esto juntamente con el método de siembra directa. Respectivamente en combinación con el método de labranza convencional se obtuvieron alturas que están entre 31,3 cm a 33,0 cm de altura. Afirmado que el método convencional y en combinación con la variedad Phala(interacción), lo que nos señala la (cuadro 12)ANOVA altamente significativo (**) interacción entre (variedad*método) es un factor preponderante para la altura de planta.

Cuadro12. ANOVA, Altura de planta (AP) cm, Ancocala – Altiplano Norte (La Paz

ALTURA
Variable dependiente: PLANTA

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Cuadrático promedio	F	Sig.
BLOQUE	119,808	2	59,904	,066	,936 N.S.
VARIEDAD	690,791	2	345,396	,383	,691 N.S
METODO	176,720	1	176,720	,196	,667 N.S
VARIEDAD * METODO	2858,613	2	1429,307	1,586	,252 **
Error	9011,886	10	901,189		
Total Corregido	904682,460	18			

* Significativo al 0,01 – 0,05

** Altamente significativo

N.S. No Significativo

Realizando el ANOVA correspondiente (cuadro 12) para el carácter altura de planta, se observa que las variedades no difieren estadísticamente, presentando un crecimiento casi similar (figura 6) entre las variedades Phala y Huaycha con una altura promedio de 37,8 y 35,3 cm respecto a la variedad Sani con un promedio de altura de 34,8 cm. Pero existe una diferencia altamente significativa (**) entre **variedad*método**. Entonces afirmamos que a interacción entre método convencional de preparación del terreno con la variedad Phala se obtendrán valores altos en relación a la altura de planta.

(Quispe, 2002), señala que las condiciones medioambientales, el carácter genético de cada cultivar, el carácter agronómico y el efecto de espaciamiento entre plantas, son factores que determinan el desarrollo fisiológico de la planta donde obtuvo un valor de altura de planta de la variedad Sani 88,07 cm respecto a nuestra variedad de Sani registrando un valor de 34,8 cm. y la variedad Huaycha un valor de 64,16 cm. trabajo realizado en la localidad de phusa – ichoca provincia Inquisivi, como indica Morales (2000), citado por Quispe (2002), indica que los cultivares de mayor altura corresponden a las ssp. Andigena, esto se atribuyen al carácter genético de cada cultivar como las condiciones medio

ambientales.(Herrera, 2009), menciona que el desarrollo de la planta tiene respuesta favorable a la combinación de fertilización orgánica y química, esto juntamente combinado con el arado con yunta.

5.2.2. Índice de área foliar

Área total de la superficie superior de las hojas por área de unidad de terreno que se encuentre directamente debajo de la planta.

Cuadro 13. Unidades de área foliar según tratamiento y método

MÉTODO	TRAT.	IAF (CM ²)
<i>LABRANZA CONVENCIONAL</i>	T1	570,47
	T2	837,33
	T3	689,48
<i>SIEMBRA DIRECTA</i>	T4	704,82
	T5	633,91
	T6	776,18

Cuadro 14. ANOVA Área foliar por tratamiento y bloque Ancocala – Altiplano Norte (La Paz)

Variable dependiente: AREA FOLIAR

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Cuadrático promedio	F	Sig.
BLOQUE	67604,86	2	33802,43	1,173	0,349**
VARIEDAD	37334,151	2	18667,076	0,648	0,544*
METODO	155,249	1	155,249	0,512	0,443*
VARIEDAD * METODO	100267,015	2	50133,507	1,739	0,225**
Error	288208,547	10	28820,855		
Total corregido	9364863,742	18			

* Significativo al 0,01 – 0,05

** Altamente significativo

Una vez realizado en ANOVA correspondiente para la variable área foliar (cuadro 14), señala que existe diferencia altamente significativa (**) entre bloques, variedad y la interacción entre(método*variedad). Para lo cual nos referenciamos en el (cuadro15) y (figura8) donde nos muestra que tuvo mayor desarrollo foliar la variedad de Sani en combinación con el método de labranza convencional. Seguido de la variedad Huaycha pero combinada con el método de la siembra directa. La variedad Phala registró altos valores pero combinado con el método desiembra directa. Se sospecha que el método de preparación de terreno no es un factor primordial para el desarrollo foliar, debido a que también está dada por otros factores como: genética de la planta, medio ambiente, nutrientes disponibles en el suelo, riego, etc.

Céspedes (1999), citado por Toledo(2005), indica que la variable índice de área foliar no existen diferencias estadísticas significativas por el uso de diferentes tipos de arado, probando dos tipos de arado en la localidad de Vitu Calacachi y Calacachi Cutimpu no obtuvo diferencias significativas, a los 144 días con el arado múltiple presenta una mayor índice de área foliar con respecto al arado de palo, dándonos como resultado que el índice de área foliar tiene un comportamiento diferente en cada localidad lo que se debió a las características propias que se tuvo en cada zona del altiplano central, como el suelo y las variaciones climáticas locales.

Cuadro 15. Prueba Duncan de Área foliar

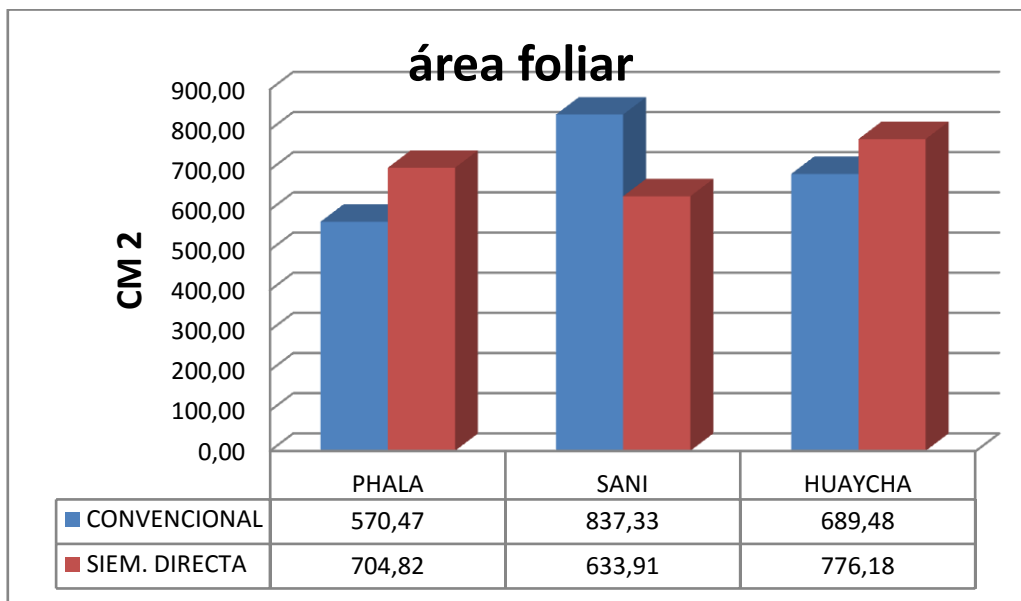
Duncan^{a,b}

	Subconjunto
<i>VARIEDAD</i>	1
SANI	735,620 a
HUAYCHA	732,832 b
PHALA	637,646 c

En la (cuadro 15) se observa la categorización dada para las tres variedades de papa denotando el valor más alto obtenido por la variedad Sani registrando la

media de 735,620 cm², seguido de la variedad Huaycha y finalmente la variedad Phala con valores de 637,646 cm², inferiores al de la variedad Sani.

Figura 8. Área foliar por variedad



Según el ANOVA realizado (cuadro 14) se encontró una diferencia altamente significativa entre variedad y método, registrando un valor de 837,33 cm² en el método de labranza convencional con la variedad Sani, con respecto al método de la siembra directa que registró un valor de 776,18 cm² con la variedad Huaycha.

Al respecto la FAO (1995), citado por Herrera (2009), indica que el nitrógeno es un elemento esencial para el crecimiento de la planta, principalmente de las hojas (follaje), demostrando así que la descomposición de la materia orgánica incorporada al suelo fue beneficiosa para la variable de índice de área foliar

5.2.3. Número de tubérculos/planta

Los tubérculos, que corresponden a tallos subterráneos modificados, se originan a partir de un engrosamiento en el extremo distal de los rizomas. Aproximadamente 2 semanas luego de ocurrida la emergencia de las plantas, comienza la emisión de los rizomas. Paz (2006) indica que la variedad Sani imilla rindió más tubérculos

por planta 18,84 en comparación con las variedad de Huaycha paceña con 15,71 tuberculos por planta. Resaltando que en nuestro trabajo (cuadro 16) la interacción del método de siembra directa con la variedad Phala rindieron 20 tuberculos/planta, y para la variedad Sani 17 unidades, acercándose al valor encontrado por Paz (2006) juntamente con el método de labranza convencional.

Cuadro 16. Clasificación de los tubérculos/planta según su tamaño

LABRANZA CONVENCIONAL					
Variedad	CODIGO	N° Tub/planta	Promedio	TAMAÑO	
Phala	B1 T1	18	19	TIPO I	12
	B2 T1	21		TIPO II	4
	B3 T1	19		TIPO III	3
Sani	B1 T2	14	15	TIPO I	8
	B2 T2	12		TIPO II	4
	B3 T2	18		TIPO III	3
Huaycha	B1 T3	21	17	TIPO I	10
	B2 T3	15		TIPO II	5
	B3 T3	17		TIPO III	2
SIEMBRA DIRECTA					
Variedad	CODIGO	N° Tub/planta	Promedio	TAMAÑO	
Phala	B1 T4	25	20	TIPO I	8
	B2 T4	16		TIPO II	5
	B3 T4	19		TIPO III	7
Sani	B1 T5	15	17	TIPO I	9
	B2 T5	14		TIPO II	5
	B3 T5	22		TIPO III	3
Huaycha	B1 T6	14	17	TIPO I	6
	B2 T6	16		TIPO II	8
	B3 T6	21		TIPO III	3

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 17. ANOVA, Número de tubérculos, Ancocala – Altiplano Norte (La Paz)

Variable dependiente: TUBERCULOS/PLANTA

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Cuadrático promedio	F	Sig.
BLOQUE	4987,111	2	2493,556	3,178	,085**
VARIEDAD	3053,778	2	1526,889	1,946	,193*
METODO	1120,222	1	1120,222	1,428	,260**
VAR * METODO	179,111	2	89,556	,114	,893N.S.
Error	7846,222	10	784,622		
Total Corregido	533992,000	18			

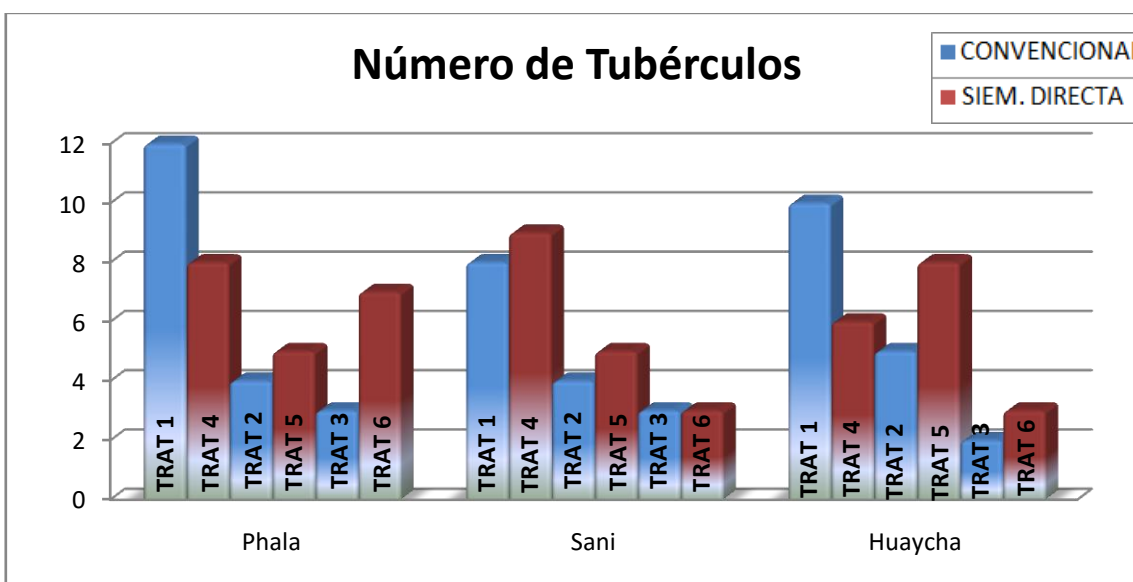
*Significativo al 0,01 – 0,05

**Altamente significativo

N.S. No Significativo

Según el ANOVA realizado en la (cuadro 17) se aprecia que existe diferencia altamente significativa (**) entre bloques y método (labranza convencional y siembra directa), y una diferencia significativa (*) entre variedades y dando así que no existe diferencia en la interacción entre variedad y método (N.S.), dado a conocer que la variedad Phala juntamente con el método de labranza convencional fue la variedad sobresaliente con un promedio de 12 tubérculos/tratamiento.

Figura 9. Número de Tubérculos por variedad y tratamiento



La (figura 9), presenta los valores obtenidos de la variable número de tubérculos por variedad y método, mostrando mayor número de tubérculos el método de labranza convencional en el **Tratamiento 1** con 12 tubérculos del tipo I, 4 del tipo II y 3 del tipo III haciendo un total de 19 tubérculos de la variedad Phala; seguido de la variedad Huaycha en el mismo método **Tratamiento 3** con 10 tubérculos tipo I, 5 del tipo II y 2 del tipo III haciendo un total de 17 tuberculos y el menor número de tubérculos/planta lo obtuvo el **tratamiento 2** con 15 tubérculos totales en la variedad de Sani, por otra parte con el método de siembra directa se obtuvieron mayor número de tubérculos pero del tipo II es decir tubérculos más pequeños con respecto al método convencional, alcanzando para los **tratamientos 4, 5 y 6** un total de 20 , 17 y 17 tuberculos respectivamente. Entonces se especula que el método de labranza convencional obtuvo los valores más altos, haciendo referencia no al número de tuberculos/planta, sino al mayor tamaño de tuberculos obtenidos en este método esto incide directamente a un mejor desarrollo de tubérculos/planta y la obtención de un buen tamaño tipo I.

Herrera (2009), menciona que la incorporación de estiércol de ovino + fertilizante químico, o estiércol de bovino + fertilizante químico juntamente con el arado tradicional (yunta), obtuvo 13,9 y 14,3 tubérculos por planta respectivamente. Valores que se asemejan al trabajo realizado con la labranza convencional, contemplando que para este trabajo incorporamos estiércol de ovino semanas antes de la siembra.

Martínez y Huamán (1987) citado por Quispe (2002), sostienen que la tuberización depende de factores del medio ambiente, siendo los más importantes la longitud del día y la temperatura. Sin embargo en condiciones de campo el inicio de la tuberización puede ser retardada por algunas prácticas agronómicas.

5.2.4. Rendimiento

En el caso de la papa, los aumentos en el rendimiento se deben en parte a la utilización de variedades de alto rendimiento que han logrado que los cultivos

resulten más rentables para los agricultores. La introducción de técnicas mejoradas en la labranza, significó que los agricultores podrían lograr rendimientos más altos siempre y cuando obtengan semilla disponible en el momento óptimo de la siembra.

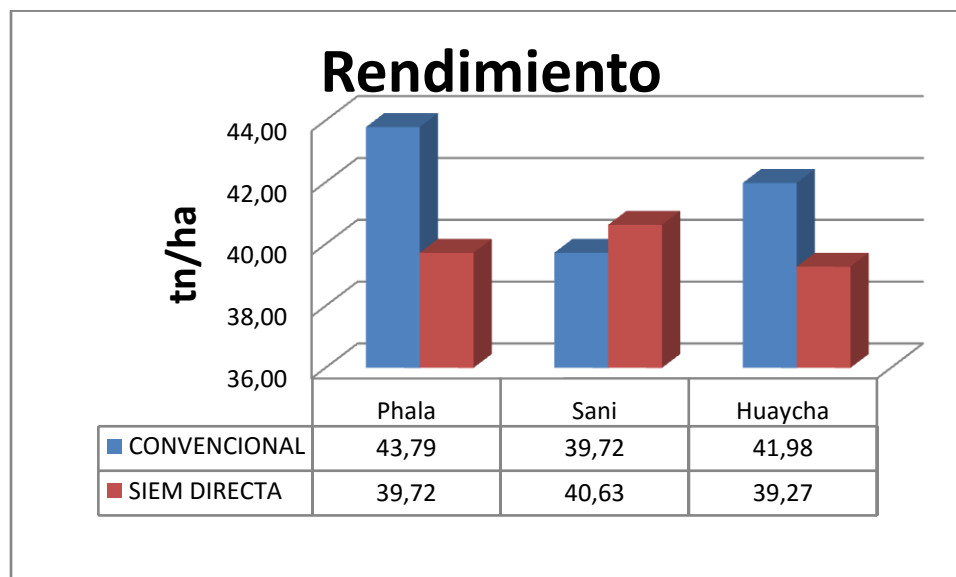
Cuadro 18. Tabla de valores para la variable rendimiento (tn/ha)

Método	Variedad		Peso Kg.	tn/ha
Labranza Convencional	Phala	TRATAMIENTO 1	725,56	43,79
	Sani	TRATAMIENTO 2	658,24	39,72
	Huaycha	TRATAMIENTO 3	695,64	41,98
Siembra Directa	Phala	TRATAMIENTO 4	658,24	39,72
	Sani	TRATAMIENTO 5	673,20	40,63
	Huaycha	TRATAMIENTO 6	650,76	39,27

Fuente: Elaboración propia

En el (cuadro 18) se aprecia el rendimiento expresado en kilogramos para cada tratamiento esto multiplicado por el número total de plantas de cada unidad experimental 2244 plantas, para un área de 165,7 m²por bloque. Obteniendo los pesos de cada tratamiento, y expresados en toneladas por hectárea (**tn/ha**) para su respectiva comparación estadística.

Figura 10. Niveles de Rendimiento por variedad



La (figura 10), presenta los valores obtenidos en la variable rendimiento del cultivo de papa (tn/ha) de los distintos métodos de arado se mostro diferencias estadísticas que a continuación se presentan.

Cuadro 19. ANOVA, Rendimiento análisis final Ancocala – Altiplano Norte (La Paz)

Variable dependiente: RENDIMIENTO/PLANTA

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Cuadrático promedio	F	Sig.
BLOQUE	,163	2	,082	1,390	,687*
VAR	,043	2	,022	2,103	,903**
METODO	,094	1	,094	3,448	,519 **
VAR * METODO	,108	2	,054	1,257	,778 *
Error	2,097	10	,210		
Total Corregido	166,310	18			

* Significativo al 0,01 – 0,05

** Altamente significativo

N.S. No Significativo

Según el ANOVA realizado en el (cuadro 19) se puede observar que existe una diferencia altamente significativa (**) entre variedad (Phala, Sani y Huaycha) y método (labranza convencional y siembra directa) y una diferencia significativa (*) en bloques y la interacción entre variedad y método. Correspondientemente de acuerdo a la (figura 10), la variedad Phala presento un mayor rendimiento con respecto a las demás variedades registrando un valor de 43,79tn/ha, mientras tanto la variedad Huaycha con un valor de 41,98tn/ha; y por último la variedad Sani presentando un valor de 39,72tn/ha. Todo juntamente combinado con el método de labranza convencional. Por otra parte en el método de la siembra directa combinado con la tres variedades de papa obtuvieron el mejor rendimiento la variedad de Sani un valor de 40,63tn/ha; mientras tanto la variedad Phala con un valor de 39,72tn/ha; y por último la variedad Huaycha con un valor de 39,27 tn/ha. Marschner (1990) citado por Quispe (2010), indica que el suministro de nutrientes debe ser de forma adecuada, de la forma más completa para que el rendimiento del cultivo aumenta, al respecto la FAO (2002) citado por Quispe

(2010), menciona que un suministro suficiente de nutrientes ayuda a un buen funcionamiento de la planta, el crecimiento, como el rendimiento están limitados por los nutrientes deficitarios.

Por su parte Quispe (2002), encontró rendimientos para la semilla de Huaycha alcanzando un rendimiento de 37.1 tn/ha, mientras que en a variedad de Sani un valor de 32,6 t/ha, esto con la introducción de distintos densidades de siembra. Asimismo Toledo (2005), obtuvo rendimientos de hasta 34,7 t/ha en combinación con el arado múltiple y 35,8 t/ha con el mismo método pero en distintos lugares de siembra. Encontrando los mayores rendimientos con el arado múltiple.

Los rendimientos obtenidos en la presente investigación se deben a las condiciones distintas en que se realizo el trabajo, como a factores como; genética de las variedades, medio ambiente, manejo del cultivo, disponibilidad de nutrientes presentes en el suelo y por ultimo materia orgánica.

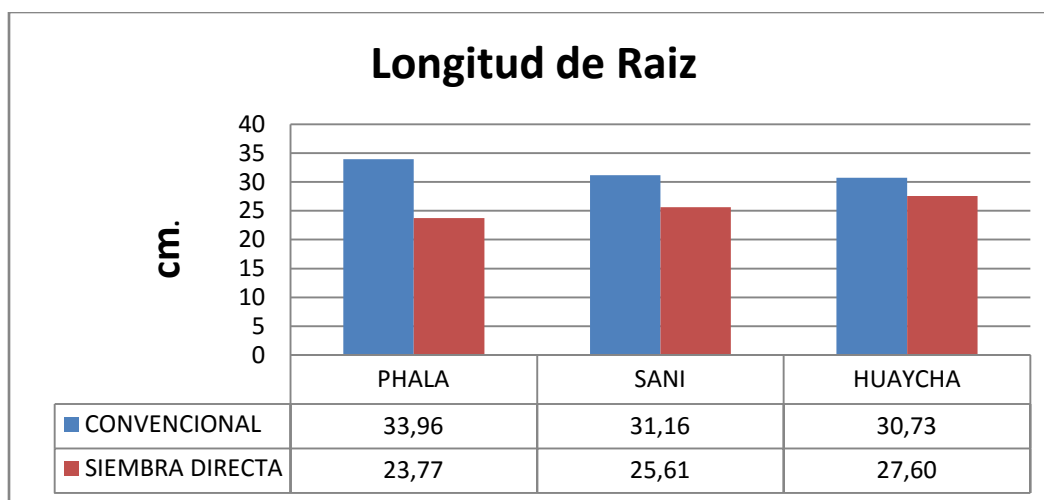
5.2.5. Longitud de raíz

Es el órgano generalmente subterráneo en el cultivo de papa, especializado en:

- Fijación de la planta al substrato.
- Absorción de agua y sustancias disueltas.
- Transporte de agua y solutos a las partes aéreas.
- Almacenamiento en la raíz de reservas que utilizarán para producir flores, frutos y semillas.

El paso del agua desde el suelo a los pelos radiculares y de éstos a las raicillas, raíces, tallos y al resto de la planta, tiene lugar por una serie de principios físicos de osmosis y presiones radiculares La presencia de pelos absorbentes o radicales es la característica más notable de la epidermis de la raíz (El cultivo de la papa, 2015).

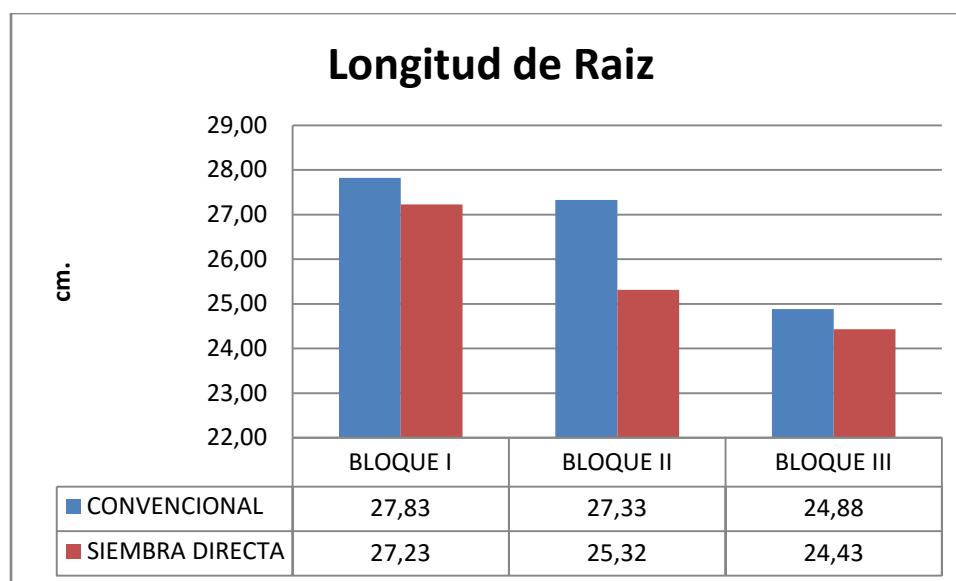
Figura 11. Niveles de Longitud de Raíz por variedad



Según en ANOVA realizado (anexo 3) existe una diferencia entre variedades como también en métodos analizando la (figura 11) nos muestra que la variedad de Phala en combinación con el método de labranza convencional alcanzó su mayor desarrollo radicular con un valor de 33,96 cm; mientras tanto con el método de siembra directa el de mayor crecimiento radicular obtuvo la variedad Huaycha con un valor de 27,60 cm.

Las raíces se desarrollan en verticilo, en los nudos del tallo principal, su crecimiento primero es vertical dentro de la capa de suelo arable y luego es horizontal de 25-50 cm., y algunas veces, cuando el suelo lo permite, es nuevamente vertical hasta 90 cm.

Figura 12. Niveles de Longitud de Raíz por bloque



En la (figura 12) se muestra que la mayor longitud de raíz la obtuvo el método de labranza convencional con un valor de 27,83 cm en el bloque I. Respecto al método de siembra directa donde su mayor valor alcanzó los 27,23 cm. Confirmando que el método de labranza convencional tiene una mayor incidencia en el crecimiento de la raíz, debido a la profundidad de arado que tiene esta; la planta desarrolla con facilidad su crecimiento radicular. Y debido a su desarrollo radicular mejor formación de mayores tubérculos los que nos muestra el (cuadro 16), que repercutirá en un mejor rendimiento tal y como se aprecia en la tabla de rendimiento (cuadro 18).

5.3. Análisis del costo parcial de producción

En la evaluación de experimentos científicos se utilizan indicadores de rentabilidad que determinan si el proyecto es productivo. La Relación Beneficio/Costo (**B/C**). Es uno de los indicadores más utilizados al momento de realizar un balance y los criterios de decisión e interpretación se realizan según el resultado obtenido en (Cuadros 20, 21, 22, 23, 24 y 25).

Cuadro 20. Presupuesto utilizado para la labranza convencional variedad Phala

COSTOS DE PRODUCCION LABRANZA CONVENCIONAL				
Comunidad:	Ancocala			
Cultivo	PAPA (Phala)		Área:165,75 m2	
A. INSUMOS				
	Unidad	Cantidad	Costo Bs.	Total Bs.
Semilla (Phala)	Bolsa de 50 Kg.	0,5	70	35
Estiércol (Oveja)	kg	3,978	25	99,45
Transporte	Camión	1	50	50
Costos Insumos				184,45
B. MANO DE OBRA				
Roturado + siembra	Unidad	Cantidad	Costo Bs.	Total Bs.
Alquiler de tractor	Hrs	0,12	280	33,6
Alquiler de Yunta	Hrs	0,5	180	90
Abonamiento	jornal	1	70	70
Deshierbe manual	jornal	1	70	70
Aporque	jornal	1	70	70
Costos de Mano de obra				333,6
C. FERTILIZANTES				
	Unidad	Cantidad	Costo	Total Bs.
Fert. Nitrógeno UREA	Kg	2	6,5	13
Costos Fertilizantes				13
D. PLAGUICIDAS				
	Unidad	Cantidad	Costo	Total Bs.
Plaguicida	Lt	1	18	18
Costos Plaguicidas				18
COSTOS SUB -TOTAL				549,05
IMPREVISTOS 10 %				54,905
COSTO TOTAL				603,955
E. VENTA DE LA PRODUCCIÓN				
	Unidad	Cantidad	Costo	Total Bs.
Venta de papa	@	60,46	20	1209,2
INGRESOS TOTALES				1209,2
Relación B/C				2,00

Cuadro 21. Presupuesto utilizado para la labranza convencional variedad Sani

COSTOS DE PRODUCCION LABRANZA CONVENCIONAL				
Comunidad:	Ancocala			
Cultivo	PAPA (Sani)		Área:165,75 m2	
A. INSUMOS				
	Unidad	Cantidad	Costo Bs.	Total Bs.
Semilla (Sani)	Bolsa de 50 Kg.	0,5	60	30
Estiércol (Oveja)	kg	3,978	25	99,45
Transporte	Camión	1	50	50
Costos Insumos				179,45
B. MANO DE OBRA				
Roturado + siembra	Unidad	Cantidad	Costo Bs.	Total Bs.
Alquiler de tractor	Hrs	0,12	280	33,6
Alquiler de Yunta	Hrs	0,5	180	90
Abonamiento	jornal	1	70	70
Deshierbe manual	jornal	1	70	70
Aporque	jornal	1	70	70
Costos de Mano de obra				333,6
C. FERTILIZANTES				
	Unidad	Cantidad	Costo	Total Bs.
Fert. Nitrógeno UREA	Kg	2	6,5	13
Costos Fertilizantes				13
D. PLAGUICIDAS				
	Unidad	Cantidad	Costo	Total Bs.
Plaguicida	Lt	1	18	18
Costos Plaguicidas				18
COSTOS SUB -TOTAL				544,05
IMPREVISTOS 10 %				54,405
COSTO TOTAL				598,455
E. VENTA DE LA PRODUCCIÓN				
	Unidad	Cantidad	Costo	Total Bs.
Venta de papa	@	54,85	20	1097
INGRESOS TOTALES				1097
Relación B/C				1,83

**Cuadro 22. Presupuesto utilizado para la labranza convencional variedad
Huaycha**

COSTOS DE PRODUCCION LABRANZA CONVENCIONAL				
Comunidad:	Ancocala			
Cultivo	PAPA (Huaycha)		Área:165,75 m2	
A. INSUMOS				
	Unidad	Cantidad	Costo Bs.	Total Bs.
Semilla (Huaycha)	Bolsa de 50 Kg.	0,5	80	40
Estiércol (Oveja)	kg	3,978	25	99,45
Transporte	Camión	1	50	50
Costos Insumos				189,45
B. MANO DE OBRA				
Roturado + siembra	Unidad	Cantidad	Costo Bs.	Total
Alquiler de tractor	Hrs	0,12	280	33,6
Alquiler de Yunta	Hrs	0,5	180	90
Abonamiento	jornal	1	70	70
Deshierbe manual	jornal	1	70	70
Aporque	jornal	1	70	70
Costos de Mano de obra				333,6
C. FERTILIZANTES				
	Unidad	Cantidad	Costo	Total
Fert. Nitrógeno UREA	Kg	2	6,5	13
Costos Fertilizantes				13
D. PLAGUICIDAS				
	Unidad	Cantidad	Costo	Total
Plaguicida	Lt	1	18	18
Costos Plaguicidas				18
COSTOS SUB -TOTAL				554,05
IMPREVISTOS 10 %				55,405
COSTO TOTAL				609,455
E. VENTA DE LA PRODUCCIÓN				
	Unidad	Cantidad	Costo	Total
Venta de papa	@	57,97	20	1159,4
INGRESOS TOTALES				1159,4
Relación B/C				1,90

En los (cuadro 20, 21 y 22) se muestra a detalle todo el gasto efectuado para el método de labranza convencional combinado con las tres variedades de papa, para llevar a cabo este trabajo de investigación, donde nuestro indicador de relación beneficio/costo (**B/C**) nos muestra un valor de 2,00 Bs. 1,83 Bs. y 1,90 Bs. Para las variedades de Phala, Sani y Huaycha respectivamente.

Lo que significa que por cada Bs. 1 invertido para el método de labranza convencional en combinación con la variedad de papa (Phala) se puede esperar recobrar Bs. 1,00 y obtener una ganancia de Bs. 1.00 adicionales seguido de la variedad (Huaycha) con una ganancia de 0,90 Bs. Y por último la variedad (Sani) con una ganancia de 0,83 Bs.

Por su parte Paz (2006), encontró relaciones similares en costos de producción para la papa pero con distintos tipos de fertilizantes químicos obteniendo un valor de 1,60 Bs. Por otra parte Tangara (2010), señala que al incorporar estiércol ovino (EO) se obtendrán mayor tasa de retorno marginal (TRM) obteniendo un valor de 1,70 Bs. Lo cual nos lleva al siguiente método de siembra directa (cuadros 23, 24 y 25) para el análisis y comparación correspondiente.

Cuadro 23. Presupuesto utilizado para la siembra directa variedad Phala

COSTOS DE PRODUCCION SIEMBRA DIRECTA				
Comunidad:	Ancocala			
Cultivo	PAPA (Phala)	Área:165,75 m2		
A. INSUMOS				
	Unidad	Cantidad	Costo Bs.	Total Bs.
Semilla (Phala)	Bolsa de 50 Kg.	0,5	70	35
Guano (Oveja)	Kg	3,978	25	99,45
Transporte	Camión	1	50	50
Costos Insumos				184,45
B. MANO DE OBRA + SIEMBRA				
	Unidad	Cantidad	Costo Bs.	Total
Alquiler de Yunta	Hrs	0,7	180	126
Abonamiento	jornal	1	70	70
Deshierbe manual	jornal	1	70	70
Aporque	jornal	1	70	70
Costos de Mano de obra				336
C. FERTILIZANTES				
	Unidad	Cantidad	Costo	Total
Fert. Nitrógeno UREA	Kg	2	6,5	13
Costos Fertilizantes				13
D. PLAGUICIDAS				
	Unidad	Cantidad	Costo	Total
Plaguicida	Lt	1	18	18
Costos Plaguicidas				18
COSTOS SUB -TOTAL				551,45
IMPREVISTOS 10 %				55,145
COSTO TOTAL				606,595
F. VENTA DE LA PRODUCCIÓN				
	Unidad	Cantidad	Costo	Total
Venta de papa	@	54,85	20	1097
INGRESOS TOTALES				1097
Relación B/C				1,81

Cuadro 24. Presupuesto utilizado para la siembra directa variedad Sani

COSTOS DE PRODUCCION SIEMBRA DIRECTA				
Comunidad:	Ancocala			
Cultivo	PAPA (Sani)	Área:165,75 m2		
A. INSUMOS				
	Unidad	Cantidad	Costo Bs.	Total Bs.
Semilla (Sani)	Bolsa de 50 Kg.	0,5	60	30
Guano (Oveja)	Kg	3,978	25	99,45
Transporte	Camión	1	50	50
Costos Insumos				179,45
B. MANO DE OBRA + SIEMBRA				
	Unidad	Cantidad	Costo Bs.	Total
Alquiler de Yunta	Hrs	0,7	180	126
Abonamiento	jornal	1	70	70
Deshierbe manual	jornal	1	70	70
Aporque	jornal	1	70	70
Costos de Mano de obra				336
C. FERTILIZANTES				
	Unidad	Cantidad	Costo	Total
Fert. Nitrógeno UREA	Kg	2	6,5	13
Costos Fertilizantes				13
D. PLAGUICIDAS				
	Unidad	Cantidad	Costo	Total
Plaguicida	Lt	1	18	18
Costos Plaguicidas				18
COSTOS SUB -TOTAL				546,45
IMPREVISTOS 10 %				54,645
COSTO TOTAL				601,095
F. VENTA DE LA PRODUCCIÓN				
	Unidad	Cantidad	Costo	Total
Venta de papa	@	56,10	20	1122
INGRESOS TOTALES				1122
Relación B/C				1,87

Cuadro 25. Presupuesto utilizado para la siembra directa variedad Huaycha

COSTOS DE PRODUCCION SIEMBRA DIRECTA				
Comunidad:	Ancocala			
Cultivo	PAPA (Huaycha)		Área:165,75 m2	
A. INSUMOS				
	Unidad	Cantidad	Costo Bs.	Total Bs.
Semilla (Huaycha)	Bolsa de 50 Kg.	0,5	80	40
Guano (Oveja)	Kg	3,978	25	99,45
Transporte	Camión	1	50	50
Costos Insumos				189,45
B. MANO DE OBRA + SIEMBRA				
	Unidad	Cantidad	Costo Bs.	Total
Alquiler de Yunta	Hrs	0,7	180	126
Abonamiento	jornal	1	70	70
Deshierbe manual	jornal	1	70	70
Aporque	jornal	1	70	70
Costos de Mano de obra				336
C. FERTILIZANTES				
	Unidad	Cantidad	Costo	Total
Fert. Nitrógeno UREA	Kg	2	6,5	13
Costos Fertilizantes				13
D. PLAGUICIDAS				
	Unidad	Cantidad	Costo	Total
Plaguicida	Lt	1	18	18
Costos Plaguicidas				18
COSTOS SUB -TOTAL				556,45
IMPREVISTOS 10 %				55,645
COSTO TOTAL				612,095
F. VENTA DE LA PRODUCCIÓN				
	Unidad	Cantidad	Costo	Total
Venta de papa	@	54,23	20	1084,6
INGRESOS TOTALES				1084,6
Relación B/C				1,77

En el proyecto realizado específicamente para el método de siembra directa con la combinación de tres variedades de papa se muestra a detalle (cuadro 23,24 y 25) los gastos realizados para llevar a cabo el trabajo de investigación donde se puede apreciar el resultado de 1,81 Bs. 1,87 Bs. Y 1,77 Bs. El valor mayor alcanzado con respecto a las demás variedades fue la de la variedad (Sani) seguido de la variedad (Phala) y finalmente la variedad (Huaycha). A su vez Paz (2006) al combinar con fertilizante químico obtiene un valor de 2,0 Bs. Por lo que observando los resultados se puede establecer que el método de siembra directa obtuvo mayores beneficios económicos donde interpretamos que por cada Bs. 1 invertido obtendremos una ganancia adicional de Bs. 1 directamente.

VI. CONCLUSIONES

Para las propiedades físicas del suelo (densidad aparente, humedad en el suelo), se encontraron factores físicos determinantes que puedan incidir directamente en la producción y/o rendimiento del cultivo de papa en las tres variedades estudiadas. En nuestro ensayo obtuvimos que el suelo de nuestro trabajo pertenece al tipo: franco arcilloso arenoso, con una densidad aparente para el método de labranza convencional de **1,35 gr/cm³** en primera instancia antes de la labranza primaria y en una segunda oportunidad después de la cosecha registrando un valor de **1,18 gr/cm³**; para el método de siembra directa se obtuvo un valor de **1,4 gr/cm³**. Afirmando lo antes mencionado que la densidad aparente influyó de gran manera en la producción y rendimiento en el presente trabajo de investigación. Mencionando que en el primer método de labranza convencional se realizó el respectivo volteo total del suelo, aflojando así el terreno para nuestro cultivo de papa; repercutiendo directamente en el rendimiento y tamaño de tubérculos; en el segundo método de siembra directa no se aflojó el suelo pero este factor físico no fue una limitante para obtener rendimientos por debajo de los del primer método. El análisis granulométrico nos muestra que los porcentajes de arena, limo y arcilla son; **50 %**, **12,4 %** y **37,6 %** respectivamente esto para el método de labranza convencional mientras tanto para el método de siembra directa se registró valores de **46 %** de arena, **14,4 %** limo y **39,6 %** arcilla. Obteniendo así una porosidad del **47,17 %** y **50,94 %** para ambos métodos de labranza convencional y siembra directa respectivamente.

A su vez enfatizando que la humedad en el suelo tuvo un comportamiento ascendente y descendente en ambos métodos de preparación del terreno, concluyendo que nuestro cultivo de papa tuvo agua disponible para su crecimiento y desarrollo durante todo su ciclo vegetativo. Llegando así a la conclusión que en nuestro ensayo la humedad jugó un papel fundamental para el crecimiento y desarrollo de nuestro cultivo de papa cuando este estuvo en su mayor desarrollo (días a la floración y tuberización) en los meses de febrero y marzo. Rechazando así la hipótesis nula **H₀₁** que señala; las características físicas del suelo bajo dos

formas de preparación de terreno (labranza convencional y siembra directa) en el cultivo de tres variedades de papa después del cultivo son las mismas.

Para la variable altura de planta según el ANOVA realizado donde indica que entre bloque variedad y método no existe diferencia significativa (**N.S.**); pero entre la interacción de variedad*método existe una alta significancia (**); sobresaliendo con la mayor altura de planta la variedad "**Phala**" juntamente con el método de labranza convencional, resulto ser el método más efectivo para alcanzar grandes alturas de planta tomando en cuenta que se realizó las mediciones correspondientes en nueve oportunidades (9 semanas), pero solo tomando como referencia a la semana 7 por ser un parámetro cuando el cultivo de papa alcanza su mayor crecimiento que es hasta la floración alcanzando un total de **37,8 cm**; la variedad que obtuvo la menor altura de planta fue la variedad "**Huaycha**" con un promedio de **31,3 cm**, de igual forma que la anterior con el mismo método labranza convencional, mientras que en el método de siembra directa la variedad que obtuvo la mayor altura de planta fue la "**Huaycha**" con una altura promedio de **35,3 cm** y el de menor altura registrada fue a variedad "**Phala**" con un valor de **32,3 cm** dándonos como resultado que el método de labranza convencional es el más recomendado para obtener mayores alturas en plantas.

Con respecto a la variable área foliar la interacción entre arado convencional y variedad "**Sani**" fue la que más desarrollo foliar tuvo alcanzando un valor de **837,33 cm²**. por otra parte la variedad "**Huaycha**" juntamente con el método de la siembra directa alcanzo un valor de **776,18 cm²** por lo cual se concluye que a mayor profundidad de arado las variables agronómicas (desarrollo foliar, crecimiento radicular, altura de planta, número de tubérculos, rendimiento). Serán mayores con respecto al método de siembra directa obteniendo así al final por lo que uno siembra obtener mejores rendimientos de cultivo.

En la variable número de tubérculos/planta, según el análisis correspondiente realizado nos indica que existe una diferencia altamente significativa (**) entre

bloque y métodos; y una diferencia significativa (*) entre variedades; y por último no se halló una diferencia (**N.S.**) entre la interacción de variedad*método. El método de siembra directa obtuvo un mayor número de tubérculos/planta pero en la clasificación de tamaños de tubérculos de tipo II corroborando así que al no ser aflojado el suelo el número de tubérculos/planta no varía mucho pero en cuanto a tamaño sí. Al finalizar la cosecha se registró el número de tubérculos/planta de cada planta marbeteada teniendo un total de diez plantas marbeteadas (10 plantas), para el método de labranza convencional nos dio un valor total de **58** tubérculos/10 plantas; con un promedio de **19** tubérculos/planta en la variedad “**Phala**”, el menor número de tubérculos por planta lo obtuvo la variedad de “**Sani**” con un total de **44** tubérculos/10 plantas y un promedio de **15** tubérculos/planta, con respecto al método de siembra directa la variedad “**Phala**” registró un valor total de **60** unidades de tubérculos/10 plantas resultando un promedio de **20** tubérculos/planta. Se afirma que el método de labranza convencional juntamente con la variedad “**Phala**” brinda mejores posibilidades al momento de obtener tubérculos grandes por cada unidad, en la clasificación de tipo I que vienen a ser papas de mayor tamaño y mejor peso en el rendimiento. Y no así como en el método de siembra directa que tiene mayor número de tubérculos pero del tipo II, de menores dimensiones. Por lo tanto se rechaza la **Ho2** que dice: las variables agronómicas del cultivo, en ambos métodos de preparación del terreno en el cultivo de tres variedades de papa no presentan diferencia.

Para la variable rendimiento existe diferencia significativa (*) entre bloques, y diferencias altamente significativas (**) entre variedades, métodos y finalmente la interacción de variedad*método; se asume que para obtener un buen rendimiento se deberá interaccionar la variedad “**Phala**”, juntamente con el método de labranza convencional, registrándose un rendimiento total de **37,57 tn/ha** seguido de la variedad “**Huaycha**”, con un rendimiento total de **36,03 tn/ha**. En comparación con el método de siembra directa que su mayor rendimiento alcanzado fue de **34,86 tn/ha** con la variedad “**Sani**”, y el menor rendimiento fue

de la variedad “**Huaycha**” con un valor de **33,70 tn/ha**. Resultando la variedad “**Phala**” ser una de las mejores variedades en rendimiento y obtención de mayores tamaños de tubérculos del tipo len combinación con el método de labranza convencional. Por lo tanto se resuelve que rechazamos la H_0 que menciona que las variables agronómicas del cultivo, en ambos métodos de preparación del terreno en el cultivo de tres variedades de papa no presentan diferencia.

En la variable longitud de raíz según realizado las pruebas correspondientes se puede apreciar que existe diferencia (**) altamente significativo; en bloques, variedades, métodos y la interacción entre variedad*método. En este caso el método de labranza convencional demostró mayor efectividad al momento del desarrollo radicular obteniendo un valor de **31,16 cm** en la longitud de raíz de la variedad “**Phala**”, con respecto a la variedad “**Huaycha**” en combinación con el método de siembra directa con un máximo de **27,60 cm** de longitud de raíz, dando como resultado que la labranza convencional juntamente con la variedad “**Phala**” nos proporciona un mejor crecimiento radicular.

Por lo tanto rechazamos H_0 donde menciona: Las variables agronómicas del cultivo, en ambos métodos de preparación del terreno en el cultivo de tres variedades de papa no presentan diferencia.

En el análisis económico de beneficio/costo, llegamos a la conclusión de que por la inversión realizada obtendremos ganancias netas. Con respecto al método de labranza convencional para una superficie de 165,75 m² la variedad (Phala) obtuvo mayores ganancias donde se realizó un gasto total de **603,95 Bs**. Para llevar a cabo la investigación donde nuestro indicador de relación beneficio/costo dio como resultado **2,00 Bs**. Recuperando el capital inicial invertido, además por cada **1,00 Bs** invertido obtuvimos una ganancia de **1,00 Bs**. Con respecto a las demás variedades de (Sani y Huaycha) registrando un valor de **1,83** y **1,90 Bs**. Respectivamente obteniendo ganancias de **0,83** y **0,90 Bs**. Por otra parte en el método de siembra directa el gasto efectuado para la variedad (Sani) fue de

601,095 Bs. los valores obtenidos en relación al beneficio/costo fueron los más altos registrando un valor de **1,87 Bs.** interpretando que por cada boliviano invertido se obtendrá una ganancia de **0,87 Bs.** Seguido de las variedades de (Phala y Huaycha) obteniendo valores de **1,81 y 1,77 Bs.** Lo cual se interpreta que obtendremos ganancias de 0,81 y 0,77 Bs. respectivamente para el método de siembra directa. Lo cual nos lleva a rechazar la **Ho3** donde menciona: Los costos parciales de producción para los dos métodos de preparación del terreno para las tres variedades de papa son las mismas.

VII. RECOMENDACIONES

Como consecuencia de los resultados obtenidos y conclusiones, se mencionan las siguientes recomendaciones:

Utilizar variedades de papa “**Phala**” que alcanzo el mejor rendimiento a la cosecha, combinado con el método de labranza convencional “**Tractor**” con respecto a las otras variedades.

Tomar en cuenta la ubicación de la unidad experimental, si es un área con pendiente pronunciada se presentara una pérdida de agua aprovechable para la planta, por lo cual llevara a un bajo rendimiento en tubérculos al no contar con agua aprovechable durante su desarrollo y crecimiento.

Se recomienda para fines de estudio tomar otras variables de respuesta como ser propiedades físicas y químicas, enfermedades fitopatológicas, incidencia de enfermedades en ambos métodos, efectividad del método de preparación del terreno contra las enfermedades.

VIII. BIBLIOGRAFÍA

ARADO (Agricultura). Consultado 08 may. 2014. Disponible en [http://es.wikipedia.org/wiki/Arado_\(agricultura\)](http://es.wikipedia.org/wiki/Arado_(agricultura)).

ARADO ROMANO. Consultado 08 may. 2014. Disponible en http://es.wikipedia.org/wiki/Arado_romano.

BERLIJN, J., 1982. Métodos de Aradura. México. Editorial Trillas. 66 p.

CESPEDES, J.D. 1992. Consumo de agua y producción de materia seca en alfalfa (*Medicago sativa*) en el Valle Central de Cochabamba. Cochabamba, Bolivia. Tesis Ing. Agr. Universidad Mayor de San Simón, Facultad de Ciencias Agrícolas y Pecuarias. p. 5-20.

COLQUE, J. 1998. Evaluación de la capacidad de extracción y tolerancia del Kauchi (*Suaeda Fruticosa, Moq.*) a diferentes niveles de sodio. Tesis de Grado. La Paz, BO, Universidad Mayor de San Andrés, Facultad de Agronomía. 97 p.

COPA VARGAS, J., 1993. Comparación de dos sistemas de tracción agrícolas utilizados en el altiplano central (Provincia Pacajes) para la producción de papa. Tesis de Grado. La Paz, BO, Universidad Mayor de San Andrés, Facultad de Agronomía 80 p.

EL CULTIVO DE LA PAPA. Consultado 10 de sep. 2015 Disponible en <http://www.monografias.com/trabajos93/cultivo-papa/cultivo-papa.shtml>

EL RIEGO.COM. Consultado 02 abr. 2015. Disponible en <http://info.elriego.com/velocidad-de-infiltracion-del-agua-en-distintos-tipos-de-suelo/>

FERNANDEZ, G, 1993. Efecto de métodos de labranza sobre las características estructurales del suelo y el cultivo de papa (*Solanum tuberosum* spp. andigena). Tesis de Grado Ing. Agr. Universidad Mayor de San Simón. Facultad de Ciencias Agrícolas y Pecuarias "Martín Cárdenas". Cochabamba, BO. 129 p.

GABRIEL, J.; PEREIRA, R. y GANDARILLAS, A., 2011. Catálogo de Nuevas Variedades de Papa en Bolivia. Cochabamba. PROIMPA. 55 p.

GARCIA, E. 1991. Manual de proyectos de riegos andinos. Cochabamba, Bolivia. p. 208

HERRERA ARUQUIPA, E., 2009. Efecto de aplicación de abonos orgánicos y químicos en el cultivo de la papa (*Solanum tuberosum*), y su comportamiento en las propiedades físicas del suelo. Tesis de Grado. La Paz, BO, Universidad Mayor de San Andrés, Facultad de Agronomía. 100 p.

HOPFEN, H.J. y BIESALSKI, E., 1978. Pequeños aperos de labranza. ITALIA. s.n.t. pp. 4 – 5.

INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS (INIAP), Manual Agrícola de los principales cultivos del Ecuador. Consultado 24 ene. 2014. Disponible en <http://www.crystal-chemical.com/papa.htm>.

LABRANZA PRIMARIA. Consultado 11 jun. 2017. Disponible en https://es.wikipedia.org/wiki/Labranza_m%C3%ADnima

LABRANZA CERO. Consultado el 09 jun. 2017. Disponible en https://es.wikipedia.org/wiki/Siembra_directa

LOS TIEMPOS. Consultado el 05 de octubre de 2015. Disponible en http://www.lostiempos.com/diario/actualidad/economia/20110625/ibce-bolivia-cultiva-179407-hect%C3%A1reas-de-papa_131246_265692.html.

MEIER, H., 1993. Mecanización agrícola. Lima, Perú. HERRANDINA. pp. 231 - 467.

MINISTERIO DE DESARROLLO RURAL Y TIERRAS, 2012. Compendio Agropecuario observatorio Agroambiental y Productivo. La Paz, Bolivia. s.n.t. pp. 41- 49.

MIRANDA, R., 2002. "Propiedades físicas y químicas de los suelos". La Paz, Bolivia. s.n.t. 68 p.

OCHOA, R., 2009. Diseños experimentales. Universidad Mayor de San Andrés. La Paz, Bolivia. pp. 59 – 70.

ORSAG, V., 2010. El recurso suelo principios para su manejo y conservación. La Paz, Bolivia. Editorial Zeus. pp. 8 – 9.

ORTIZ CAÑAVATE, J., 2003. Las Máquinas Agrícolas y su aplicación. ed. 6ta. Madrid, España. Editorial Mundi-Prensa. pp. 47 – 55.

PAZ QUISPE, D., 2006. Efecto de fertilizantes químicos en la producción de variedades de papa (*Solanum tuberosum*, L spp. andigena) a secano en kallutaca, provincia Los Andes. Tesis de Grado. La Paz, BO. Universidad Mayor de San Andrés, Facultad de Agronomía. 74 p.

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

QUINO MAMANI, E., 1992. Dinámica de compactación del suelo en un cultivo de cebada, bajo tres sistemas de labranza y tres niveles de materia orgánica en el altiplano. Tesis de Grado, Depto. de La Paz"; Tesis de Ing. Agronómica UMSA, La Paz. 100 p.

QUISPE CHUQUETANGA, M., 2010. Determinación del efecto residual de abonos (orgánicos e inorgánicos) en la humedad del suelo y la incidencia del uso del agua en el comportamiento agronómico de la papa en la comunidad de Chinchaya (municipio de Ancoraimas), Tesis de Grado. La Paz, BO. Universidad Mayor de San Andrés, Facultad de Agronomía. 80 p.

QUISPE GUTIERREZ, A., 2002. Introducción de cuatro variedades de papa (*Solanum tuberosum*, L.) bajo dos densidades de siembra en la localidad de Phusa – Ichoga provincia Inquisivi. Tesis de Grado. La Paz, BO, Universidad Mayor de San Andrés, Facultad de Agronomía. 106 p.

SIPAB, (1993). (Convenio IBTA-CIID Canadá). Informe Técnico de Gestión 1993. La Paz – Bolivia 550 p.

TAMHANE, R.V.; MONTIRAMANI, D.P.; BALI. Y.P.; DONAHUE, R.L.1979. Suelos: química y fertilidad en las zonas tropicales. Tlacoquemécatl.D.F. DIANA, S.A. 73 p.

TANGARA CHIARA, E., 2010. Efecto de fertilizantes orgánicos e inorgánicos en las propiedades físicas y químicas de suelo sobre el cultivo de papa (*Solanumtuberosum*, L.) en tres comunidades del altiplano central de Bolivia. Tesis de Grado. La Paz, BO. Universidad Mayor de San Andrés, Facultad de Agronomía. 113 p.

TERAN, R., 2005. Maquinaria y mecanización Agrícola. La Paz, Bolivia. s.n.t. 58 p.

TERRAZAS. F.; CADIMA, X.; GARCIA. R. y ZEBALLOS J., 2008. Catálogo Etnobotánicos de Papas Nativas. Imprenta Poligraf. 192 p.

TOLEDO CHOQUE, A., 2005. Efecto de la labranza sobre la producción, población de insectos y malezas en el cultivo de papa (*Solanumtuberosum*spp. andigena), Altiplano Central. Tesis de Grado. La Paz, BO, Universidad Mayor de San Andrés, Facultad de Agronomía. 76 p

TUBERCULOS. Consultado 10 de Sep. 2015. Disponible en http://www7.uc.cl/sw_educ/cultivos/papa/tubercul.htm.

ZAMBRANA, V. 1981. Estudio comparativo de diferentes arados a objeto de mejorar el trabajo de labranza con tracción animal. Cochabamba, Bolivia. Tesis Ing. Agr. Universidad Mayor de San Simón, Facultad de Ciencias Agrícolas y Pecuarias. pp. 15-20.

ANEXOS

Anexo 1. Prueba Duncan del rendimiento de planta * bloque

Duncan^{a,b}

	Subconjunto
VARIEDAD	1
PHALA	3,0833 a
HUAYCHA	3,0000 b
SANI	2,9667 c

Anexo 2. Prueba de medias del rendimiento de planta * tratamiento

Variable dependiente: RENDIMIENTO/PLANTA

		Media (kg)	Error estándar
LABRANZA CONVENCIONAL	PHALA	3,233	,264
	SANI	2,933	,264
	HUAYCHA	3,100	,264
SIEMBRA DIRECTA	PHALA	2,933	,264
	SANI	3,000	,264
	HUAYCHA	2,900	,264

Anexo 3. ANOVA, para la longitud de raíz Ancocala – Altiplano Norte (La Paz)

Variable LONGITUD

dependiente: DE RAIZ

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Cuadrático promedio	F	Sig.
BLOQUE	24,949	2	12,475	4,631	,038 **
VARIEDAD	15,556	2	7,778	2,887	,102 **
METODO	4,682	1	4,682	1,738	,217 *
VAR * METODO	98,867	2	49,434	18,351	,000 **
Error	26,937	10	2,694		
Total Corregido	12497,585	18			

* Significativo al 0,01 – 0,05

** Altamente significativo

N.S. No Significativo

Anexo 4. Prueba Duncan de la longitud de raíz * Variedad

Duncan^{a,b}

	Subconjunto
VARIEDAD	1
PHALA	27,4650 a
HUAYCHA	25,7117 b
SANI	25,3300 c

Anexo 5. Prueba de medias la longitud de raíz * Tratamiento

LONGITUD DE

Variable dependiente: RAIZ

METODO	VARIEDAD	Media (cm)	Error estándar
LABRANZA CONVENCIONAL	PHALA	31,157	,948
	SANI	33,957	,948
	HUAYCHA	30,728	,948
SIEMBRA DIRECTA	PHALA	23,773	,948
	SANI	25,607	,948
	HUAYCHA	25,357	,948



FOTOS 1 – 2. Medición de la planta del cultivo de papa para el tratamiento 3 variedad Huaycha y cosecha de los tuberculos de la misma variedad.



FOTOS 3 – 4. Aporque de cultivo para el método de siembra directa y surcado para la siembra en el método de labranza convencional con un tractor John Deere.



FOTOS 5 – 6. Preparando la yunta para la siembra directa, como también la semilla para la siembra del cultivo de papa.



FOTOS 7 – 8. Emergencia del cultivo de papa en el área experimental las primeras plántulas.



FOTOS 9 – 10. En laboratorio de suelos, lectura del densímetro para determinar textura para cada método de preparación del terreno.



FOTOS 11 -12 - 13 - 14. Laboratorio de Suelos con el respectivo pesado de las 54 muestras de suelo para la variable humedad, llevados a la mufla por un lapso de 48 Hrs. a 105 °C de temperatura.