

**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRES**  
**FACULTAD DE AGRONOMIA**  
**CARRERA DE INGENIERIA**



**TESIS DE GRADO**

**DETERMINACION DEL EFECTO RESIDUAL DE ABONOS (ORGANICOS E  
INORGANICOS) EN LA HUMEDAD DEL SUELO Y LA EFICIENCIA DEL USO  
DEL AGUA EN EL COMPORTAMIENTO AGRONOMICO DE LA PAPA EN LA  
COMUNIDAD DE CHINCHAYA (MUNICIPIO DE ANCORAIMES)**

**MARCOS WILLY QUISPE CHUQUETANGA**

**La Paz – Bolivia**

**2010**

**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRES**  
**FACULTAD DE AGRONOMIA**  
**CARRERA DE INGENIERIA AGRONOMICA**

**DETERMINACION DEL EFECTO RESIDUAL DE ABONOS (ORGANICOS E INORGANICOS) EN LA HUMEDAD DEL SUELO Y LA EFICIENCIA DEL USO DEL AGUA EN EL COMPORTAMIENTO AGRONOMICO DE LA PAPA EN LA COMUNIDAD DE CHINCHAYA (MUNICIPIO DE ANCORAIMES)**

**Tesis de grado presentado como requisito parcial para optar el Titulo de Ingeniero Agrónomo**

**MARCOS WILLY QUISPE CHUQUETANGA**

**Asesor (s):**

**Ing. Roberto Miranda Casas** .....

**Ing. Rafael Díaz Soto** .....

**Tribunal Examinador:**

**Ing. M.Sc. Jorge Pascuali Cabrera** .....

**Ing. Ramiro Mendoza N** .....

**Ing. Celia Fernández** .....

**Aprobada**

**Presidente Tribunal Examinador:** .....

**2010**

## INDICE GENERAL

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

## CONTENIDO

<b>1. INTRODUCCIÓN</b>	<b>1</b>
1.1 Objetivos	2
1.1.1 Objetivo General	2
1.1.2 Objetivos específicos	2
<b>2. REVISIÓN DE LITERATURA</b>	<b>3</b>
2.1 Aspectos generales del cultivo	3
2.1.1 Importancia de la papa	3
2.1.2 Rendimiento de la papa a nivel nacional departamental y local	4
2.1.3 Factores que determinan la productividad	5
2.1.4 Nutrientes requeridos por el cultivo	10
2.1.5 Rol de nutrientes	10
2.2 Abonos Orgánicos	12
2.2.1 Uso y acción de los abonos orgánicos	12
2.2.2 Respuesta del cultivo de papa a la aplicación de abonos	13
2.2.3 Importancia de los abonos orgánicos en el suelo	14
2.2.4 Clasificación de los abonos orgánicos	15

2.2.5	Característica de la materia orgánica	16
2.2.5.1	Materia orgánica y rendimiento de los cultivos	16
2.2.6	Efecto residual de la aplicación de los abonos Orgánicos	17
2.3	Abonos Inorgánicos	18
2.3.1	Efecto residual de la aplicación de abonos inorgánicos	18
2.3.2	Características de abonos inorgánicos usados en el estudio	19
2.3.3	Niveles de fertilización química en Bolivia	20
2.4	Agua en el suelo	21
2.4.1	Importancia del agua en el suelo	21
2.4.2	Propiedades del suelo que afectan el contenido del suelo	22
2.4.3	Cantidad de agua disponible para los cultivos	24
2.4.4	Eficiencia del Uso del Agua	25
2.4.4.1	Infiltración	26
<b>3.</b>	<b>MATERIALES Y METODOS</b>	<b>28</b>
3.1	Localización	28
3.2	Características Edafo-climáticas	28
3.2.1	Clima	28
3.2.2	Suelo	29
3.2.3	Fisiografía	30
3.2.4	Vegetación	30
3.2.5	Recursos hídricos	30
3.2.6	Características socioeconómicas	31
3.3	Materiales	32
3.3.1	Material Vegetativo	32
3.3.1.1	Descripción de la variedad de interés	32
3.3.2	Insumos	32
3.3.3	Material de campo	32
3.3.4	Equipos	33
3.4	Metodología estadística	33

3.4.1	Diseño experimental	33
3.4.2	Tratamientos	33
3.4.3	Modelo aditivo lineal	34
3.5	Metodología de la investigación	34
3.5.1	Procedimiento de campo	34
3.5.2	Análisis químico - físico	35
3.5.3	Evaluación del comportamiento de la humedad del suelo	36
3.5.4	Evaluación de la eficiencia del uso del agua	36
3.5.5	Determinación del efecto residual de los fertilizantes en la productividad del cultivo de papa.	37
3.6	Variables de Respuesta	38
3.6.1	Variables edafo-climáticas	38
3.6.2	Variables de rendimiento y agronómicas	38
<b>4.</b>	<b>RESULTADOS Y DISCUSION</b>	<b>39</b>
4.1	Comportamiento climático	39
4.1.1	Precipitación	39
4.1.1.1	Cantidad, distribución e intensidad de las precipitaciones en relación a la evapotranspiración.	40
4.1.2	Temperatura	41
4.2	Análisis físico - Químico del Suelo	42
4.2.1	Textura	42
4.2.1.1	Densidad aparente	43
4.2.2	Materia Orgánica	45
4.2.3	Nitrógeno	47
4.2.4	Fósforo	50
4.2.5	Capacidad de Intercambio Catiónico	52
4.2.6	Conductividad eléctrica	54
4.2.7	pH del suelo	56
4.3	Comportamiento de la humedad en el suelo	57

4.3.1	Humedad del suelo	57
4.3.2	Infiltración	61
4.4	Eficiencia del Uso del Agua	62
4.5	Comportamiento del cultivo de papa, en relación a diferentes aplicaciones de abonos orgánicos y químicos	64
4.5.1	Altura de planta	64
4.3.2	Cobertura foliar	66
4.4	Variable de Rendimiento	68
4.4.1	Rendimiento según peso	68
4.4.2	Numero de tubérculos planta	72
4.4.3	Clasificación por categoría	75
<b>5.</b>	<b>CONCLUSIONES</b>	<b>78</b>
<b>6.</b>	<b>RECOMENDACIONES</b>	<b>79</b>
<b>7.</b>	<b>BIBLIOGRAFIA</b>	<b>80</b>
	<b>ANEXOS</b>	

## INDICE DE CUADROS

Pág.

Cuadro 1. Porcentajes de producción por cultivo en el departamento de La Paz	4
Cuadro 2. Superficie, Producción y rendimiento a nivel Bolivia.	4
Cuadro 3. Rendimiento de papa y otros cultivos en el municipio de Acoraimes	5
Cuadro 4. Composición química de estiércoles (%)	16
Cuadro 5. Fracciones granulométricas, escala USDA y ISSS	22
Cuadro 6. Escala de clasificación de tubérculos por tamaño	37
Cuadro 7. Clase textural de diferentes tratamientos en dos profundidades del suelo	43
Cuadro 8. Tabla de densidades aparentes.	44
Cuadro 9. Tabla de valores de materia orgánica en porcentaje para los diferentes tratamientos a diferentes profundidades.	46
Cuadro 10. Tabla de Valores del nitrógeno total	49
Cuadro 11. Tabla de Valores de Fósforo en diferentes en diferentes periodos de muestreo de suelo.	51
Cuadro 12. Tabla de Valores de Capacidad de intercambio Catiónico en diferentes periodos de muestreo de suelo	53
Cuadro 13. Valores promedio de conductividad eléctrica	55
Cuadro 14. Pruebas de medias en altura de planta	66
Cuadro 15. Prueba de Medias de Cobertura Foliar	68
Cuadro 16. Comparación de medias de rendimiento (t/ha)	70
Cuadro 17. Comparación de rendimientos entre la gestión 2007 y 2008	72
Cuadro 18. Comparación de medias con respecto al número de tubérculos	74

## INDICE DE FIGURAS

Pág.

Figura 1. Zonas Productoras de Tubérculos, semilla a nivel Nacional	8
Figura 2. Variación de la precipitación pluvial (Chinchaya 2007 – 2008).	39
Figura 3. Relación de la precipitación con la evapotranspiración para el Periodo Noviembre-Abril (2007 – 2008) Chinchaya.	40
Figura 4. Variación de la temperatura (Chinchaya 2007 – 2008).	41
Figura 5. Comportamiento del Potencial Hídrico.	57
Figura 6. Tendencia de la humedad volumétrica promedio en el tiempo con relación a la precipitación	58
Figura 7. Comparación del porcentaje de humedad volumétrica a dos profundidades, en relación a la capacidad de campo y el punto marchitez permanente	60
Figura 8. Pruebas de infiltración parcela experimental Chinchaya.	61
Figura 9. Eficiencia del uso del agua de cada tratamiento.	63
Figura 10. Altura de planta a diferentes tratamientos.	65
Figura 11. Porcentaje de cobertura foliar de los diferentes tratamientos.	67
Figura 12. Rendimiento (t/ha) con relación a tratamientos.	69
Figura 13. Numero de tubérculos/ planta en relación a diferentes tratamientos.	73
Figura 14. Porcentaje de tubérculos por categoría en los diferentes tratamientos	76

## **INDICE DE ANEXOS**

- Anexo 1. Mapa de Localizacion
- Anexo 2. Croquis del Experimento
- Anexo 3. Análisis Físico – Químico de análisis de suelos
- Anexo 4. Parámetros de interpretación.
- Anexo 5. Tabla de presupuestos
- Anexo 6. Datos de variables evaluadas en el ensayo
- Anexo 7. Tabla de rendimientos post cosecha.
- Anexo 8. Datos de porcentaje de humedad volumétrica
- Anexo 9. Datos climáticos
- Anexo 10. Análisis de varianza de diferentes variables
- Anexo 11. Planillas de análisis de textura
- Anexo 12. Tabla de pruebas de infiltración
- Anexo 13. Fotografías de campo

## DEDICATORIA

*Dedico este trabajo con el mas profundo agradecimiento a DIOS padre celestial, a mis padres Julio Quispe Torrez (✠) y Aurora Chuquetanga Huarachi, por el apoyo espiritual, moral y material, ya que con su ejemplo me enseñaron que todo esfuerzo solo culmina al final del camino, a mis hermanos: Julio Ramiro, Jimena Aurora y Leticia por la paciencia, comprensión y animo que me brindaron en todo momento.*

*“Andad sabiamente para con los de afuera, redimiendo el tiempo. Sea vuestra palabra siempre con gracia, sazonada con sal, para que sepáis como debéis responder a cada uno”  
Col= 4:4-5*

## **AGRADECIMIENTOS**

### **A LA CARRERA DE INGENIERIA AGRONOMICA**

Agradecer a los docentes sin excepción alguna, por la formación académica que me brindaron, hasta la conclusión de mis estudios.

### **AL PROYECTO SANREM-CRSP**

Un profundo agradecimiento, por haberme dado la posibilidad de realizar mi tesis en dicho proyecto, al ing. Jorge Cusicanqui así como a los ingenieros Mirco Peñaranda, Ing. Edwin Yujra, Ing. Justina Condori, Ing. Andrés Bustamante, Ing. Romulo Torrez por su amistad y sugerencias para enriquecer el presente trabajo.

### **A MIS ASESORES**

Ing. Roberto Miranda Casas, Ing. Rafael Díaz Soto por su confianza y paciencia depositada en mi persona además de haber contribuido en gran manera en el presente trabajo, con sugerencias, apoyo en material logístico, por las observaciones y correcciones.

### **AL TRIBUNAL REVISOR**

Conformado por el Ing. M. Sc. Jorge Pascuali Cabrera, Ing. Ramiro Mendoza, Ing. Celia Fernández, por las correcciones realizadas para la presentación final del documento.

### **A MIS COMPAÑEROS y AMIGOS**

De la facultad de agronomía, por la incondicional amistad que me brindaron así como sugerencias y apoyo moral para la conclusión del presente trabajo, mis agradecimientos infinitos.

## RESUMEN

La baja fertilidad de los suelos es el principal limitante de la baja productividad en Bolivia. las estrategias de fertilización deben concebirse en base a las condiciones de fertilidad de los suelos en las zonas de producción. Bajo tales antecedentes se propuso estudiar el efecto residual de la aplicación de los abonos orgánicos e inorgánicos en la eficiencia del suelo.

El experimento, se realizó en la comunidad de Chinchaya del municipio de Acoraimes provincia Omasuyos, que corresponde al altiplano Nor-Oeste, a 135 km aproximadamente de la ciudad de La Paz ubicado Geográficamente a 15° 53' 38" LS y 68°54'16" LW, a una altitud de 3850 msnm.

El experimento se acomodo en un diseño de bloques al azar con un solo factor (Tipos de Abonos) T1. Sin Abono (testigo), T2. Fertilizante (UREA + FDA), T3. Estiércol de Ovino, T4. Estiércol de Bovino, T5. Turba, T6. Est Ovino + Fert., T7. Est. Bovino + Fert con tres repeticiones, distancia entre surcos de 0.70 y entre plantas de 0.30cm, se hicieron dos aporques, para la parte de evaluación de los tres bloques, de la parcela experimental, se tomaron 4 muestras de cada tratamiento, para la toma de datos tanto para las variables agronómicas y fenológicas, para el comportamiento de la humedad se tomaron muestras cada 20 días mediante un barreno Stony a 15 y 30 cm. de profundidad, los cuales fueron pesados en una balanza analítica graduada, para la evaluación de la eficiencia del uso del agua (EUA), se registraron datos climatológicos diarios (precipitación, temperatura), durante todo el ciclo del cultivo, además del rendimiento, cuya evaluación se realizo tomando muestras individuales, por metro cuadrado (6 plantas/m<sup>2</sup>) de cada tratamiento.

Para el análisis químico y físico se tomaron muestras en la floración y post. cosecha analizados en laboratorios de la universidad de Missouri y IBTEN para el análisis químico y el físico en el laboratorio de edafología Fac. Agronomía UMSA, la textura determinada por el análisis físico fue franca-franca arcillosa con pH tendiendo a la alcalinidad con una conductividad eléctrica baja en cuanto a las sales, el análisis Químico muestra la distribución de los nutrientes esenciales, distribuidos equitativamente, solo en el caso del fósforo, se tienen diferencias entre tratamientos, los tratamientos con fuentes inorgánicas tuvieron mejor respuesta en el rendimiento, como en las variables agronómicas esto a razón del efecto residual de los mismos, que fueron asimilados de mejor manera tanto en el suelo con densidad aparente, mostrados también en la conductividad eléctrica, la retención de humedad en todo el ciclo es considerada de alta, la eficiencia del uso del agua se distribuyo tubo una distribución similar a el rendimiento.

En conclusión la influencia del efecto residual se vio en el rendimiento comparado con la gestión anterior, disminuyendo en tratamientos con fuentes inorgánicas, por lo que se debería realizar estudios de tasas de mineralización tanto para el suelo y cultivo, así mismo aplicar el estudios en cultivos de rotación y ver la influencia residual, utilizar metodologías para el calculo de la eficiencia del uso agua.

## ABSTRACT

Low soil fertility is the main limiting factor of low productivity in Bolivia. Fertilization strategies should be designed based on the conditions of soil fertility in areas of production. Under such a background was to examine the residual effect of the application of organic and inorganic fertilizers on the efficiency of the soil.

The experiment was conducted in the community of the municipality of Ancoraimes Chinchay Omasuyos province, which corresponds to the plateau north-west, 135 km away from the city of La Paz Geographically located at 15 ° 53 '38 "LS and 68 ° 54'16" LW , at an altitude of 3850 meters.

The experiment was accommodated in a randomized block design with one factor (Types of Fertilizers) T1. Without fertilizer (control), T2. Fertilizer (Urea + FDA), T3. Sheep manure, T4. Cattle manure, T5. Peat, T6. Est Sheep + Fert., T7. Est Cattle + Fert with three repetitions, distance between rows and between plants 0.70 to 0.30cm, hilling made two for the evaluation of the three blocks of the experimental plot were taken 4 samples of each treatment for data taking for both agronomic and phenological variables for the behavior of moisture samples were taken every 20 days by a Stony hole 15 and 30 cm. depth, which were weighed on an analytical balance graduated to evaluate the efficiency of water use (USA), were recorded daily climatological data (precipitation, temperature) throughout the crop cycle, in addition to performance, as assessment was made on individual samples per square meter (6 plants/m<sup>2</sup>) for each treatment.

For the chemical and physical analysis were sampled at flowering and post. harvest analyzed in laboratories at the University of Missouri and IBTEN for chemical and physical analysis in the laboratory of Soil Agronomy Fac UMSA, texture determined by physical analysis was frank, candid clayey with pH tending to an electrical conductivity alcalinilidad low in terms of sales, chemical analysis shows the distribution of essential nutrients, evenly distributed, only in the case of phosphorus, are different between treatments, the treatments with inorganic sources had better response performance, as in the variables agronomic this to reason the residual effect of these, which were assimilated better both on the ground with apparent density, also shown in electrical conductivity, moisture retention in the whole cycle is considered high, the use efficiency water distribution pipe was distributed similar to the performance.

In conclusion, the influence of residual effect on performance was compared with the previous management, lowering treatments with inorganic sources, so that there should be studies mineralization rates for both the soil and crop and applies the same culture studies rotation and sees the residual influence, using methodologies for calculating water use efficiency.

## 1. INTRODUCCIÓN

En la mayoría de las zonas de producción, la baja fertilidad de los suelos es uno de los problemas en la producción de papa en Bolivia. Los suelos del altiplano en general se caracterizan por presentar bajos niveles de materia orgánica, lo que repercute en su escasa disponibilidad de nutrientes y deficiencias en las condiciones físicas hasta llegar a condiciones desérticas.

Sobre la fertilidad de los suelos, los abonos orgánicos se han usado desde tiempos remotos y su influencia ha sido demostrada, aunque su composición química, el aporte de nutrientes, su efecto en el suelo, varían según su procedencia, edad, manejo, contenido de humedad y las condiciones climáticas, ya que el efecto de la materia orgánica en el primer año es del 50%; el 25% en el segundo y del 12 al 15% en el tercero, sin que se pueda concretar la cuantía en los años sucesivos, que es muy baja (Juscafresa, 1996), para el caso de los fertilizantes el efecto se denota en el Fósforo que disminuye en un principio pero a partir del tercer año tiene un efecto residual prolongado, no así en el Nitrógeno que mantiene el contenido en el suelo de 0.11 por ciento, (PROINPA, 1997).

Trabajos de investigación con respecto al tema de efecto residual se conocen de algunos casos de estudio, es así que el proyecto SANREM, en la gestión 2006/2007, realizó un trabajo del efecto de la incorporación de abonos orgánicos e inorgánicos en el cultivo de la papa, en tres comunidades del Municipio de Ancoraimes. Se aplicaron al suelo diferentes niveles de abonos orgánicos, así como fertilizantes químicos para determinar su influencia en las condiciones físicas del suelo y en la producción.

La falta de conocimiento sobre el efecto residual de abonos orgánicos e inorgánicos, el efecto de la aplicación continua al suelo, el grado de biodegradación en el tiempo y su impacto en la planta, hace que exista la necesidad de realizar un estudio, como segunda fase de dicho trabajo para determinar el efecto residual de la incorporación de estos abonos y fertilizantes para determinar su incidencia en las

condiciones físicas del suelo, reflejado en el comportamiento de la papa, cuyos resultados favorecerán a posteriores investigaciones y/o productores de la zona.

## **1.1 Objetivos**

### **1.1.1 Objetivo General**

Conocer el efecto residual de la aplicación de fertilizantes orgánicos e inorgánicos, en la humedad y la eficiencia del uso del agua en el comportamiento agronómico de la papa bajo el manejo tradicional del agricultor.

### **1.1.2 Objetivos específicos**

- Evaluar las características físicas y químicas del suelo.
- Evaluar el comportamiento de la humedad del suelo a diferentes profundidades.
- Determinar la Eficiencia del Uso del Agua en el cultivo de papa.
- Determinar el efecto de fertilizantes orgánicos e inorgánicos residuales, en el rendimiento y comportamiento agronómico de la papa.

## **2. REVISIÓN DE LITERATURA**

### **2.1 Aspectos generales del cultivo**

#### **2.1.1 Importancia de la papa**

El cultivo de papa es importante porque constituye la base de la alimentación de un 80 % de la población (Caero, 1984). El tubérculo de papa constituye un alimento de gran importancia en América latina y en algunos países de Europa central y Occidental, en regiones privilegiadas por este cultivo va adquiriendo cada día más importancia, (Gispert y Prats, 1986).

En Bolivia, es uno de los cultivos andinos más importantes, ya que se cultiva en siete de los departamentos del país (La Paz, Oruro, Potosí, Santa cruz, Chuquisaca, Cochabamba, Tarija) (Zeballos, 1997), Es considerada también una fuente de ingresos y de seguridad alimentaría para el habitante andino, ya que puede ser transformado en chuño y tunta, (PROINPA, 1998).

Juega un papel socio cultural muy importante entre los productores, por lo que aun se conserva y cultiva una diversidad de variedades de papas nativas principalmente para el autoconsumo y trueque en las ferias comunales (Coca, 1996). Es el producto principal de la dieta de la población que tiene recursos limitados para diversificar su canasta de consumo (MACA, 2004).

Las variedades de la zona andina boliviana son las de mejor calidad culinaria del mundo, el departamento de La Paz especialmente en área sur y sureste, por producir papa como su cultivo principal, con relación a otros cultivos como ser el de las frutas y los cereales que se ubican en tercer puesto, detallados en el cuadro 1 (MACA, 2004).

**Cuadro 1. Porcentajes de producción por cultivo, en el departamento de La Paz**

CULTIVO	PRODUCCION (%)
Tubérculos	23
• Papa	40.1
• yuca	7
Frutas	22.9
Cereales	13.3
Forrajes	5.8
Estimulantes	3.9
Industriales	3.7
Hortalizas	3.7
<b>Total</b>	<b>100</b>

Fuente: Ministerio de agricultura, ganadería y desarrollo rural (2002)

### 2.1.2 Rendimiento de la papa a nivel nacional, departamental y local

El cultivo de papa en Bolivia refleja diferentes valores en rendimiento, la zona del altiplano es la que tiene mayor producción y superficie cultivada, pero contrariamente presenta los rendimientos más bajos del país, los valles presentan rendimientos significativos, pero más significativos son los rendimientos altos en la zona tropical como se muestra en el cuadro 2.

**Cuadro 2. Superficie, Producción y rendimiento a nivel Bolivia**

Departamento	Superficie (ha)	Producción (t)	Rendimiento (kg/ha)
<b>Zona del Altiplano</b>	<b>73.735</b>	<b>406.808</b>	<b>5.165</b>
La Paz	35.020	205.743	5.875
Oruro	8.600	35.432	4.120
Potosí	30.115	165.633	5.500
<b>Zona del Trópico</b>	<b>6.495</b>	<b>55.987</b>	<b>8.620</b>
Santa Cruz	6.495	55.987	8.620
Beni	0	0	0
Pando	0	0	0
<b>zona del Valle</b>	<b>49.270</b>	<b>323.971</b>	<b>8.608</b>
Chuquisaca	19.000	1717.990	6.210
Cochabamba	20.610	140.148	6.800
Tarija	9.660	65.833	6.815
<b>MEDIA BOLIVIA</b>	<b>18.5</b>	<b>12.395</b>	<b>6.217</b>

Fuente: Banco de Santa Cruz (2005)

Los cultivos en Bolivia presentan diferencias en el rendimiento debido a los dos estratos bien diferenciados representados por una economía dual, una situada en la

parte occidental (economía campesina) y otra en el trópico (economía empresarial) (Bojanic, 2002).

En el municipio de Ancoraimos, 2da sección de la provincia Omasuyos, comunidad Chinchaya (sitio del área de estudio) la tecnología que se emplea es la tradicional, vale decir trabajo manual, combinado con herramientas, uso de animales (yunta), existiendo en esta zona un mínimo uso de tecnología mecanizada, siendo el fuerte de su producción en los últimos años el cultivo de cebolla que son sembrados en superficies pequeñas, tal como muestra el cuadro 3.

**Cuadro 3. Rendimiento de papa y otros cultivos en el municipio de Ancoraimos.**

CULTIVO	Sup. Cult./ha	Rend. t/ha	Prod, Auto Consumo	Venta	Transformación
PAPA	800	5,02	50%	40%	10%
OCA	400	3,2	60%	40%	0
ARVEJA	80	1,48	60%	40%	0
CEBOLLA	420	6,8	60%	40%	0
HABA	80	1,48	60%	40%	0
QUINUA	640	0,6	60%	40%	0

Fuente: upc.gov.bo (2002)

### 2.1.3 Factores que determinan la productividad

Muchos son los factores que afectan al desarrollo de los tubérculos, algunos controlados en su mayoría por los agricultores, entre los que se puede mencionar: la variedad, edad fisiológica de la semilla, humedad del suelo, nutrición, control de plagas, pero existen otros factores que no pueden ser controlados como ser la temperatura, duración de la luz, y la precipitación pluvial (Sierra, 2005).

Los tubérculos son órganos de almacenamiento de almidón por consiguiente las condiciones que favorecen la elaboración y translocación de dichos carbohidratos también puede favorecer el crecimiento del tubérculo (Alvarado, 1988).

Los factores que en mayor grado afectan en mayor grado el crecimiento y desarrollo de los tubérculos además de la fertilidad del suelo y suministro de los nutrientes son los siguientes:

**Agua:** El déficit hídrico en el suelo se traduce en el déficit hídrico en la planta, esto produce el cierre de estomas, disminución de potencial de agua de las hojas y la tasa fotosintética debido a una mayor resistencia estomática para el ingreso de CO<sub>2</sub>, insumo principal para la fotosíntesis debido a esto la planta disminuye su crecimiento (Martinez y Huaman, 1987).

Si no existe un suministro adecuado de agua, el tubérculo no se puede desarrollar normalmente, aun cuando haya en el suelo cantidad adecuada de nutrientes. Un suelo seco en la etapa de formación de los tubérculos y en la etapa engrosamiento de los mismos, afecta notoriamente el rendimiento. Una lluvia bien distribuida a través del periodo de crecimiento, es ideal sin embargo un exceso de agua en el suelo, puede afectar el desarrollo de los organismos subterráneos, por su acción sobre la presencia de oxígeno ya que estos tallos requieren oxígeno suficiente para su respiración (Alvarado, 1988).

Los procesos de fotosíntesis y absorción de nutrientes son elementos de cualquier cultivo dichos procesos se realizan exclusivamente con agua, del total requerido, el 98% es utilizado en el proceso de transpiración y solo el 2% es utilizado en procesos metabólicos, el disponer de un buen abastecimiento de agua en los diversos estados de crecimientos es fundamental para un buen rendimiento (Pardave, 2004).

Por otra parte Sierra (2005), señala que el rendimiento es alto cuando la humedad del suelo se mantiene en un 70% de su capacidad disponible.

Paz (2006), indica que el cultivo de papa requiere agua para cada fase de su desarrollo, pero mucho más en periodos específicos como ser:

- **Fase de formación de estolones:** Ocurre después de 45 – 55 días después de la siembra esta fase es altamente susceptible a la falta de agua, pudiendo en condiciones de déficit hídrico formar un número reducido de estolones que se traducirá posteriormente a una baja producción (Canahua, 1991).
- **Fase de inicio de la tuberización:** Ocurre después de 65 – 75 días de la siembra muchas de las variedades en esta fase son muy sensibles al déficit

hídrico, influenciado negativamente en el número de tubérculos por planta (Ekanayake citado por Condori, 2003 y Pardave, 2004).

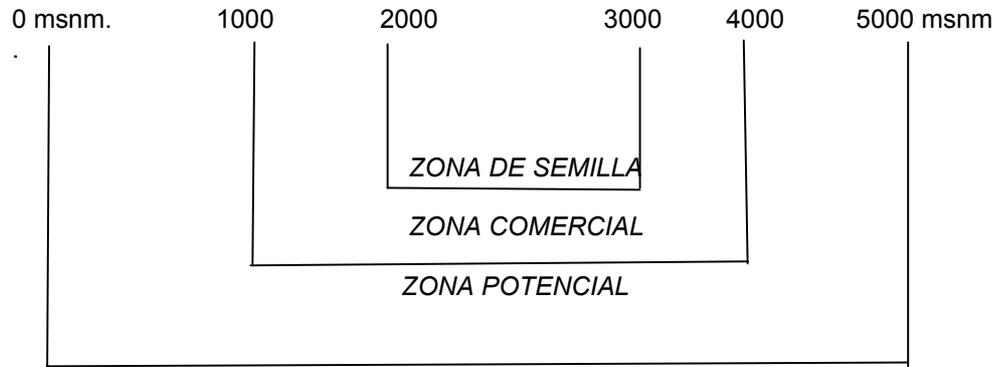
- **Fase de crecimiento y llenado final de tubérculos:** Ocurre después de 85–120 días después de la siembra durante el crecimiento y llenado final se requieren dosis elevadas de agua para obtener mayor diámetro de tubérculos y evitar la aparición de las grietas, la deformación, así como la aparición de la sarna común (Pardave, 2004)

**Clima:** Alvarado (1988), indica que bajo las condiciones de clima del páramo en Colombia los híbridos *S. tuberosum* x *S. andigena* tienen un ciclo de vida más largo, los tubérculos se deterioran más fácilmente en el almacenamiento y pierden un poco de color y la producción es menor que cuando se cultivan en clima frío hasta los 3000 msnm

El 60% de la cosecha anual se produce en el verano en las zonas altas, bajo condiciones de temporal o seco, el 40% proviene de los cultivos intermedios de zonas húmedas sin heladas y de los cultivos de invierno con riego de los valles y llanos. Cerca del 70% de la producción se consume en estado fresco, el 10% en forma de Chuño (papa deshidratada), y el 20% se destina para semilla (CNS, 1996).

**Altitud:** La papa se cultiva en diferentes altitudes desde la línea del Ecuador hasta más de 40° de latitud norte y sur (Horton 1986), el cultivo se produce en diferentes pisos ecológicos del país desde 4250 msnm (K`arojo - Provincia Bustillos, Potosí), hasta 1600 msnm Omereque - provincia Campero, Cochabamba (Zeballos, 1997).

Lujan (1987), de un modo general esquematiza las zonas productoras de papa en Bolivia de acuerdo a su altitud, ver figura 1.



Fuente: Lujan (1987)

**Figura 1. Zonas Productoras de Tubérculos, Semilla a nivel Nacional**

**Suelo:** Alvarado (1988), asevera que desde el momento que se siembra la semilla, el suelo que rodea el sistema radicular de la nueva planta debe ofrecer condiciones adecuadas para que tanto el tubérculo como las raíces puedan disponer de agua, nutrientes y oxígeno para su desarrollo, no son aptos aquellos suelos compactos, mal preparados encharcados o muy pesados, estos afectan el crecimiento de los tubérculos.

Los mejores suelos para la papa son los orgánicos, fértiles, porosos, profundos y bien drenados de ahí que los suelos franco arenosos y franco limosos son los mejores para el cultivo de papa (PROINPA-IBTA, 1994). Al respecto Tapia (1990), indica que los tubérculos requieren de suelos oscuros y ricos en materia orgánica ligeramente ácidos y de textura liviana (franco arenoso).

La papa presenta un sistema radicular muy ramificado llegando a ocupar los 40 cm de profundidad, por ello requiere de un suelo profundo orgánico, mullido, con buena retención de humedad, es así que los mejores rendimientos se logran en suelos franco arenosos con un pH de 5.5 a 8.0 (Pardave, 2004).

**Luz:** Se ha demostrado que la iniciación de la tuberización está muy influenciada por el fotoperiodo. Es evidente que la síntesis de los carbohidratos y el subsecuente crecimiento de los tubérculos, dependen de la cantidad de energía lumínica recibida por la planta (Alvarado, 1986).

Para el desarrollo de la parte aérea (follaje) es mas beneficioso si se tienen días largos en cambio para la formación de tubérculos son adecuados los días cortos (Filgueira, 1991).

La duración del día influye considerablemente en el crecimiento de la papa cuando se presentan condiciones con días cortos esto favorece a la planta a que se de una tuberización precoz, los estolones son cortos y el follaje escaso, bajo condiciones de días largos el procesos de tuberización se retarda (Sierra, 2005).

Cuando la intensidad de luminosidad es alta existe una máxima longitud del tallo la iniciación de la tuberización es temprana, el rendimiento es alto y los tubérculos contienen un porcentaje mayor de materia seca, por el contrario si la intensidad de luz es baja el crecimiento del follaje se estimula y el crecimiento del tubérculo es retardado (Sierra, 2005)

**Temperatura:** La temperatura afecta la respiración y sus procesos, por consiguiente el crecimiento y desarrollo de los tubérculos, mientras altas temperaturas estimulan el crecimiento del follaje, bajas temperaturas son más favorables para el desarrollo de los tubérculos, temperaturas de 25 a 30°C, son desfavorables mientras que cercanas a 15°C son los más ideales, altas temperaturas en épocas de sequía seguidas por una lluvia son la causa mas frecuente de la deformación de los tubérculos y rajaduras o fisuras en los mismos (Alvarado, 1986).

La temperatura influye en las funciones vitales de los vegetales tales como la transpiración, respiración, fotosíntesis, germinación, crecimiento, floración, y

fructificación. La relación que existe entre la temperatura y el crecimiento de la planta es muy compleja por que en ella intervienen varios procesos metabólicos (MAGDER, 1998).

La temperatura ideal para que el proceso de tuberización sea exitoso, es de 15 a 18 °C y del ambiente de 20 a 25°C, como una temperatura nocturna 9 – 12°C es importante para la acumulación de carbohidratos y materia seca de los tubérculos. La tuberización se retarda sustancialmente si la temperatura medio ambiente esta por encima de los 20°C, y se inhibe si es mayor a 30 °C (Sierra, 2008)

#### **2.1.4 Nutrientes requeridos por el cultivo**

Para un rendimiento de 20 t/ha de tubérculos en Costa Rica se requieren 220 kg de N, 20 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 240 kg de K<sub>2</sub>O, 80 kg de Ca, 20 kg de Mg y 12 kg de S (Silva Citado por Bertch 1995).

Para producir una tonelada de tubérculos en México son necesarios 5 kg de N, 2 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y 10 kg de K<sub>2</sub>O, fósforo y potasio se pueden reducir la dosis (Darpoux y Debelley citado por Guerrero, 1996).

La gran cantidad de nutrientes necesarios depende en gran manera del rendimiento del cultivo, asimismo de la variedad y de la respuesta a los fertilizantes. El cultivo de papa requiere para formar 20 toneladas de tubérculos por hectárea 140 kg/ha de N, 39 kg/ha de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 100 kg/ha de K<sub>2</sub>O, 2 kg/ha de Ca, 4 kg/ha de Mg, 6 kg/ha de Azufre estos entre los principales nutrientes (FAO, 2002).

#### **2.1.5 Rol de los nutrientes**

**Nitrógeno:** Es uno de los elementos de mas rápido y de mayor efecto en el crecimiento vegetativo aumenta la corpulencia de los granos y el porcentaje de proteínas las plantas reciben una cantidad insuficiente de este elemento (Buckman y Brady, 1991).

El nitrógeno es el motor del crecimiento de la planta, es absorbido por el suelo en forma de nitrato ( $\text{NO}_3$ ) o de amonio ( $\text{NH}_4$ ). En la planta se combina para formar aminoácidos y proteínas, un buen suministro de nitrógeno para la planta es suficiente para la absorción de otros nutrientes (FAO, 2002).

Este se constituye en el elemento más importante en la formación de proteínas y en la generación de grandes áreas fotosintéticas (tallos, hojas). Dosis demasiado altas alargan el periodo vegetativo, retarda la formación de tubérculos, además contribuyen a un bajo contenido de materia seca (Pardave, 2004).

**Fósforo:** La mayor cantidad de fósforo se encuentra presente en los tubérculos y después en las hojas y tallos. A los 40 días absorbe el 80% del total de fósforo posteriormente hace la translocación de los órganos aéreos hacia los tubérculos, este elemento es necesario esencialmente en la primera etapa del desarrollo del cultivo (Montaldo, 1984)

El fósforo se asimila durante todo el desarrollo vegetativo, pero al igual que el nitrógeno, la asimilación más intensa ocurre durante el máximo crecimiento de la planta, cuando se promueve un mayor aumento de la formación y el desarrollo de los tubérculos, se acelera su maduración y se incide su calidad (Villalobos, 1989).

El fósforo participa activamente en el metabolismo de los hidratos de carbono, formación de la clorofila para los procesos de la fotosíntesis, favorece el desarrollo radicular y acelera la maduración de los tubérculos, así como aumenta el número de tubérculos planta (Pardave, 2004).

El cultivo de papa absorbe la totalidad del fósforo, en los primeros 45 días de crecimiento y posteriormente va hacia los tubérculos (Saldías, 2004). Para producir 20 t.ha<sup>-1</sup> de papa se estima que el cultivo absorbe 220, 20, 240, 60 y 20 kg.ha<sup>-1</sup> de N, P, K, Ca y Mg (Bertsch 2003); sin embargo Soto (1998), encontró que el fósforo

extraído acumulativo aumenta conforme aumenta el uso del suelo, debido al efecto residual del fertilizante

**Potasio:** Es absorbido en forma de Ion ( $K^+$ ) aunque no forma parte de la estructura de los compuestos orgánicos en la planta es fundamental ya que capitaliza procesos como la respiración, la fotosíntesis, la formación de la clorofila, y la recuperación del contenido de clorofila (López y Espinoza, 1995). El potasio mejora el régimen hídrico de la planta y aumenta su tolerancia a la sequía, heladas y salinidad. Además las plantas bien provistas de potasio sufren menos al ataque de enfermedades (FAO, 2002).

El papel del potasio es importante en la síntesis de azúcares y del almidón, es así que la función primaria del potasio esta ligada al transporte y acumulación de azúcares dentro del tubérculo esta función permite el llenado del tubérculo (López y Espinoza, 1995). Este elemento tiene fuerte incidencia en la textura, coloración y sabor de la papa como en la conservación de esta, dando más firmeza la piel y resistencia a los golpes (Pardave, 2004)

## **2.2 Abonos Orgánicos**

### **2.2.1 Uso y acción de los abonos orgánicos**

Los abonos orgánicos fueron utilizados como fertilizantes entre las grandes culturas de la antigüedad (2000 a 2500 a. c.), y los centros agrícolas más importantes que se desarrollaron en las riberas de los grandes ríos, donde la alta fertilidad de los suelos era debido en gran parte a su contenido de materia orgánica, unos mil años d. c. se realizó una primera clasificación de los abonos orgánicos y se agruparon como abonos verdes y aguas negras para la producción agrícola (Tisdale y Nelson, 1975).

Los abonos orgánicos se han usado desde tiempos remotos y su influencia sobre la fertilidad de los suelos se ha demostrado, aunque su composición química, el aporte de nutrimentos a los cultivos y su efecto en el suelo varían según su

procedencia, edad, manejo y contenido de humedad (Romero *et al.*, 2000). Además, el valor de la materia orgánica que contiene ofrece grandes ventajas que difícilmente pueden lograrse con los fertilizantes inorgánicos (Castellanos, 1980).

Los fertilizantes orgánicos son los más conocidos y de aplicación más universal. El estiércol también se ha utilizado desde los tiempos prehispánicos y se cree que se continuará usando en tanto que los animales alojados en corrales permanezcan en las explotaciones agrícolas (Hubbel, 1983).

### **2.2.2 Respuesta del cultivo de papa a la aplicación de abonos**

La combinación de fertilizantes minerales y orgánicos mejoran la calidad de la papa y que la fertilización mineral alta, reduce el valor biológico de las proteínas en los tubérculos (Kulakovskaya y Brysozovskii, 1984).

Los estiércoles se utilizan en el abonamiento de las tierras de cultivo, con preferencia son aplicados en cultivos de papa y en algunas hortalizas. Debido a un mal manejo, su eficiencia agronómica es baja, llegando de 30 – 50 % (Villaruel, 1990).

Usar compost de pollinaza incrementa el rendimiento de papa, aunque se observó también un efecto residual, pues en ciclos sucesivos encontró una alta concentración de Nitrógeno en el suelo, con lo que la planta absorbió más nitrógeno del requerido, lo que retardó la formación y maduración de tubérculos (Buchanan, 1993).

Un suelo de textura franca los niveles crecientes de estiércol de vacuno incrementan el rendimiento de papa; pero el fertilizante químico, solo o en mezcla con el estiércol, produjo los rendimientos más altos (Valverde *et al.*, 1994).

### **2.2.3 Importancia de los abonos orgánicos en el suelo**

Los abonos orgánicos cumplen un papel de vital importancia en el mejoramiento de los suelos de cultivo, pues su presencia en los mismos cumple las siguientes funciones: a) aporta los nutrientes esenciales para el crecimiento de las plantas durante el proceso de descomposición; b) activa biológicamente el suelo; c) mejora la estructura del suelo, a su vez el movimiento del agua y del aire y por ende el desarrollo del sistema radicular de las plantas; d) incrementa la capacidad de retención del agua; e) incrementa la temperatura del suelo; f) incrementa la fertilidad potencial del suelo; g) contribuye a estabilizar el pH del suelo, evitando los cambios bruscos del pH; h) disminuye la compactación del suelo; i) favorece la labranza; j) reduce las pérdidas del suelo por erosión hídrica o eólica (Chilon, 1996).

La incorporación del abonado orgánico se la debe hacer en otoño e invierno, para que en primavera se encuentren en estado avanzado de descomposición (Paz Yuste, 1997). Los abonos orgánicos contienen una cantidad limitada de elementos nutritivos y sirven sobre todo a mantener y mejorar las propiedades físicas mientras que los abonos minerales ricos en elementos nutritivos deben aplicarse para devolver al suelo la mayor parte de los elementos sacados por el suelo (FAO, 1999).

La riqueza de elementos nutritivos del estiércol depende de la fertilidad del suelo y de la calidad de alimentación del ganado. El horizonte más superficial del suelo se ve enriquecido en nutrientes. Los nutrientes poco móviles, tales como el fósforo y el potasio procedentes de los fertilizantes o de la descomposición de los restos orgánicos se acumulan en los primeros centímetros de suelo (FAO, 1999).

La estructura y densidad del suelo evolucionan de forma natural, los agregados incrementan su estabilidad, la densidad se mantiene constante a lo largo del año en ciertos suelos con tendencia a la compactación, se constata un incremento de la

densidad aparente, en especial en los primeros años de laboreo reducido o nulo (González, s.f.).

#### **2.2.4 Clasificación de los abonos orgánicos**

En la actualidad, los abonos orgánicos se clasifican en 10 categorías con base a sus fuentes de origen: 1) residuos de cosecha, 2) abono verde, 3) compost común, 4) compost de setas, 5) estiércol bovino, 6) estiércol porcino, 7) gallinaza, 8) residuos de alcantarilla, 8) residuos post extracción de aceite comestible y 10) residuos de procesamiento de productos animales (Hesieh, 1990).

**Estiércol de bovino:** Tiene una importante presencia de compuestos de lenta degradabilidad, su descomposición es lenta pero contribuye altamente a la mejora de la estructura del suelo. Su efecto nutritivo puede equivaler en el primer año de su aportación hasta el 30% del nitrógeno total presente y el efecto residual tiene importancia relevante después de varios años del cese de los aportes, en función del tipo de suelo, del clima, de las labores, de otros abonados y de los cultivos que se siembren además de presentar características fuertemente diferenciadas en función del sistema de cría. En general, se trata de un abono de eficiencia media en el curso del primer año y de buen efecto residual, aunque presenta gran variabilidad.

**Estiércol de ovino:** Sus propiedades oscilan entre las del estiércol bovino y la gallinaza; es el estiércol de riquezas más elevadas en N y K<sub>2</sub>O comparado con los estiércoles de los demás animales. El efecto sobre la estructura del suelo es mediano. La persistencia es de tres años, mineralizándose aproximadamente el 50% el primer año, 35% el segundo año y el 15% el tercer año.

Loárca citado por De León (2001), menciona que los estiércoles ovinos, caprinos y caballares, son estiércoles calientes, que se fermentan fácilmente y que son especiales para tierras frías, fuertes y arcillosas.

**La turba**, que aunque no tiene una acción idéntica, resulta más beneficioso para aquellos casos en que lo que interesa es principalmente dar soltura al suelo y, sobre todo, aumentar su capacidad hídrica, en este aspecto es muy superior al estiércol (Juscafresa, 1996).

**Turba ácida.** Residuos vegetales procedentes de plantas desarrolladas y descompuestas en un medio saturado de agua y puede contener originalmente cierta cantidad de material terroso.

**Turba no ácida.** Residuos vegetales procedentes de plantas desarrolladas y descompuestas en un medio saturado de agua y puede contener originalmente cierta cantidad de material terroso (INFOAGRO, 2008).

**Cuadro 4. COMPOSICION QUIMICA DE ESTIERCOLES (%)**

<b>NUTRIENTES ESTIERCOLES</b>	<b>N</b>	<b>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub></b>	<b>K<sub>2</sub>O</b>
Vaca	1,67	1,08	0,56
Caballo	2,31	1,15	1,3
Gallinaza	6,11	5,21	3,2
Oveja	3,73	4,52	2,89
Cerdo	3,81	1,1	1,25

Fuente: proabonos.gob.pe (2004)

## **2.2.5 Características de la materia orgánica**

### **2.2.5.1 Materia orgánica y rendimiento de los cultivos**

La materia orgánica es un componente fundamental que afecta las propiedades físicas y químicas del suelo, como son la retención de agua, la aireación, la erosión, la capacidad de intercambio catiónico (CIC), la disponibilidad de nutrientes y la estabilización de la estructura (Salinas, 1990).

La materia orgánica al cabo de 40 a 180 días existe una mineralización importante de los residuos, disminuyendo a partir de este momento las tasas de descomposición (Bohn *et al.* (1993).

La materia orgánica esta constituida por todas las sustancias carbonatadas orgánicas en forma simplificada, compuesta de residuos vegetales con un 40 % de carbono y la materia orgánica humificada con un 58 % de carbono en el horizonte A. contiene casi todo el nitrógeno del suelo en un 98% aproximadamente, la relación C/N es muy estable con un valor medio de 10 a 12, representa una pequeña fracción del suelo del 1 – 6 %, decreciendo en profundidad, es un factor muy importante pues afecta la estabilidad de los agregados, la capacidad de almacenamiento de agua útil, la CIC y la disponibilidad de nutrientes como el nitrógeno (Loveland y Webb, 2003)

#### **2.2.6 Efecto residual de la aplicación de abonos orgánicos**

Un aumento de pH es proporcional al incremento del contenido carbono orgánico, que actúa como un regulador e inactiva al hidrógeno, además que los valores medios de conductividad eléctrica mostraron clara tendencia a ser más altos en los tratamientos que recibieron estiércol (Pikull y Allmaras, 1986).

Un posible aspecto negativo de la aplicación de abonos orgánicos debe asignarse a la CE que presenta un elevado contenido de sodio, que provoca problemas de salinidad en el caso de algunos suelos. El pH de los suelos se eleva por los niveles de bases cambiables que estos presentan, principalmente calcio y magnesio (Olivier y Bornemisza, 1990). Cuando se aplica estiércol bovino existe una tendencia a acumular sales, lo cual pudiera llegar eventualmente a convertirse en un problema (Eghbal y Power, 1994)

La materia orgánica puede ir disminuyendo paulatinamente sin que se aprecien cambios grandes en el rendimiento, pero llegado el momento en que el nivel es muy bajo, se producen repentinamente condiciones desérticas, debido a que el suelo disminuye extraordinariamente su capacidad de retención de humedad y al mismo tiempo su estructura empeora de tal manera que la capacidad para penetrar la lluvia o el agua de riego es tan baja, que prácticamente no se pueden aprovechar, en principio se considera que la acción de la materia orgánica se

reparte de la siguiente forma: el 50% de efecto en el primer año; el 25% en el segundo y del 12 al 15% en el tercero, sin que se pueda concretar la cuantía en los años sucesivos, que indudablemente es muy baja (Juscafresa, 1996).

El régimen de temperatura de los suelos se modifica, se vuelve algo más frío y las oscilaciones térmicas de su superficie disminuyen debido al recubrimiento del mismo con el rastrojo y los cambios sufridos en sus propiedades térmicas (González, s.f.)

## **2.3 Abonos Inorgánicos**

Los fertilizantes contienen elementos que requieren las plantas para satisfacer sus requerimientos nutricionales, cuando se fertiliza un suelo con fosfatos estos deben agregarse muy cerca de la raíz a cierta profundidad para su absorción los nitratos y amonios no necesitan esta localización por ser móviles y fácilmente intercambiables (Rodríguez, 1982).

La fertilización no debe aplicarse en suelos que no cuenten con una precipitación entre la siembra y la época de maduración, la presencia de mayor humedad en el suelo favorece a la fertilización (Augstburger, 1989).

Los fertilizantes químicos ayudan a la formación de materia orgánica produciendo cultivos mas grandes, dejando residuos que restituyen el suelo, ayudando en la en la alimentación de los microorganismos del suelo, resultando en una conversión mas rápida de los residuos frescos de la materia orgánica para el suelo, cuyos sistemas de raíces grandes, distribuyen la materia orgánica a mayor profundidad en la tierra (Garman 1996).

### **2.3.1 Efecto residual de la aplicación de abonos inorgánicos**

El efecto residual de la aplicación de los fertilizantes minerales en la composición química del suelo, es notorio hasta el segundo año para el fósforo, cuya

concentración aumenta después de la aplicación del fertilizante, baja a niveles inferiores al inicio a partir del tercer año, en un sistema rotacional, existe un efecto residual prolongado, su efecto es mas notorio en el rendimiento correspondiente al número de vainas verdes por planta de haba. Esto se debería a la disponibilidad gradual de este elemento en el suelo. Para el caso del nitrógeno, el análisis de suelos no mostró cambios durante los tres años del ciclo de rotación, manteniéndose el contenido en el suelo de 0.11 por ciento, (PROINPA, 1997).

### **2.3.2 Características de abonos inorgánicos usados en el estudio**

**Urea ( $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$  (45 - 46% N)).-** La urea es un fertilizante sólido, cristalino, de color blanco con una elevada concentración de nitrógeno total alcanzando un 45 a 46% y con la característica de ser un sólido muy higroscópico y soluble en agua, muy utilizado en fertilizaciones foliares. Una vez incorporada al suelo, en condiciones prácticas, la urea sufre algunos cambios debido a la actividad biológica; transformándose en amonio ( $\text{CO}_3(\text{NH}_4)_2$ ) induciendo a una cierta alcalinidad, luego las bacterias lo nitrifican pasando al estado de nitratos y produciendo una reacción ácida. Las plantas lo absorben y utilizan en forma nítrica y amoniacal, la primera forma es asimilada directamente y la amoniacal pasa a la forma nítrica para poder ser asimilada, aunque una pequeña parte puede ser asimilada en forma amoniacal (Rodríguez, 1982).

La urea es un fertilizante nitrogenado del grupo de las amidas, su riqueza en nitrógeno es de 46%, su presentación es forma perlada generalmente, aunque la fabrican en forma cristalizada y en polvo (Guerrero, 1996), es higroscópico y muy soluble en agua (Bertsch, 1995).

**Fosfato diamónico ( $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$  (18 - 46 - 00)).-** Según Garman (1992), el Fosfato diamónico es un material sólido que se obtiene haciendo reaccionar el amonio con el ácido fosfórico, se pueden formar diferentes fosfatos, dependiendo ello de la cantidad de amoniaco que reaccione con el fosfato monoamónico  $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$  y el fosfato diamónico ( $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$  (16- 48 -00) se obtiene cuando se emplea el ácido

fosfórico de proceso húmedo, presenta una riqueza en nitrógeno del 18% y fósforo 46%, es un fertilizante sólido, polvo o granulado con una solubilidad del 98% al agua (Lopez y Espinoza, 1995).

### **2.3.3 Niveles de fertilización química en Bolivia**

En el cantón Otavi (Provincia Linares, Potosí) ubicada a 3500 msnm, con una precipitación promedio anual de 438 mm, la temperatura media 12°C se utilizo un nivel de 80-90-15 kilogramos por hectárea de N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O, se registro buen rendimiento de 11.03 y 9.85 t/ha en variedades de Sani imilla y Waycha cuyo suelo presenta baja materia orgánica con textura arcillo arenosa (FAO, 1990).

En función de la fertilidad del suelo varia los requerimientos de la papa, es así que para el altiplano central la dosis recomendada para una hectárea es de 80kg de N y 120 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (PROINPA, 1998).

En ensayos en parcelas demostrativas se evidencio que a niveles de 80-90-00 kilogramos por hectárea de N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O se obtuvieron altos rendimientos de 15,94 t/ha con semilla certificada de Santa Cruz la Sierra (FAO, 1999).

En la localidad de Achacachi (Provincia Omasuyos) del altiplano norte con niveles de 80-120-00 kilogramos por hectárea de N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O en condiciones de secano se obtuvieron rendimientos de 17.45 y 18.79 t/ha para variedades de Waych`a y Sani imilla con semilla fiscalizada (Condori, 2003).

En la comunidad de Kallutaca (2da sección Provincia los Andes) con niveles de 50-100-00 kg/ha de N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O dosis utilizada y adecuada a productores se obtuvo rendimientos de 9.40 t/ha frente al testigo, de 7.34 t/ha (Paz, 2006).

## **2.4 Agua en el suelo**

### **2.4.1 Importancia del agua en el suelo**

El agua es retenida en el suelo por la fuerza combinada de la atracción de las partículas del suelo y la acción capilar del agua en los poros, y es retirada por efecto de la evaporación y la absorción por las raíces de las plantas. A niveles menores de humedad la fuerza de retención de agua del suelo será mayor, por lo que la absorción de agua por las plantas es posible solamente en un rango limitado de humedad, donde la fuerza de absorción de agua de las plantas es mayor a la fuerza de retención de agua del suelo (Santa Olalla *et al.*, 1993).

La humedad del suelo es una variable de estado clave para entender un gran número de procesos hidrológicos, que a su vez, están implicados en una gran variedad de procesos naturales geomorfológicos, climáticos, ecológicos, etc. que actúan a diferentes escalas espacio-temporales. La humedad del suelo es uno de los principales factores en la dinámica infiltración/escorrentía. Interviene directamente en la separación de la radiación neta entre calor sensible y latente, determina la cantidad de agua disponible para la evapotranspiración, controla el flujo subsuperficial y la migración de productos químicos hacia el acuífero. La humedad antecedente del suelo en una cuenca es un factor clave en la modelización hidrológica y de la erosión. El conocimiento del comportamiento de la humedad del suelo y su distribución espacio-temporal aporta una información esencial para los modelos climáticos (Entin *et al.*, 2000).

El suelo está constituido por componentes inorgánicos y orgánicos que dejan un espacio de huecos (poros) ocupado total o parcialmente por agua, aire, raíces y organismos que viven en el suelo. Por lo que desde un punto de vista físico, el suelo puede ser considerado como una mezcla porosa de partículas minerales, orgánicas, aire y agua con sustancias disueltas en solución.

El agua entra al suelo por efecto de la aplicación de agua a la superficie del suelo ya sea por precipitación o riego, se desplaza a través de los poros, aumentando la

profundidad conforme se van llenando, por lo que el movimiento del agua en el suelo será proporcional al diámetro de los poros, disminuyendo conforme los diámetros se reducen (Centro A.G.U.A. 2004).

#### 2.4.2 Propiedades del suelo que afectan el contenido de humedad

El suelo posee propiedades que afectan la retención y transmisión de agua en mayor o menor cantidad, y por lo tanto determinan el contenido de humedad del suelo. Entre las más importantes tenemos: la textura, la estructura y la porosidad.

**Textura:** En términos generales la textura del suelo hace referencia a las proporciones relativas de los diversos tamaños en que se presentan sus partículas minerales (Artigao y Guardado, 1993). La descripción de la textura se realiza a partir del análisis granulométrico, que permite determinar los porcentajes de las partículas cuyos tamaños están comprendidos entre límites definidos según escalas. Las escalas de las fracciones granulométricas establecidas por el USDA y la ISSS son las de mayor uso, por lo que se detallan a continuación:

**Cuadro 5. Fracciones granulométricas, escala USDA y ISSS**

<i>Escala</i>	<i>Fracción Granulométrica</i>	<i>Diámetro Aparente (mm)</i>
<b>USDA</b>	Arena muy Gruesa	1- 2
	arena gruesa	0,5 - 1
	Arena Mediana	0,25 - 0,5
	Arena Fina	0,1 - 0,25
	Arena muy Fina	0,25 - 0,1
	Limo	0,002 - 0,05
	Arcilla	< 0,002
<b>ISSS</b>	Arena gruesa	0,2 - 2
	Arena fina	0,02 - 0,2
	limo	0,002 - 0,02
	Arcilla	< 0,002

Fuente: Centro A.G.U.A. (2004).

En términos simples, se consideran tres fracciones granulométricas: arena, limo y arcilla, cuya proporción relativa en el suelo nos permite conocer la clase textural del

suelo, que busca agrupar aquellos suelos con similar comportamiento frente al agua y la respuesta de las plantas.

La proporción de la fracción arcilla determina en gran parte las propiedades físicas y químicas del suelo, debido principalmente a su mayor superficie específica (área superficial por unidad de masa) en relación con las otras fracciones. En general, a mayor contenido de arcilla, el suelo tiene una mayor capacidad de retención de humedad y una menor permeabilidad. Por lo que si se someten dos suelos a una misma tensión, el suelo con mayor contenido de arcilla presenta un mayor contenido de humedad. Este aspecto debe ser considerado en la interpretación de los resultados de la medición de humedad, ya que comparando dos suelos (uno franco arcilloso y otro franco limoso) con un mismo contenido de humedad, el suelo con mayor contenido de arcilla tiene menor cantidad de agua disponible para las plantas, puesto que tiende a retener con mayor fuerza una mayor cantidad de agua en el suelo (Centro A.G.U.A. 2004).

**Estructura;** La estructura se define como la agregación de las partículas primarias del suelo (arena limo y arcilla) en partículas compuestas llamadas “agregados”, separados de otros adyacentes por superficies débiles. La estructura del suelo proporciona un armazón tridimensional ocupado por sólidos que dejan numerosos espacios vacíos o “poros” que pueden presentarse tanto dentro de los agregados como entre los agregados. Por tal motivo, el tamaño y la cantidad de poros presentes está condicionado en gran medida por la estructura (Artigao y Guardado, 1993; citado por centro A.G.U.A, 2004).

La caracterización de la estructura se realiza en términos de tipo, grado y tamaño por lo que su permeabilidad es más rápida, pueden almacenar una mayor cantidad de agua y son más productivos. A potenciales mátricos altos los suelos con buen estado de agregación presentan una mayor capacidad de retención de agua, sin embargo a potenciales más bajos los suelos compactos pueden ser capaces de

almacenar más agua, ya que al compactarse el suelo algunos poros pasan de macro a microporos (Santa Olalla Mañas y Valero, 1993).

### 2.4.3 Cantidad de agua disponible para los cultivos

**Capacidad de campo (CC):** que se define como la cantidad de agua que es retenida en el suelo luego de drenar el agua gravitacional. Se presenta una disminución sustancial de la tasa de movimiento descendente del agua en el suelo. A este valor se lo conoce también como capacidad normal de campo, capacidad capilar, capacidad de retención de agua, y límite máximo cuando se lo relaciona con el cultivo. Su valor es variable pero para muchos suelos un valor aceptable oscilaría entre 10 a 33 kPa o 0,1 a 0,33 bar.

**Punto de marchites permanente (PMP):** referido al contenido de agua en donde la energía de retención es tan alta que los vegetales no la pueden absorber alcanzando su estado de marchites parcial o total como resultado del estrés hídrico. Si bien su valor es variable se ha tomado como valor de referencia -1500 kPa o -15 bar.

**Capacidad de Agua Disponible (CAD):** se refiere a la cantidad total de agua que un suelo puede almacenar para el crecimiento del cultivo a lo largo de su ciclo y es a la diferencia entre **CC–CMP**, también suele denominarse agua disponible, o agua útil. Esta diferencia puede calcularse en términos de humedad en peso (g/g), humedad en volumen ( $\text{cm}^3/\text{cm}^3$ ) o lámina (mm).

Relación entre energía de retención y contenido de agua del suelo para tres tipos de textura. También se muestra la clasificación funcional del agua asociada al tamaño de los poros y a las partículas primarias. CC= capacidad de campo; PMP= punto de marchites permanente; CAD= capacidad de agua disponible (Damiano, 1999).

La CAD esta afectada tanto por la estructura como la textura del suelo, y por la profundidad efectiva que alcancen las raíces de los cultivos. El efecto de la

estructura es más pronunciado al determinar el contenido de agua en capacidad de campo, pues la presencia de grietas, fisuras y canales determina, en parte, la cantidad de agua retenida contra las fuerzas gravitacionales. Ello contribuye a que existan mayores variaciones en el contenido hídrico en capacidad de campo dentro de una clase textural, que en el punto de marchitez permanente. Por otra parte, tanto la CC como la capacidad de aireación (CA) son fuertemente influenciados por el manejo. Es así que al deteriorar los poros de mayor tamaño, los procesos de compactación afectan negativamente la CAD (Micucci *et al.* 2002, Gregory 1988, Gardner 1983).

#### **2.4.4 Eficiencia del Uso del Agua**

La eficiencia del uso del agua es el cociente entre la producción de materia seca o de grano sobre la evapotranspiración del cultivo y/o la precipitación pluvial durante su ciclo, la eficiencia del uso del agua puede ser estimado en diferentes escalas y unidades de medición, (Dardanelli, 1998).

La biomasa producida por unidad de agua expresa la eficiencia en el que un cultivo fija carbono en relación con el agua que pierde y se define como Eficiencia en el uso del agua al rendimiento o producción de bio-masa por unidad de agua consumida. El agua consumida puede expresarse como transpiración, evapotranspiración o precipitación. Para el desarrollo de este trabajo se tomará como base la siguiente fórmula o expresión:

$$\text{EUA} = R / Pp \text{ (Micucci y Álvarez, 2003)}$$

**Donde:**

**R:** es el rendimiento del cultivo (kg/ha), en biomasa total o grano, según el objetivo de producción.

**Pp:** son las precipitaciones ocurridas durante el barbecho y el ciclo del cultivo (mm).

La precipitación es afectada por coeficientes de infiltración/escorrimento (0,78 para Agrícola y 0,6 para Mixta), determinados con simulador de lluvia según la técnica de Irurtia y Mon (2004).

Donde la eficiencia de uso del agua (EUA) se calcula según la ec.1, donde el consumo de agua (CA), estima la evapotranspiración real de acuerdo con los términos de la Ec.2.

$EUA = \text{Rendimiento} / CA$  (ec.1)

$CA = (\text{Agua inicial suelo} - \text{Agua final suelo}) + \text{Precipitación}$  (ec.2)

### **Factores que modifican la eficiencia del uso del agua**

La dispersión de los datos se debe a factores climáticos adversos, diferencias, en el manejo agronómico, plagas, enfermedades, y otros (Dardanelli, 1998). La aplicación de riego asociada a la fertilización nitrogenada también modifica la eficiencia del uso del agua; (Zhang *et. al.*, 1998).

#### **2.4.4.1 Infiltración**

La velocidad de infiltración depende de muchos factores, como ser el espesor de agua empleado para el riego o lluvia, la temperatura del agua y el suelo, la estructura y la compactación, textura, estratificación, contenido de humedad, agregación y actividades microbianas (Gavande *et al.*, 1972).

Cuando las labranzas modifican la distribución del tamaño de los poros, en la capa arable, se produce un incremento en la capacidad del suelo para retener agua a bajas succiones lo que hace que incremente la infiltración, por debajo de la capa arable la capacidad de retención de agua es menor por lo que hace disminuir la infiltración, esto es debido a los cambios en la geometría del espacio poroso (compactación, piso de arado) inducidos por las labranzas (Plasentis, 1994).

La infiltración se define como el proceso por el cual el agua penetra por la superficie del suelo y llega hasta sus capas inferiores. Muchos factores del suelo afectan el control de la infiltración, así como también gobiernan el movimiento del agua dentro del mismo y su distribución durante y después de la infiltración. (Vélez *et al*, 2002).

Entre las fórmulas propuestas, se destaca la ecuación de Kostiakov:

$$L = k * T^n$$

Donde:

L: es la lámina infiltrada.

T: es el tiempo.

k: es un parámetro que depende de la estructura y la condición del suelo en el momento en que se aplica el agua (Gavande *et al*. 1972).

n: es un parámetro que depende de los cambios de estructura del suelo, resultantes de la mojadura (Gavande *et al*. 1972).

Esta fórmula no tiene un fundamento físico, ni es dimensionalmente homogénea, pero se ajusta muy bien al fenómeno de infiltración, dentro de los límites agronómicos (Fernández *et al.*, 1971).

### **3. MATERIALES Y METODOS**

#### **3.1 Localización**

El Trabajo de investigación se realizó en la comunidad de Chinchaya ubicada, en el cantón Chejepampa, perteneciente al municipio de Ancoraimos, segunda sección de la provincia Omasuyos, departamento de La Paz. Se sitúa a una distancia de 15 Km. de la capital del Municipio y 120 Km. de la sede de Gobierno (ciudad de La Paz), por la carretera interprovincial La Paz – Achacachi – Chejepampa, geográficamente está localizado entre las coordenadas, de 68° 47' 39" al oeste del meridiano de Greenwich y 15° 55' 33" de latitud Sur a una altura de 3.853 m.s.n.m.

#### **3.2 Características Edafo Climáticas**

##### **3.2.1 Clima**

El clima predominante en la comunidad, es frígido, lo que restringe la diversificación de cultivos. Se cultiva papa, cebolla, oca, haba, arveja, cebada y avena.

Existen cambios de temperatura, en la estación de primavera y verano, la temperatura máxima media es de 14.9 °C, con un descenso en invierno, con una temperatura mínima de -5.17 °C (Estación Meteorológica Belén, años 1997, 1998, 1999, 2000 y 2001).

La precipitación en la zona es de aproximadamente de 472 mm (Estación Meteorológica Belén, años 1997, 1998, 1999, 2000 y 2001), la distribución es irregular durante el año, entre los meses de diciembre a marzo las precipitaciones son mayores y en el resto de los meses tiende a disminuir.

Los factores climáticos que más afectan a la comunidad son: La helada, granizada, sequía y erosión eólica. La helada, granizada y sequía provocan bajos rendimientos en producción de los cultivos, en cambio la erosión eólica provoca el

arrastre la materia orgánica y baja fertilidad en los suelos en barbecho, a consecuencia de los vientos provenientes de la parte alta de la comunidad de chojñapata, con mayor frecuencia en los meses de julio a septiembre.

### **3.2.2 Suelo**

De acuerdo a la fisiografía de la región se distribuyen en: suelos de montaña, colinas, serranías, llanuras fluvio lacustres y piedemonte morfológicamente las serranías tienen de ligera a fuerte disección, los suelos son muy superficiales con abundante pedregosidad y rocosidad superficial (FAO, 1990).

Los suelos de llanuras lacustres son muy profundos escasamente drenados, con la capa superior de color pardo rojizo, de textura arcillosa, y el sub suelo de colores grises y de textura arcillosa el nivel freático se encuentran por lo general a pocos centímetros de profundidad (Costa, 1992).

En las llanuras fluvio-lacustres de Ancoraimos los suelos son de color pardo rojizo están moderadamente drenados, textura franca arenosa a franco arcillosa sin pedregosidad con una ligera evidencia de erosión laminar, presentan pendientes ligeramente inclinadas (0.5-5%) los suelos se clasifican como cambisoles y lxisoles (Zonisig, 1998).

Según el piso ecológico característico de la comunidad, los suelos son medianamente profundos, por su capacidad de uso de suelos corresponden a las clases IV, V y VII aptos para la agricultura con bastante restricción al régimen hídrico y áreas comunales para el pastoreo de ganados.

Los suelos pertenecen a sedimentos conglomerados cuaternarios fluviales, de textura variada que son: Franco arcilloso, arcilloso y arenoso, con presencia de grava y piedra en la parte de la colina colindante con la comunidad de Sotalaya,

con bajo contenido de materia orgánica. Los suelos cultivables están ubicados en la planicie, lo que permite roturar los suelos con maquinaria agrícola y la yunta.

### **3.2.3 Fisiografía**

La fisiográfica de la zona de estudio es muy variable y compleja, con una topografía ligeramente accidentada conformada por las siguientes unidades fisiográficas de serranías, llanuras, colinas cerros y predominio además de las planicies que recorren a lo largo del área de influencia del Lago Titicaca donde presentan cortes de los ríos poco profundos y pequeñas elevaciones de cerros y colinas (Zonisig, 1998).

Según la clasificación de zonas de vida o formaciones de vegetales propuestos por L. R. Holdrige (1987), pertenece al piso ecológico de la Clase Planicie, por estar a una altitud menor de 3900 m.s.n.m.

### **3.2.4 Vegetación**

Las especies más representativas de la región son especies nativas de tipo graminoide, árboles (queñua) y arbustos (tholares) así como de especies introducidas (eucaliptos, cipreses, pinos, y otros), cerca del Lago Titicaca es típico observar la vegetación formada por la totora (Zonisig, 1998).

Las especies nativas más predominantes en la comunidad, son: La chilliwa, ñahuaya, cailla, thola, cebadilla y otros.

### **3.2.5 Recursos hídricos**

Las fuentes de agua es referenciado desde la unidad educativa de la comunidad. El río Huanquisco, alimentado por los ríos de Chojñapata, Calahuancane y Huanquisco.

La vertiente de la comunidad esta ubicado próximo a la carretera principal, utilizada para regar algunos cultivos a nivel familiar.

### **3.2.6 Características socioeconómicas**

El municipio de Ancoraimos 2da sección de la provincia de Omasuyos tiene una incidencia de pobreza del 71.8% con una tasa de mortalidad del 71% hasta el 2001 el abastecimiento de agua potable de 53.5% en su mayoría se dedican a la agropecuaria en un 74%, industria 2 %, comercio 3%, al transporte 21% (INE, 2008).

Según el censo realizado en el año 2001, por parte del INE, el total de habitantes fue de 420 personas de diferentes edades. La población masculina predomina en un 51% con relación a la femenina, que alcanza a un 49%. El promedio de miembros por familia es de 4 personas (INE, 2008).

Por encima de los 50% de la producción es destinada para el autoconsumo, y en un porcentaje de 10 a 20% destinado como semilla, y el 20% para la venta.

### **3.3 Materiales**

#### **3.3.1 Material Vegetativo**

En el ensayo se utilizó semilla certificada de papa, de tamaño tercera (36 – 45 mm) de la variedad Waych`a (*Solanum tuberosum L., ssp andigenum*). Traída de la comunidad productora de semilla de papa “Murumamani.”

##### **3.3.1.1 Descripción de la variedad**

La variedad W'aycha paceña (*ssp andigenum*), se caracteriza por su hábito de crecimiento semirecto, tallo de color verde con poca pigmentación, color de la flor lila con rojo morado, fruto baya globosa de color verde, tubérculo redondo con yemas profundas, la piel roja con áreas amarillas alrededor de los ojos, madurez tardía de 150-180 días (Ugarte, 1992), presenta un rendimiento promedio de 25 a 30 t/ha (PROINPA – IBTA, 1994)

Esta variedad presenta una mayor estabilidad en desarrollo y rendimiento frente a los factores abióticos que pueden afectar al cultivo, tales como la fertilidad del suelo, calidad de semilla y factores abióticos y bióticos (PROINPA, 1997).

##### **3.3.2 Insumos**

- Urea (150 kg/ha) (46-00-00)
- Fosfato diamónico FDA (50 kg/ha) (18-46-00)
- Estiércol de bovino (20 t/ha)
- Estiércol de oveja (20 t/ha)

##### **3.3.3 Material de campo**

Estacas, lienzo, mochila fumigadora, picota, tableros, azadón, cámara fotográfica, flexómetro, Barreno, bastidor, romana de precisión.

### **3.3.4 Equipos**

Balanza Analítica, cilindros de infiltración, mufla, tamizadores, mortero, ollas de presión de Richards.

## **3.4 Metodología estadística**

### **3.4.1 Diseño experimental**

El presente trabajo de investigación se realizó con un DBA (Diseño de bloques al azar) (Calzada, 1982). El diseño de bloques al azar es utilizado por tener variación de gradiente de fertilidad dentro del área experimental. Evaluándose dos tipos de abonos y un testigo.

Se realizó el estudio en DBA con una variedad de papa en un terreno en el que anteriormente fue tratado con diferentes abonos.

### **3.4.2 Tratamientos**

Corresponde a tipos de abonos evaluados en la variedad de papa Waycha, los cuales son:

- T1. Sin Abono (testigo) (Te)
- T2. Fertilizante (UREA + FDA) (U-FD)
- T3. Estiércol de Ovino (EO)
- T4. Estiércol de Bovino (EB)
- T5. Turba (T)
- T6. Est. Ovino + Fert. (EO-U-FD)
- T7. Est. Bovino + Fert (EB-U-FD)

### 3.4.3 Modelo aditivo lineal

$$Y_{ij} = \mu + \beta_j + \alpha_i + \varepsilon_{ij}$$

**Donde:**

$Y_{ij}$  = una observación cualquiera

$\mu$  = media general

$\beta_j$  = Efecto del j- esimo bloque

$\alpha_i$  = Efecto de la i – asimos tipos de abonos

$\varepsilon_{ij}$  = Error experimental

## 3.5 Metodología de la investigación

### Condiciones iniciales:

Para lograr los objetivos planteados en el presente trabajo de investigación se utilizo la siguiente metodología

### 3.5.1 Procedimiento de campo

#### a) Preparación del terreno

La preparación del terreno comprendió desde el arado, desterronamiento y la nivelación del terreno para tener un suelo suelto y grumoso, este trabajo se realizo con ayuda de yuntas, luego se procedió al desmalezado y limpieza del terreno.

#### b) Delimitación del sitio experimental

Se procedió a delimitar mediante bloques, parcelas principales, pasillos, mediante estacas de madera y lienzos de acuerdo al diseño experimental, y con las dimensiones establecidas en el croquis del anexo 1.

#### c) Siembra

La siembra se realizo inmediatamente después de haber realizado las primeras labores de preparación del terreno, con una separación entre plantas de 0.30cm y

entre surcos de 0.70cm, la variedad de semilla utilizada fue la W'aycha paceña con una densidad de siembra de 1300 kg/ha.

#### **d) Labores culturales**

Se realizaron dos aporques, siendo el primero cuando el cultivo de papa alcanzo los 15 a 20 cm de altura y el segundo de 30 a 35 cm, al mismo tiempo sirvió de control de malezas.

#### **e) Tratamientos fitosanitarios**

Los tratamientos fitosanitarios se realizaron en el segundo aporque por la presencia del Gorgojo de los andes (*Premnotrypes spp*), cuyo control fitosanitario se lo realizó con *Karate* en dosis 1 cc por cada litro de agua.

#### **f) Cosecha y evaluación**

La cosecha se realizo el 1 de mayo del 2008, tomando muestras individuales por metro cuadrado (6 plantas/m<sup>2</sup>) de cada tratamiento, de los tres bloques de la parcela experimental, estas fueron seleccionadas por tamaño y peso según categorías eliminando tubérculos enfermos y dañados, siendo el resto clasificado de manera separada.

### **3.5.2 Análisis químico - físico del suelo**

- Como parámetro de comparación se recopilaron datos de análisis químico Herrera (2009), realizado en la misma parcela experimental gestión (2006-2007) en la etapa de post. cosecha.

- *Primer muestreo.*- se tomaron muestras de suelo de todos los tratamientos, a profundidades (0-15cm y 15-30cm), cuando el cultivo se encontraba en plena floración, siguiendo la metodología de (Chilon, 1996), se realizo un cuarteo por tratamiento, haciendo un total de 2 kg, mismos enviados a la universidad de Missouri para el análisis químico.

- *Segundo muestreo.*- Se realizo en la post cosecha tomando muestras de suelo de la parcela experimental, haciendo el respectivo cuarteo por cada tratamiento, se recolectaron muestras por tratamiento a dos profundidades (0-15cm y 15-30cm) analizados en el IBTEN mediante el Método: kjeldahl semimicro, espectrofotometría UV/VIS y emisión atómica cuyos resultados se detallan en el anexo 11.

**El análisis físico** del suelo (textura), se realizo por el método de Hidrómetro de Bouyucos basado en la suspensión del suelo (tamizado cantidad de 50g/trat. a una determinada densidad variada, suelo-agua a un tiempo y una temperatura determinada, medidos en probetas de 1 litro para cada tratamientos y para dos profundidades, con datos recolectados se hicieron cálculos y se obtuvieron las texturas, las densidades aparentes se obtuvieron por el método del cilindro muestreador, por cada tratamiento, se calculo el volumen y con el peso seco de la muestra secada, en la mufla se procedió a sacar la densidad aparente.

### **3.5.3 Evaluación del comportamiento de la humedad del suelo**

Se tomaron muestras cada 20 días a partir del inicio del experimento en cada uno de los tratamientos, a diferentes profundidades mediante un barreno Stony a 15 y 30 cm de profundidad para luego ser pesados en una balanza analítica graduada, tomando los registros de los datos, posteriormente fueron secadas en una mufla graduada a 105°C por 24 horas y nuevamente ser pesadas y mediante formula hallar la humedad gavimetrica de dicho suelo.

### **3.5.4 Evaluación de la eficiencia del uso del agua**

Se tomaron datos climatológicos diarios, durante todo el ciclo del cultivo, de los cuales se registraron: la precipitación, temperatura, humedad, además del rendimiento del cultivo en la época de cosecha, dichos datos fueron utilizados para hallar la eficiencia del uso del agua cuya formula es:

$$\text{EUA} = \text{Rdto} / \text{Pp} \text{ (Micucci y Álvarez, 2003)}$$

El valor obtenido determino el uso eficiente, el almacenamiento del agua en el suelo pues valores altos obtenidos mostraron que a menor consumo de agua se alcanzaron altos rendimientos.

### 3.5.5 Determinación del efecto residual de los fertilizantes en la productividad del cultivo de papa.

Se estableció el cultivo de papa como un cultivo de referencia, en la misma parcela en la que se realizo el trabajo anterior, se tomaron 4 muestras por unidad experimental (tratamientos) el efecto se midió con la toma de datos de las variables agronómicas y fenológicas, en cierto rango de tiempo a partir de la emergencia hasta la cosecha, dichos datos indicaron cual de los tratamientos tuvo el mejor rendimiento y comportamiento agronómico.

**Cuadro 6. Escala de clasificación de tubérculos por tamaño**

Denominación	Tamaño	Diámetro	Tipo de papa
Primera	I	55-65 mm.	Tamaño extra
Segunda	II	45-64 mm.	Papa comercial
Tercera	III	35-44 mm.	Papa semilla
Cuarta	IV	25-34 mm.	Papa semilla
Quinta	V	15-24 mm.	Papa menuda
Descarte		< 15 mm.	Papa descarte

Fuente: Oficina Regional de Semillas La Paz (1997)

### 3.6 Variables de Respuesta

#### 3.6.1 Variables edafo-climaticas

<b>Variables edafo-climaticas</b>	<b>Unidad</b>	<b>Método</b>	<b>Fecha de observación</b>
Análisis Químico del suelo	%,ppm,meq/100g	kjeldahl semimicro y otros	Floración y Post cosecha
Análisis Físico del suelo	%, gr/cc	Hidrómetro de Bouyucos, Cilindro.	Post cosecha
Humedad de suelo a dos profundidades 15, 30 cm	%	Gravimétrico	Cada 20 días a dos profundidades
Temperatura	°C	Estación meteorológica	decadal
Precipitación pluvial	mm	Estación meteorológica	Semanal
Capacidad de Campo	atm	Ollas a presión de Richards	Durante el desarrollo del cultivo
Punto de Marchitez permanente (pmp)	atm	Ollas a presión de Richards	Durante el desarrollo del cultivo
Eficiencia del Uso del Agua (EUA)	kg/ha-mm	Cálculo	A la cosecha

#### 3.6.2 Variables de rendimiento y agronómicas

<b>Variables Agronómicas</b>	<b>Unidad</b>	<b>Método</b>	<b>Fecha de observación</b>
Altura de planta	cm.	Regla	Cada 15 días
Número de tubérculos/planta	Unidades	Conteo	A la cosecha
Número de tubérculos comercial por planta	Unidades	Conteo	A la cosecha
Peso del tubérculo	g/planta	Peso	A la cosecha
Rendimiento	kg./ha	Peso	A la cosecha
Cobertura foliar	cm <sup>2</sup>	Bastidor	Cada 15 días

## 4. RESULTADOS Y DISCUSION

### 4.1 Comportamiento climático

Durante el experimento se realizó el registro de datos climatológicos registradas en las parcelas de experimentación de la gestión 2007 – 2008, los que se detallan en el anexo 7.

#### 4.1.1 Precipitación

La precipitación registrada de la comunidad de Chinchaya durante la campaña 2007-2008 tuvo un comportamiento variado, tal como se observa en la figura 2, que hubo diferencias en los diferentes meses, es así que en el mes de enero se presentó la mayor precipitación con un valor de 123.1 mm y la menor en el mes de abril con 3.7mm, la precipitación acumulada promedio fue de 312.0 mm este resultado representa el 16 % (62.5 mm) menor en relación al comparado con datos históricos de la estación experimental de Belén, próxima al área de estudio, con datos recopilados de SENAMHI 29 años atrás (1977 – 2006) donde se obtuvo un valor de 374.5 mm. Requerimiento insuficiente para obtener rendimientos altos como menciona Doorembos citado por Soto (1997), que el cultivo requiere 500 a 700 mm para 120 a 150 días de producción.

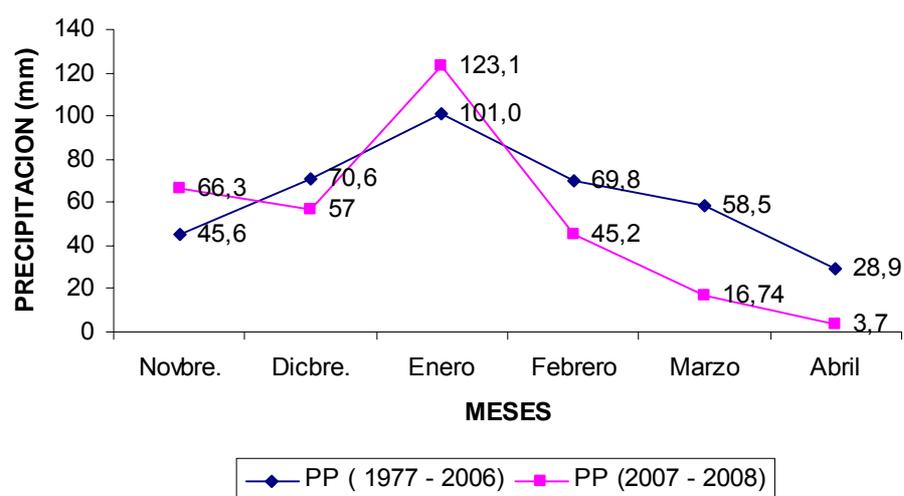
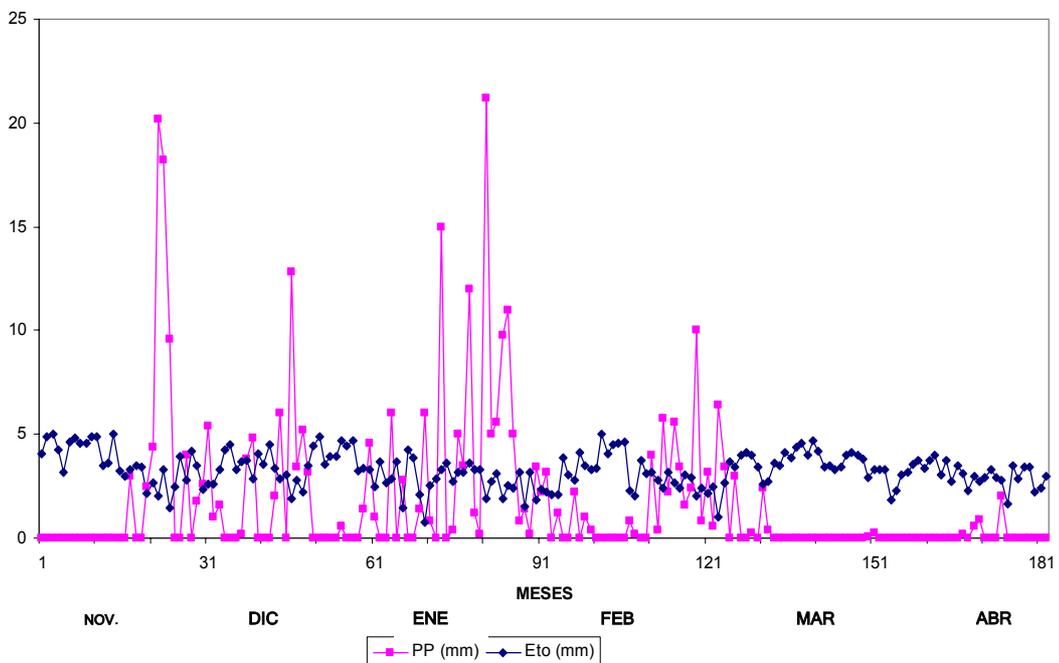


Figura 2. Variación de la precipitación pluvial (Chinchaya 2007 – 2008)

#### 4.1.1.1 Cantidad, distribución e intensidad de las precipitaciones en relación a la evapotranspiración.

La figura 3. muestra que para el periodo noviembre- abril la evapotranspiración es superior a la precipitación, esto indica que existe un déficit hídrico excepto en enero donde se tiene una precipitación de 123,1 mm mayor a la evapotranspiración 85.81 mm, pero en los demás meses se observa periodos críticos que se requiere agua para la formación de tubérculos, iniciando la fase de estolonización hasta la madurez fisiológica de la tuberización (marzo – abril), donde existió mayor evapotranspiración, con una precipitación promedio de todo el ciclo del cultivo de 312.mm y una ETo de 591,4 mm que representa un déficit hídrico de -279.3mm esto muestra que existió una demanda de agua llegando a afectar el rendimiento de la producción como menciona (Cañahua, 1991), la fase final es donde se requiere mayor dosis de agua para que se llegue a alcanzar un mayor diámetro del tubérculo como lo menciona Pardave (2004), así como del cierre de los estomas y bajando el potencial de la fotosíntesis sin el ingreso del CO<sub>2</sub> por lo cual se reduce el tamaño de la planta (Martinez y Huaman, 1987)



**Figura 3. Relación de la precipitación con la evapotranspiración para el periodo Noviembre-Abril (2007 – 2008) Chinchaya**

#### 4.1.2 Temperatura

Una de las características del altiplano, son las bajas y altas temperaturas extremas, al inicio del ciclo de cultivo se registra las temperaturas máximas en los meses de diciembre con (18.2° C) y marzo con (19.9°C) al final del ciclo, la temperatura mínima en el mes de Abril (-1.8 °C) como se muestra en la figura 4.

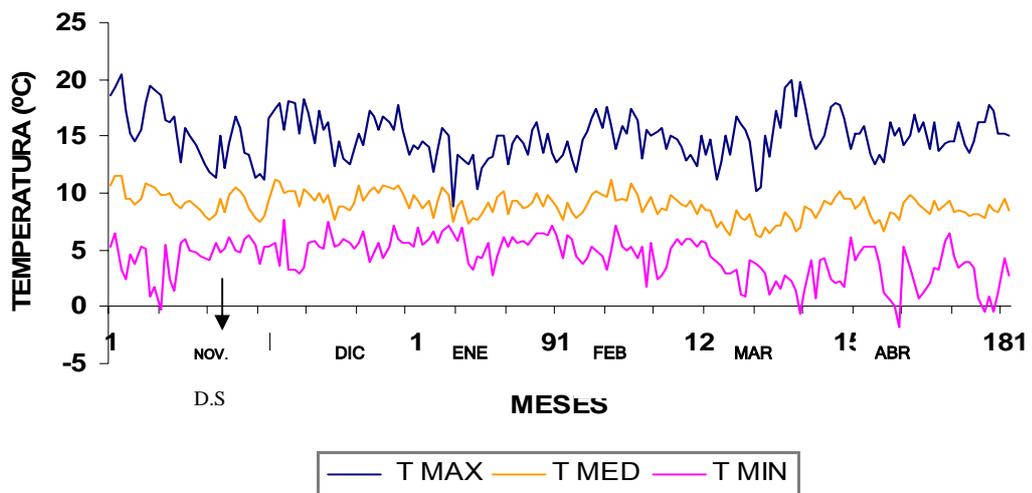


Figura 4. Variación de la temperatura (Chinchaya 2007 – 2008)

La temperatura media durante el experimento fue de 9.1 °C la cual es relativamente aceptable para el desarrollo del cultivo de papa, pues según Alvarado (1986), quien menciona que la temperatura media optima para el desarrollo y fotosíntesis del cultivo está entre 10 a 20 °C.

Por otro lado se registraron temperaturas promedio máximas de 15.1°C favorables en el desarrollo como menciona Alvarado (1986), que temperaturas cercanas a 15°C son las mas ideales ya que temperaturas de 20 a 30 °C son desfavorables en el desarrollo del cultivo, mas aun épocas de sequía, además que la tuberización se retrasa sustancialmente (Sierra, 2008).

La temperatura mínima promedio registrada durante el desarrollo del cultivo fue de 4.1 °C, Las temperaturas bajas en exceso perjudican a los tubérculos quedan

pequeños y sin desarrollar, siendo la papa una planta de clima templado-frío, siendo las temperaturas más favorables para su cultivo las que están en torno a 13 y 18°C, al sembrar la temperatura del suelo debe ser superior a los 7°C, con unas temperaturas nocturnas relativamente frescas. Por otra parte si la temperatura es demasiado elevada afecta a la formación de los tubérculos y favorece el desarrollo de plagas y enfermedades (INFOAGRO, 2008)

## **4.2 Análisis físico – químico del suelo**

Este análisis físico químico de suelo se realizó durante dos periodos del ciclo vegetativo del cultivo, tomándose muestras de suelo en diferentes etapas: floración y post cosecha. Los resultados obtenidos del análisis de suelo, de los diferentes tratamientos, se los realizaron en el laboratorio del IBTEN y en la Universidad de Missouri (cuadro 1, 2, 3 del anexo 11)

### **4.2.1. Textura**

De acuerdo al análisis realizado para los diferentes tratamientos, puede observarse que la textura del suelo a dos diferentes profundidades (0-15,15-30 cm), corresponde en su mayoría a una textura franca para los tratamientos (T3, T4, T5, T6), en tanto el tratamiento T2 muestra un tipo de suelo franco arcilloso, en ambas profundidades, así mismo el tratamiento 7 y el testigo (T1), arcillosa, a profundidades (0-15,15-30 cm), como se muestra en el cuadro 7.

Los suelos francos retienen mas agua, al respecto IBTA-PROINPA (1998) indican que el cultivo de la papa se desarrolla mejor en suelos franco arenosos, franco limoso. Pardave (2004) coincide en señalar que los mejores rendimientos se logran en suelos franco arenosos ya que estos permiten a la parte radicular desarrollarse de mejor forma aunque en el estudio realizado no se presento este tipo de textura.

**Cuadro 7. Clase textural de los tratamientos a dos niveles de profundidad del suelo.**

<b>Tratamientos</b>	<b>Tipos de Abonos</b>	<b>Prof. 0-15 cm</b>	<b>Prof. 15-30 cm</b>
<b>T1</b>	<i>Testigo</i>	franco	franco arcilloso
<b>T2</b>	<i>Urea+FDA</i>	franco arcilloso	franco arcilloso
<b>T3</b>	<i>Est. Ovino</i>	franco	franco
<b>T4</b>	<i>Est. Bovino</i>	franco	franco
<b>T5</b>	<i>Turba</i>	franco	franco
<b>T6</b>	<i>Est. Ovino + Fert,</i>	franco	franco
<b>T7</b>	<i>Est, Bov + Fert,</i>	franco	franco arcilloso

Fuente: Elaboración propia en base a resultados de laboratorio.

Haciendo la asociación indirecta entre los caracteres de riqueza del complejo y textura, se encuentra que en suelos de texturas medias, tendientes a arcillosas, los niveles críticos para el establecimiento de las categorías de baja, media y alta son menores que en suelos de texturas medias, tendientes a arenosas (González, 1974).

La materia orgánica asociada con minerales del tamaño de la arena también se descompone fácilmente existiendo algún tipo de indicio de que parte de la materia orgánica asociada con arcilla se mineraliza de manera relativamente fácil y es una fuente importante de nitrógeno disponible (Cristensen, 2001)

#### **4.2.1.1 Densidad aparente**

La evaluación del efecto de los diferentes tratamientos con respecto a la densidad aparente se la realizó al final de la campaña agrícola mas propiamente en la post cosecha, mayo del 2008.

Como puede observarse en el cuadro 8, según resultados obtenidos muestran que los tratamientos T6 (1.27 gr/cm<sup>3</sup>), T3 (1.25 gr/cm<sup>3</sup>), T5 (1.23 gr/cm<sup>3</sup>) tienen valores altos, por debajo se hallan los tratamientos T4 (1.19 gr/cm<sup>3</sup>), T1 (1.17 gr/cm<sup>3</sup>), T7 (1.11 gr/cm<sup>3</sup>), por ultimo se halla el tratamiento T2 (1.07 gr/cm<sup>3</sup>) .

En relación con el testigo los tratamientos (T6, T5, T3), alcanzan valores superiores (7.8%, 6.4%, 4.8 %) respectivamente, en segundo lugar se encuentran el tratamiento T4 con 1.6%, y por debajo con valor inferior los tratamientos T7 (5.1%), T2 (8.5%), haciendo una comparación con datos de Herrera (2009), (anexo 4, cuadro 1), existe una disminución porcentual de las densidades el T2 (Urea+FDA) 15.7%, T7 (Est. Ovino+ Fert) 13.2%, en segundo lugar T1 (testigo) 5.6%, T4 (Est. Bovino) 4.8%, T5 (Est. Bovino + Fert) 3.2%, mantiene la densidad aparente en ambos periodos aparente, en las etapas de post cosecha, el T3 (Est. Ovino).

Del cuadro 8. se infiere que existió una disminución de la densidad aparente por efecto de la materia orgánica sobre el suelo en tratamientos con fuentes orgánicas, pero en pequeña medida, en relación a los tratamientos T2 y T7 que alcanzaron una disminución superior a los demás tratamientos, debido a que la aplicación del fertilizante, ayudo en la descomposición de la materia orgánica existente, facilitando la humificación, mejorando las propiedades físicas del suelo.

Para tratamientos con estiércol de ovino no se registraron cambios en la densidad aparente comparados con datos de Herrera (2009), debido al proceso lento de descomposición.

**Cuadro 8. Tabla de densidades aparentes.**

<b>TRATAMIENTOS</b>	<b>Dap (gr/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>2008</b>
<b>T1</b> Testigo	1,17	
<b>T2</b> Urea+FDA	1,07	
<b>T3</b> Est. Ovino	1,25	
<b>T4</b> Est. Bovino	1,19	
<b>T5</b> Turba	1,23	
<b>T6</b> Est. Ovino + Fert,	1,27	
<b>T7</b> Est, Bovino + Fert,	1,11	

Fuente: **Elaboración propia en base a resultados de laboratorio**

Con respecto a los tratamientos con fertilizantes (T2, T7) la disminución de la densidad aparente se relaciona a su inmediato aprovechamiento, lo que permitió un desarrollo radicular provocando al mismo tiempo una mejor estructuración, y

esponjamiento del suelo, pero aplicación continua provocan compactación y encostramiento de la capa arable (Cahuana, 2001).

La densidad aparente disminuye a medida que la materia orgánica aumenta (Mamani, 1997). Para los tratamientos (T4, T5,) se registro disminución de la densidad aparente diversos autores coinciden en señalar que aplicaciones de materia orgánica en el suelo provocan una disminución de la densidad aparente, como consecuencia de un aumento de la macro porosidad (Novoa *et al.*, 1991).

#### **4.2.2 Materia Orgánica**

Del cuadro 9, se puede deducir que hasta la post cosecha, la materia orgánica presente en el suelo, es variable, es así que los tratamientos que contienen mayor porcentaje de materia orgánica son el T2 con (2.34%), T7 (2.27%) y en segundo lugar se hallan T3 (2.12%), T1(2.11%), T4 (2.09%), T5 (2.08%) y por debajo esta el T6 (1.82%).

Por otro lado haciendo una comparación con datos de Herrera (2009), (anexo 4, cuadro 2), para tratamientos con fuentes orgánicas, a profundidades (0-15cm) el T3 se mantiene estable hasta la floración pero baja en la post cosecha en un 37.6%, el T4 tiene un incremento de 3.3% en la floración en la post cosecha existe una disminución de 30.3% , T5 hasta la fase de floración gestión 2008 alcanza un incremento de 8.3% disminuyendo en la post cosecha en 42% de materia orgánica. Para tratamientos con fuentes inorgánicas como es el caso de los fertilizantes el T2 se incrementa con un 13.7% en la floración bajando su nivel en la post cosecha en 19.3%, para el T6 23% se incrementa en la floración y en la post cosecha disminuye en un 39.3%, el T7 incrementa la materia orgánica con respecto a la datos de presiembra, en la floración en 22.6% y baja en la post cosecha 26.7%.

**Cuadro 9. Tabla de valores de materia orgánica en porcentaje para los diferentes tratamientos.**

<b>Tratamientos</b>	<b>Prof. (cm)</b>	<b>Floración (%)</b>	<b>Post cosecha (%)</b>
<b>T1: Testigo</b>	0-15	2,8	2,11
	15-30	2,1	1,75
<b>T2: urea+FDA</b>	0-15	3,3	2,34
	15-30	1,8	1,51
<b>T3: Est. Ovino</b>	0-15	3,4	2,12
	15-30	2,2	1,41
<b>T4: Est. Bovino</b>	0-16	3,1	2,09
	15-31	2,5	1,35
<b>T5: Turba</b>	0-17	3,9	2,08
	15-32	1,9	1,62
<b>T6: Est. Ovino + Fert,</b>	0-18	3,7	1,82
	15-33	2,3	1,52
<b>T7: Est, Bovino + Fert,</b>	0-19	3,8	2,27
	15-34	1,6	1,49

**Fuente: Elaboración propia en base a resultados de análisis químico de laboratorio.**

Se puede inferir que la materia orgánica pasa a un proceso de descomposición (humificación), y mineralización, en tratamientos con fuentes orgánicas e inorgánicas, este último ayuda en la rápida descomposición de la materia orgánica en el caso del tratamiento T6 un mayor efecto por ser un estiércol de tipo caliente por lo consiguiente mayor descomposición, con respecto a los demás tratamientos con una descomposición lenta, el T1(testigo) no tiene variación significativa en el contenido de materia orgánica con un proceso de descomposición lento, en los primeros 15 cm en todos los tratamientos denotan valores catalogados como altos y en profundidades 15-30 cm los valores se catalogan como normales llegando a disminuir por la actividad agrícola, en la post cosecha el suelo se halla desprovisto bajando sus valores en los primeros 15 cm de alto a normales, en los posteriores 15-30 cm de normales a bajos.

La baja materia orgánica es debido a que el suelo en la post cosecha se encuentra desprovisto de vegetación, influyendo el clima en la mineralización de la materia orgánica (Guerrero, 1996). Siendo la disminución de materia orgánica más rápida durante los primeros años de uso agrícola y luego se hace más lenta tendiendo a un equilibrio como lo menciona (Álvarez, 2005).

Otro estudio de evaluación del efecto residual, Motavalli *et al.*, (1993), encontró contenidos de materia orgánica más bajos en todos los tratamientos, con variaciones de 1.0% a 2.0%, además que Castellanos *et al.* (1996) y Barber *et al.*(1992), reportan que los estiércoles se mineralizan en 70% a partir del primer año de aplicación y con efecto residual en el suelo hasta por dos años y el resto se transforma en humus, que se incorpora al suelo y produce un efecto benéfico en la estructura del suelo durante el primer año. Bohn *et al.* (1993) señalan que al cabo de 40 a 180 días existe una importante mineralización de los residuos, disminuyendo a partir de este momento las tasas de descomposición.

La disponibilidad de nutrientes de la materia orgánica del estiércol puede disminuir durante la estación de frío. En un estudio de cinco niveles de estiércol (0, 47.5, 82.5, 150.0 y 302 t/ha) con dos niveles de fertilización nitrogenada (0 y 168 kg/ha); se observó que la aplicación de estiércol afectó la producción solo un año de los tres de estudio; se considera las condiciones climáticas afectaron el aprovechamiento de la fertilización; sin embargo, no es suficiente para explicar este efecto como lo menciona (Motavalli *et al.*, 1993).

Existe una disminución de la materia orgánica mas rápida durante los primeros años de uso agrícola y luego se hace mas lenta tendiendo a un equilibrio, (Álvarez *et al.*, 2005). El empleo de abonos minerales acelera la descomposición de la materia orgánica en el suelo (Jhonstom, 1991).

La relación entre las fracciones orgánicas y la textura hace que la erosión eólica tenga un efecto significativo sobre los contenidos de las fracciones orgánicas, mientras que el régimen hídrico y térmico se encuentran más relacionados con la materia orgánica humificada (Hevia *et al.*, 2003).

### **4.2.3 Nitrógeno**

Resultados obtenidos en el cuadro 10, muestran que hasta la post cosecha los tratamientos T7 (0.19%), T1 (0.19%), T2 (0.20%), respectivamente alcanzan

valores mayores, en segundo lugar se encuentran T4 (0.16%), T5 (0.17%), T3(0.18%), quedando al final el T6 (0.11%), por la labranza que se desarrollo facilito a que llegue a mineralizarse rápidamente, incorporándose en las partes coloidales del suelo (arcilla) y otra parte permitiendo que el suelo pierda las fracciones inorgánicas por erosión, además de la desnitrificación, ya que haciendo una comparación con datos de Herrera (2009) (anexo 4, cuadro 3) se observa un claro descenso de la cantidad de nitrógeno solo en casos relativos como el T1 que incrementan en un 11.7% por la acumulación de campañas anteriores y el lento proceso de mineralización que se tuvo, en algunos casos siendo estables manteniéndose estables en la floración hasta la post cosecha como el T3, T4, T7, pero en el caso del T6 tiende a disminuir en un 72%

El contenido de nitrógeno total de forma residual en los primeros 15cm, es absorbido en las primeras etapas de la fase fenológica en crecimiento en altura (cuadro 6), la formación de follaje, hasta la floración, por el cultivo de papa en los diferentes tratamientos pues para el proceso de estolonización y formación de tubérculos intervienen otros elementos como el fósforo, además estará limitado a la demanda hídrica y al consumo de la primera instancia.

De acuerdo a normas de interpretación de análisis de suelos según Chilon (1997), (cuadro 10, anexo 11), para todos los tratamientos a profundidades de (0-15cm) esta considerado en el rango "MEDIO" el contenido de nitrógeno no tiene mucha variación entre tratamientos a nivel de (15-30cm) se encuentran en el rango "BAJO" atribuible al efecto residual de descomposición de estiércol y fertilizantes que se dan en mayor proporción en los primeros 15 cm.

Cuadro 10. **Tabla de valores del nitrógeno total.**

<i>Tratamientos</i>	<i>Prof. (cm)</i>	<i>Floración (%)</i>	<i>Post cosecha (%)</i>
<i>T1: Testigo</i>	0-15	0,14	0,19
	15-30	0,105	0,11
<i>T2: urea+FDA</i>	0-15	0,17	0,2
	15-30	0,09	0,14
<i>T3: Est. Ovino</i>	0-15	0,17	0,18
	15-30	0,11	0,09
<i>T4: Est. Bovino</i>	0-16	0,16	0,16
	15-31	0,125	0,09
<i>T5: Turba</i>	0-17	0,20	0,17
	15-32	0,095	0,12
<i>T6: Est. Ovino + Fert,</i>	0-18	0,19	0,11
	15-33	0,115	0,12
<i>T7: Est, Bovino + Fert,</i>	0-19	0,19	0,19
	15-34	0,08	0,11

Fuente: **Elaboración propia en base a resultados de análisis químico de laboratorio**

El ión nitrato, se mueve libremente en el suelo, conducido hasta las raíces por el flujo en masa o advección, cuando la tasa de absorción de nitrógeno excede el aporte, la concentración de nitratos alrededor de las raíces disminuye y comienza el proceso de difusión (Gonzales, s.f). la presencia de un alto valor de nitrógeno en el testigo (0.26) se debe al efecto residual de la materia orgánica de campañas anteriores (Salinas, 2004).

El contenido de nitrógeno total disminuye a medida que se incrementa el nivel de nitrógeno mineral por consiguiente decrece la mineralización, fenómeno atribuido a la represión de la mineralización e incremento de la inmovilización con altos niveles de nitrógeno mineral (Álvarez *et al.*, 2004).

Las pérdidas y ganancias que sufre el nitrógeno en el suelo, están muy relacionadas con factores tales como la humedad y la temperatura, como la desnitrificación, que consiste en el paso (reducción) de los nitratos al estado de productos gaseosos ( $N_2O$  y  $N_2$ ), que son susceptibles de volatilizarse y perderse en la atmósfera. Lo realizan bacterias anaeróbicas, que usan el nitrato para su respiración, en reemplazo del oxígeno que falta en el suelo (Gros y Domínguez, 1992).

#### 4.2.4 Fósforo

Como puede observarse en el cuadro 11, el contenido de fósforo tiende a incrementarse por el efecto residual, distribuyéndose hasta post cosecha de forma heterogénea en el suelo, manteniendo valores en el rango “ALTO” según las normas de interpretación, pero a profundidades (15-30cm) en los tratamientos T4 (7.97) y T7 (9.79) y T6 (9.79) se hallan en el rango de “MEDIO”.

Los tratamientos con fuentes orgánicas proporcionan mayor contenido de fósforo, observándose en el T3 (*Est. Ovino*) y el T5 (*Turba*) y T4 (*Est. Bovino*), así como las combinaciones de fertilizantes orgánicos e inorgánicos con alto contenido de fósforo (T6: *Est. Ovino + Pert.*) y (T7: *Est. Bovino + fert.*), con mayor contenido de fósforo en el suelo, en comparación con fuentes inorgánicas T2 (*urea+FDA*) que en la fase de floración decrece en un 59% y aumenta en la etapa de post cosecha en un 82 %.

Con respecto a los tratamientos con mezcla de abonos orgánicos e inorgánicos se puede mencionar que estos tienen una variabilidad en cuanto al contenido de fósforo, para el T6 y T7 el porcentaje de fósforo asimilable se incrementa hasta la floración hasta un 83% y 2.3% por la retención de fosfatos en el suelo en la post cosecha disminuye en un 47%, por la absorción de este elemento en fase formación y crecimiento de tubérculos, el T7 se incrementa por la labor cultural en la cosecha acumulándose este, en la superficie.

Para el caso del tratamiento T5 (turba) característica de estar mas mineralizada y con un alto contenido de carbono indicador de la acumulación de materia orgánica. Para el tratamiento con fuentes inorgánicas T2 se encuentra con un contenido inferior en la floración esto por la absorción efectiva en las primeras fases fenológicas y en la post cosecha un incremento esto por la labor de la cosecha en el que el fósforo se distribuye en la superficie, pasando del estrato inferior al superior para todos los casos.

**Cuadro 11. Tabla de valores de Fósforo en diferentes periodos de muestreo de suelo.**

<i>Tratamientos</i>	<i>Prof. (cm)</i>	<i>Floración (ppm)</i>	<i>Post cosecha (ppm)</i>
<b>T1:</b> <i>Testigo</i>	0-15	62,84	33,1
	15-30	8,38	39,35
<b>T2:</b> <i>urea+FDA</i>	0-15	5,59	31,8
	15-30	55,39	43,25
<b>T3:</b> <i>Est. Ovino</i>	0-15	43,29	54,45
	15-30	67,49	23,2
<b>T4:</b> <i>Est. Bovino</i>	0-16	17,22	36,09
	15-31	1,40	7,97
<b>T5:</b> <i>Turba</i>	0-17	139,18	56,53
	15-32	0,93	36,87
<b>T6:</b> <i>Est. Ovino + Fert,</i>	0-18	68,89	36,35
	15-33	25,60	14,74
<b>T7:</b> <i>Est, Bovino + Fert,</i>	0-19	16,29	25,42
	15-34	27,46	9,79

Fuente: **Elaboración propia en base a resultados de análisis químico de laboratorio.**

Las variaciones del contenido de fósforo en el suelo de forma residual en el tiempo fluctúan de forma heterogénea en el periodo de muestreo, aportado en condiciones orgánicas, por ataque de microorganismos, los compuestos orgánicos de fósforo se mineralizan y entran en combinaciones inorgánicas (Bukman y Brady, 1991)

El incremento de fósforo disponible se debe a la mineralización de la materia orgánica que tiene un alto contenido de nutrientes, se puede mencionar que una particularidad del fósforo es la de fijarse en el suelo de forma reversible (Callisaya, 1993).

Los fosfatos solubles, aplicados en forma de fertilizante, pasan a formas menos disponibles debido a la reacción con partículas orgánicas e inorgánicas del suelo y existen dos tipos de mecanismos que causan la retención de los fosfatos: 1) precipitación como fosfatos de baja solubilidad del tipo de las apatitas ( $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{OH}$ ), strengita ( $\text{FePO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ), variscita ( $\text{AlPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) y otros fosfatos complejos cristalizados a sus formas amorfas, como consecuencia de la reacción de los iones fosfato con los respectivos cationes en la fase acuosa del suelo y 2) las reacciones de adsorción superficial de los iones fosfato sobre las partículas

coloidales del suelo, como la materia orgánica, arcillas e hidróxidos (Fassbender 1966).

Según investigaciones el cultivo de papa tiene una baja eficiencia en la extracción de todos los nutrimentos inferior al 10%, del total disponible en el suelo y en el caso del fósforo algo menos del 3%; por esta razón se requiere aplicar altas cantidades de fertilizante fosfatado mencionado por (Bertsch, 1995). tal como lo reporta Zalmuner *et al.*, (2004), la formas del fósforo se acumulan en los primeros centímetros del suelo bajo siembra como ocurre con el carbono y el nitrógeno, además de encontrarse mayores niveles de materia orgánica en suelos mas provistos de fósforo (Parton, 1989).

El fósforo extraído acumulativo aumenta, conforme aumenta el uso del suelo debido al efecto residual del fertilizante (Soto, 1998). Los suelos fertilizados convencionalmente son generalmente altos en P y K, mientras que los suelos fertilizados con compost tienen un mayor contenido de C, Ca, Mg, Mn, Cu y Zn, (Warman, 1998)

#### **4.2.5 Capacidad de Intercambio Catiónico**

El comportamiento de la capacidad de intercambio cationico (CIC), reflejado en el cuadro 12, muestra que no existen diferencias con el testigo, ya que este contiene materia orgánica, comparando datos Herrera (2009), (anexo 4, cuadro 5) donde se muestra un incremento de la CIC hasta la floración en casi todos los tratamientos a excepción del T3 y T4 que bajan en 5.35% y 11.8% respectivamente hasta la post cosecha en 58.6 % y 50.6%, por la baja materia orgánica (cuadro 9), que disminuye en forma simultanea con la CIC, además de que el cultivo consume los cationes (Ca, Mg, K y otros) estos presentes por las cargas negativas de los coloides huminicos, para los restantes tratamientos se observa un descenso de la CIC de forma similar en todos los casos.

De acuerdo a normas de interpretación (anexo 2, cuadro4) la capacidad de intercambio cationico en la floración, se encuentra en el Rango “Alto” en la escala A, pero para la post cosecha baja al rango de Medio en la escala B a “Bajo” mostrando que es directamente proporcional a la materia orgánica.

**Cuadro 12. Tabla de Valores de Capacidad de intercambio Catiónico en diferentes periodos de muestreo de suelo**

<i>Tratamientos</i>	<i>Prof. (cm.)</i>	<i>Floración (meq/100g)</i>	<i>Post cosecha (meq/100g)</i>
<i>T1: Testigo</i>	0-15	31,4	12,08
	15-30	27,9	9,42
<i>T2: urea+FDA</i>	0-15	30,4	11,74
	15-30	22	9,42
<i>T3: Est. Ovino</i>	0-15	24,2	10
	15-30	20,6	7,88
<i>T4: Est. Bovino</i>	0-16	25,3	12,5
	15-31	31,5	8,65
<i>T5: Turba</i>	0-17	32,6	10,19
	15-32	24	8,27
<i>T6: Est. Ovino + Fert,</i>	0-18	32,6	11,92
	15-33	32,7	10,77
<i>T7: Est, Bovino + Fert,</i>	0-19	31,3	10,38
	15-34	16,9	9,04

**Fuente: Elaboración propia en base a resultados de análisis químico de laboratorio.**

Los coloides en el suelo son ricos en humus (como el estiércol) y presenta cambios catiónicos superiores (Buckman y brady, 2001)

La materia orgánica aplicada al suelo incrementa la capacidad de intercambio Catiónico del 20 al 70% por la materia orgánica rica en coloides orgánicos y cationes intercambiables haciendo que las cargas negativas de los coloidea humínicos atraigan y retengan cationes (Bohn, 1993),

La materia orgánica forma coloides con una alta capacidad de intercambio catiónico, mas elevada que los componentes minerales. En consecuencia, al incrementarse el contenido de materia orgánica aumenta la capacidad de intercambio catiónico del suelo y la cantidad de nutrientes absorbidos al complejo de cambio del horizonte A, como los contenidos de la materia orgánica en los horizontes B y C son bajos a muy bajos en estos estratos la capacidad de

intercambio catiónico, depende principalmente de los niveles y naturaleza de las fracciones arcilla y limo del suelo y no de la materia orgánica (Cruzate, 2000).

La alta capacidad de almacenamiento de nutrientes minerales primarios, además de estar relacionado con el pH del suelo básico es sinónimo de estar completamente saturado de bases libre de aluminio (Buol, 2000). El valor de la Capacidad de intercambio Catiónico (CIC), es directamente proporcional a la materia orgánica y la arcilla (Bohórquez, 2001)

El efecto de la materia orgánica sobre la capacidad de intercambio catiónico se diluye al considerar todo el perfil, pudiéndose estimar utilizándose variables asociadas a la textura edáfica (Marano, 2004)

#### **4.2.6 Conductividad eléctrica**

Del cuadro 13, se observa que la conductividad eléctrica alcanza valores altos en los tratamientos T7 (1.7 mMhons/cm<sup>3</sup>), T6 (1.6 mMhons/cm<sup>3</sup>), T3 mMhons/cm<sup>3</sup>) encontrándose en segundo lugar el T5 (1.4 mMhons/cm<sup>3</sup>), T4 (1.3 mMhons/cm<sup>3</sup>), T2 (1.3 mMhons/cm<sup>3</sup>), y por ultimo el testigo T1 (1.2 mMhons/cm<sup>3</sup>).

El aumento de la conductividad eléctrica por efecto de la salinidad en comparación con el testigo denota que el T7 tiene un incremento de 48.8 %, T6 33.3% esto debido a la concentración de sales de las fuentes químicas y orgánicas aportadas al suelo, el T3 (48.8%), se pudo atribuir al alto pH que presenta que posiblemente influyo en la acumulación de sales también debido a su consumo del animal de pastizales de suelos con presencia de sales, en cambio con los abonos orgánicos T5 16% y T4 8.3% se observa una menor acumulación debido al bajo contenido de sales que presentan, en cambio el T2 por su característica química presenta un valor bajo pudo deberse a que el contenido de sales pudo haberse lixiviado.

La conductividad eléctrica del suelo presenta un valor promedio de los tratamientos de  $1.4 \text{ mMhons/cm}^3$  este valor según (anexo 2, cuadro 3), indica que no existen problemas de salinización.

**Cuadro 13. Valores promedio de conductividad eléctrica..**

<b>Tratamientos</b>	<b>C.E. (mMhons/cm<sup>3</sup>)</b>
<b>T1</b> <i>Testigo</i>	1,2
<b>T2</b> <i>Urea+FDA</i>	1,3
<b>T3</b> <i>Est. Ovino</i>	1,7
<b>T4</b> <i>Est. Bovino</i>	1,3
<b>T5</b> <i>Turba</i>	1,4
<b>T6</b> <i>Est. Ovino + Fert,</i>	1,6
<b>T7</b> <i>Est, Bovino + Fert,</i>	1,7

**Fuente:** Elaboración propia en base a resultados de análisis químico de laboratorio.

La concentración de sales son favorecidas por las características del suelo arcilloso el cual fija e inmoviliza los electrolitos en solución tales como cloruros, sulfatos, y bicarbonatos, propios de las zonas áridas del altiplano, (Chilón, 1996).

La baja proporción de sales evitan los efectos tóxicos de iones como el cloruro (Cl), el bicarbonato (CO<sub>3</sub>H) y el sodio(Na<sup>+</sup>) ya que estos no están en exceso (López, 1998).

La baja proporción de las sales contribuye a que no haya subida de pH así como de la presión osmótica, favoreciendo a la actividad microbiana y la absorción de agua por las plantas (Bohórquez, 2001).

Los mayores incrementos fueron generados por la fertilización alta 90-45-0 en un 24.64% y fertilización media 60-45-0 en 22.53% como resultado de la solubilidad en el agua y con menores ascensos en abonamiento orgánico Alto 90 kgN/ha con 20.14% y abonamiento Medio 60 kgN/ha con 14.36% por la presencia de sales en la materia orgánica (Cahuana, 2001)

#### **4.2.7 pH del suelo**

Como se puede observar en la figura 5, el incremento del pH en el suelo comparando con los datos de la gestión 2007, Herrera (2009), que muestra un incremento del 1.2% en los tratamientos (T1, T4, T5) y 2.6% en tratamientos (T2, T3, T6 y T7).

Para los incrementos de 1.2% se mantiene estable por el efecto de la materia orgánica que tiende a amortiguar el pH, a incrementos de 2.6% pudo deberse a los contenidos de sales (conductividad eléctrica) cuadro 13.

Según normas de interpretación el pH en general de los tratamientos se encuentra en el rango de moderadamente alcalino.

Investigaciones relacionadas con el pH a rangos de 7.4 a 7.6 en dos fases de estudio, con niveles de 7.3 (muy ligeramente alcalino) en el tratamiento testigo, con fertilización mineral 10 y 20 t/ha de estiércol ovino y en la segunda fase las evaluaciones de efecto residual el rango, fue similar al observado en la primera fase (González, 1992).

La materia orgánica en el suelo amortigua el pH del mismo en los límites permitidos entre ligeramente ácido, neutralidad y alcalino (Bohn, 1993).

Guerrero (1996), el cual menciona que el pH debe ir de 5.2 a 6.5 para un óptimo desarrollo de la papa, pero según Pardave (2004), indica que existe en suelos con pH de 6.5 a 8.0 un desarrollo adecuado de la papa.

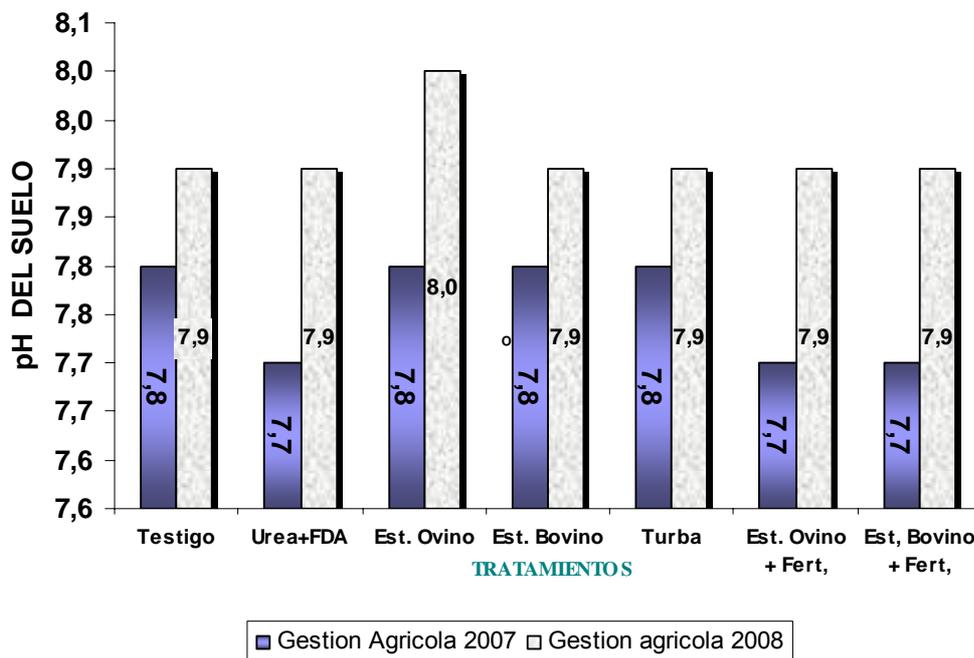


Figura 5. Comportamiento pH del suelo de dos gestiones agrícolas (2007 – 2008)

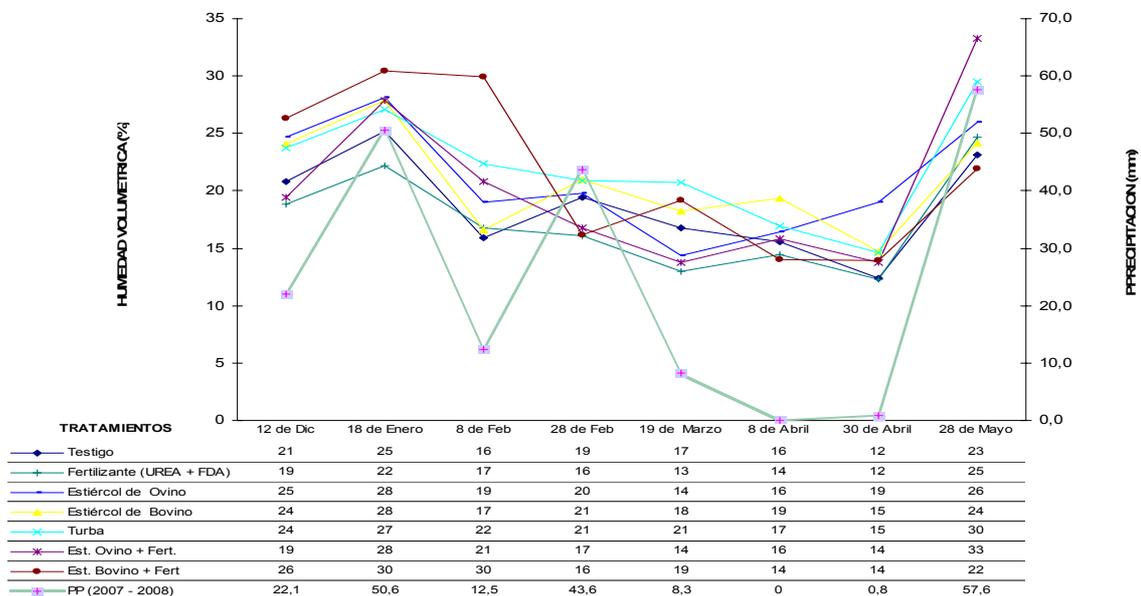
### 4.3 Comportamiento de la humedad en el suelo

#### 4.3.1 Humedad del suelo

La figura 6, muestra la tendencia del porcentaje de humedad volumétrica promedio relacionada con la precipitación pluvial (mm), para la fecha 8 de febrero, la precipitación disminuye a 12.5mm, pero la humedad en el tratamiento 7(Est.Bovino+Fert), se mantiene constante al 30% de humedad volumétrica, siendo indirectamente proporcional a la precipitación por las características del suelo franco arcillosas a profundidades de (15-30cm) con respecto a la retención de humedad, siendo útil para los procesos fisiológicos del cultivo, debido al poder de retención de la materia orgánica presente en el tratamiento, como lo menciona Salinas, (1990) que la materia orgánica es un componente fundamental que afecta las propiedades físicas y químicas del suelo, como son la retención de agua, la aireación, la erosión, la capacidad de intercambio catiónico (CIC), la disponibilidad de nutrientes y la estabilización de la estructura.

El tratamiento con turba T5 mantiene una humedad constante a lo largo del ciclo del cultivo de papa, como se muestra en la figura 6, a diferencia de los demás tratamientos (T1, T2, T3, T4, T6, T7), que son directamente proporcionales a la precipitación según Juscafresa (1996), indica que aunque la turba no tiene una acción idéntica a los estiércoles, resulta más beneficioso para aquellos casos en lo que interesa es principalmente dar soltura al suelo y, sobre todo, aumentar su capacidad hídrica, en este aspecto es muy superior a los estiércoles.

Por consiguiente se concluye que el efecto residual en cuanto a la materia orgánica se vio reflejado en los distintos tratamientos, ya que aplicaciones de fertilizantes inorgánicos y mezcla de orgánicos, reflejan una buena distribución de agregados por parte de las raíces, que por la disponibilidad de nutrientes, se desarrollaron agresivamente, penetrando en el subsuelo y abriendo minúsculas galerías el cual facilita la circulación y retención del agua en el suelo, así como la textura franco arcillosa influyeron en la retención de la humedad en todos los casos.



**Figura 6. Tendencia de la humedad volumétrica promedio en el tiempo con relación a la precipitación**

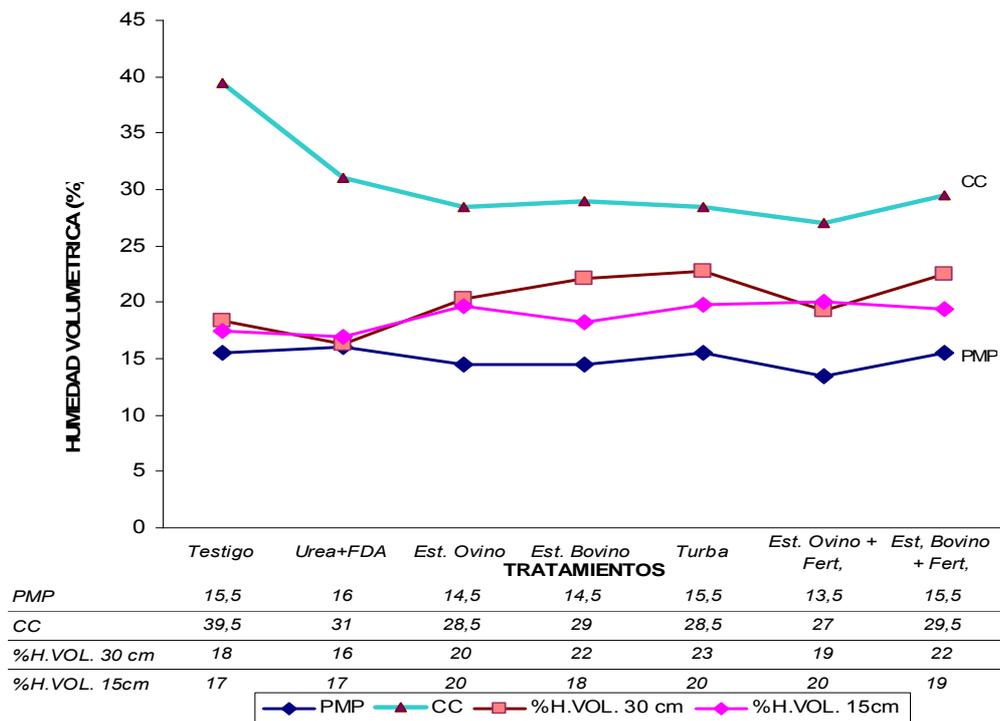
Se puede mencionar que no existe diferencias significativas entre los tratamientos en la retención de la humedad, debido a la baja densidad aparente, por efecto de la incorporación de materia orgánica, que ayuda a la infiltración del agua, tal como concuerda Novoa *et al.* (1991), quien indica que en aplicaciones de estiércol versus fertilización química equivalente, no encontró diferencias significativas en la retención de agua expresada en base a volumen.

La capacidad retentiva del agua del suelo es aumentada debido a que la materia orgánica en forma coloidal admite tanta agua como 4.4 veces de su propio peso (Chilon, 1996)

Haciendo una curva de absorción de la humedad relacionado con el valor energético del agua, la textura del suelo actúa en la humedad aprovechable y lanza valores en el suelo arenoso 6% de vol. Suelo franco 19% de vol, y suelo arcilloso 9% de volumen de agua aprovechable por los cultivos, considera que la capacidad de retención de agua útil dependerá de la textura, tipo de arcilla, estructura, contenido de materia orgánica así como el espesor y secuencia de los horizontes del perfil, donde los suelos en condiciones de capacidad de campo y punto de marchitez permanente retienen agua debido a su baja densidad y alta porosidad Chilon (1996).

La figura 7, muestra la tendencia de la humedad, a profundidades (0 -15 cm y 15 - 30 cm) de los diferentes tratamientos (T1, T2, T3, T4, T5, T6, T7), con relación a la capacidad de campo, el T1 con 39.5% y T2 31% posiblemente como resultado de una mínima disturbación de los agregados durante el desmalezado de los terrenos, pudiendo retener hasta 4 veces su peso en agua, teniendo una buena baja densidad aparente, que significa tener un buen volumen poroso del suelo contrariamente a lo que se esperaba, con respecto a los demás tratamientos mantienen un equilibrio con respecto al punto de marchitez permanente mantuvieron la misma tendencia, observando la tendencia de la humedad volumétrica a dos profundidades (0-15cm) y (15-30cm), el tratamiento 2 (UREA y

FDA), en comparación con el testigo y los demás tratamientos, alcanza valores promedios bajos, iguales a los del punto de marchitez permanente, debido al bajo espacio aéreo del suelo y tener una baja remoción de la capa arable posiblemente, muestra la poca magnitud retentiva de agua, que requiere la planta para satisfacer sus necesidades, llegando a estresar a la planta en determinado periodo, debido a factores climáticos, como el efecto del niño además de que este tratamiento no cuenta con materia orgánica natural, ya que una de las características de estas es la de retener la humedad en el suelo. Por otro lado el análisis de varianza al 5% de significancia, muestra que no existe diferencia entre tratamientos para ambas profundidades, la prueba de Duncan menciona que no existe diferencias estadísticas entre los tratamientos pero si numéricamente, el coeficiente de variación indica que se tuvo un buen manejo de datos.



**Figura 7. Comparación del porcentaje de humedad volumétrica a dos profundidades en relación a la capacidad de campo y el punto marchitez permanente**

### 4.3.2 Infiltración

La infiltración se determinó por el método del doble anillo concéntrico (Forsythe, 1975), en la capa superficial. A partir de los datos experimentales tomados a campo de tiempo y lámina se calcularon las constantes “K” y “n” de la ecuación de Kostiakov (Fernández *et al.*, 1971), luego se estableció la velocidad de infiltración y la infiltración básica detallados en el (anexo 10, cuadro 1 y 5),

La figura 8, muestra la velocidad de infiltración del agua, en los primeros 10 minutos, desde el punto A – B existe una velocidad de infiltración de escurrimiento rápido de agua de (16 – 6 cm/hr ), y del punto B – C el escurrimiento se torna lento, y en el punto C se llega al a Capacidad de Campo con una velocidad de infiltración de 1.5mm/hr siendo la característica de la figura de una textura gruesa.

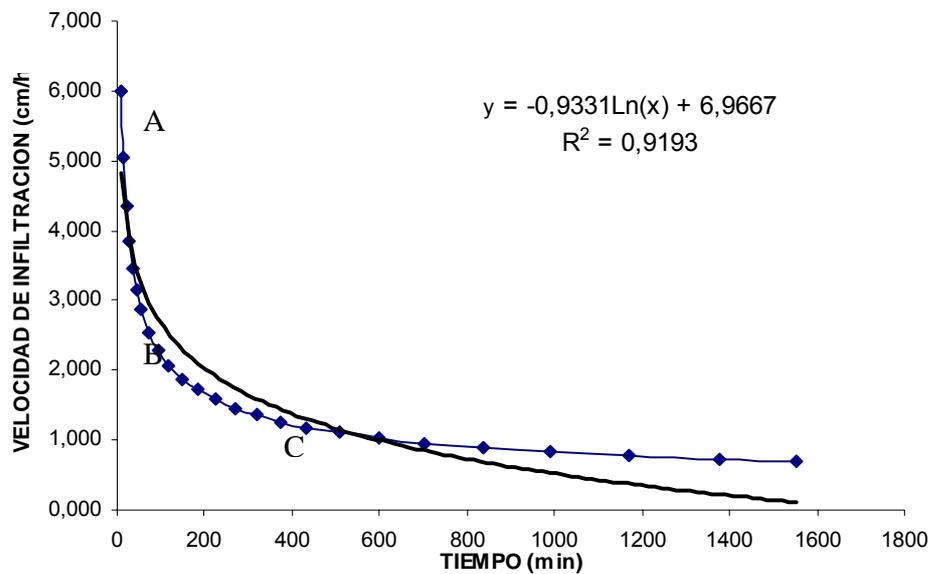


Figura 8. Pruebas de infiltración parcela experimental Chinchaya

El movimiento del agua que pasa del exterior hacia el interior del perfil del suelo, es de mucha importancia en la relación suelo – planta; depende de muchos factores:

cantidad de agua que recibe el suelo, la capacidad de retención del suelo, la textura, la estructura y el manejo que se le da al suelo, la temperatura, etc.

Niveles adecuados de materia orgánica en el suelo promueven la formación de macroporos y, consecuentemente, mejoran la tasa de infiltración, además de facilitar la labranza y permitir una adecuada aireación del suelo (Kemper y Rosenau, 1986), Además, de esta menor densidad aparente se obtienen incrementos notables en la infiltración del agua (Bruce *et al.*, 1992)

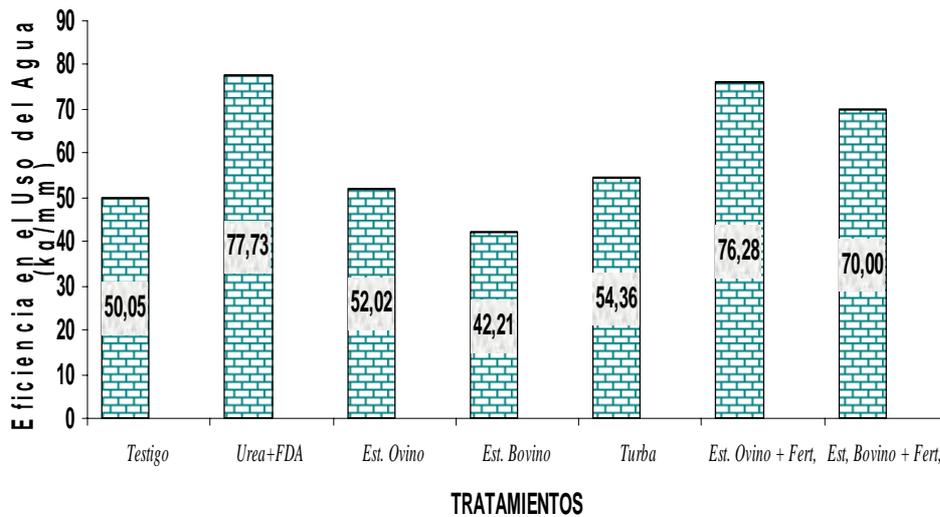
#### **4.4 Eficiencia en el Uso del Agua**

En la figura 9, que corresponde a la eficiencia del uso de agua, analizadas mediante la relación del rendimiento o producción por unidad de agua consumida por el cultivo, en cada uno de los tratamientos, siendo así la diferencia por la humedad residual, por efecto de los fertilizantes orgánicos e inorgánicos residuales, en cada uno de los tratamientos.

La influencia de los nutrientes principales demuestran la tendencia de la eficiencia del agua ya que con relación con el testigo (T1) el T2 (Urea+FDA) alcanza una diferencia de (55.3%), el T6 (Est.ovino+Fert.) en comparación con el T1 alcanza un valor superior 12.44% y el T7 (Est. Bovino+Fert.) que en relación con el testigo lo supera en 39.8%, los T5 (turba) y T3 (est. Ovino) superan al testigo en 8.6 y 3.9% respectivamente, el T4 (Est. De Ovino) baja su eficiencia en el uso del agua con respecto al testigo en un 15.6%.

El valor obtenido por el T2 de 77.73 kg por cada mm de agua consumida es un dato que muestra la eficiencia que se tuvo el tratamiento en el uso eficiente del agua, esto a razón del efecto de la fertilización nitrogenada (Urea+FDA), aplicada en una anterior gestión, que produjo una amplia biomasa foliar, así como raíces que se desarrollaron agresivamente por la mejor disponibilidad de nutrientes, que produjeron minúsculas galerías en el suelo, facilitando la circulación y retención de agua y con la materia orgánica acumulada se incremento los macroporos del suelo

disminuyo la densidad aparente en un 20.7% como lo muestra el cuadro15, para tratamientos T6 el uso eficiente agua alcanzo un valor de 76.28 kg por mm de agua y T7 de 70 kg por cada mm de agua atribuibles al contenido de nitrógeno en el suelo, cantidad materia orgánica, nivel de fósforo en el suelo, así como de la capacidad de intercambio catiónico, ya que influyen en el rendimiento en la absorción de nutrientes y en la capacidad de retener humedad.



**Figura 9. Eficiencia en el uso del agua**

Valores altos del uso eficiente del agua indican que se logra producir mayor contenido de materia orgánica con un menor uso de agua (Fernandez, E. y Camacho, F., 2005).

La influencia del nitrógeno, que atribuyeron el aumento de la eficiencia en el uso del agua (EUA) debido a la fertilización nitrogenada a un incremento en el uso de la radiación (EUR) por incremento de la concentración de nitrógeno en las plantas que incrementa a su vez la capacidad fotosintética a la vez el fósforo incrementa la eficiencia en el uso del agua (EUA) y la tolerancia de los cultivos a la sequía a través del desarrollo temprano del cultivo que reduce la evaporación del agua del suelo favoreciendo la transpiración del cultivo, y por la mayor proliferación y actividad de las raíces (Caviglia y Sadras, 2001).

En climas áridos o semi-áridos, como es el caso del altiplano, la fertilización potásica mejora la eficiencia en el uso del agua (EUA) a través de su influencia sobre la turgencia y

regulación estomática. Una adecuada nutrición con potasio (K), mantiene constante la presión de turgencia, facilitando los procesos metabólicos.

En el ápice de crecimiento, un exceso de turgencia asegura la elongación de las células. El potasio (K) permite una óptima regulación de los estomas, particularmente en periodos de escasez de agua, haciendo más eficiente el uso del agua por la planta (Lindhauer, 1983).

La saturación de agua (SA) del suelo presenta una tendencia a incrementarse al aplicar altos niveles de abono. Sin embargo, este efecto no se presentó después de la aplicación de estiércol. (Gonzáles, 1992).

Existe una relación estrecha entre el rendimiento con la materia orgánica y el agua ya que estos dan como resultado una mayor rendimiento como lo menciona Álvarez (2002), quien indica que el rendimiento está determinado por la relación existente entre las precipitaciones y la evapotranspiración del cultivo, la capacidad de almacenamiento de agua útil de los suelos y el nivel de materia orgánica ya que el nitrógeno también ayuda a el uso eficiente de agua tal como lo menciona Gregory *et al.* (1984); Cooper *et al.*, 1987, que en regiones en donde se cuenta con una dotación fija de agua, mediante las prácticas agrícolas (fertilización nitrogenada) puede lograrse, un uso más eficiente del agua y una mayor producción de los cultivos por otro lado esta aseveración es contrastada por otra investigación según INIA (2006), quienes concluyen en señalar en su investigación que el acondicionamiento con materia orgánica no genera un efecto importante sobre la retención de agua del suelo, pero la infiltración de agua mejora respecto al tratamiento testigo.

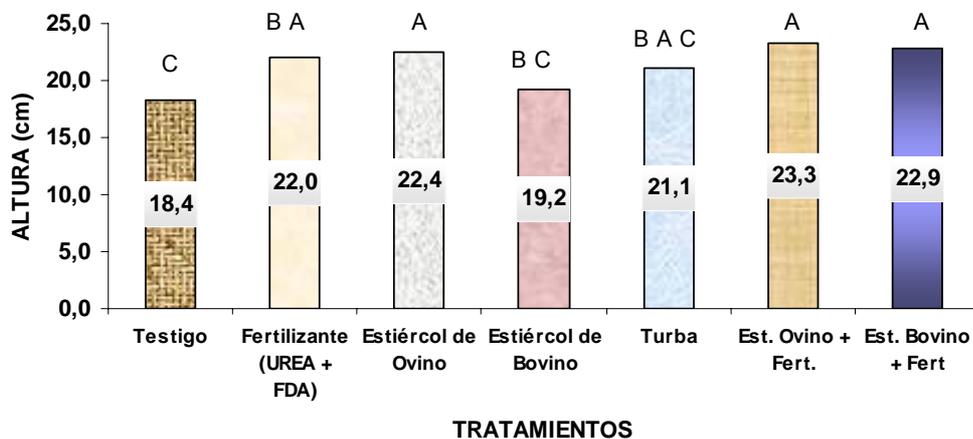
#### **4.5 Comportamiento del cultivo de papa, en relación a diferentes aplicaciones de abonos orgánicos y químicos**

##### **4.5.1 Altura de planta**

El análisis de varianza para altura de planta, indica que existen diferencias significativas entre tratamientos ( $p = 0.014 < 0.05$ ), esto se debe a la expresión de los diferentes tratamientos que contribuyeron con el aporte de nutrientes, así como en la retención de la humedad para un buen desarrollo de la planta, como se muestra con los tratamientos combinados con fertilizante FDA como ser el T6 ( estiércol de ovino + fertilizante) con un

promedio de 23.3 cm y el T7 (Estiércol de ovino + fertilizante) con 22.0 cm de promedio superiores en altura, en comparación al testigo 18.1.

Por otro lado el contenido de nitrógeno total, no presento diferencias significativas (anexo 11) entre los tratamientos, el cual influye en el crecimiento de la planta pero sin representar una diferencia entre fertilizantes orgánicos e inorgánicos ya que el nitrógeno por su movilidad conducido por el flujo en masa o advección, es absorbido por la planta el ión nitrato sin representar dificultad, además como se muestra en el (cuadro 10), esta distribuido de manera general casi uniforme en los tratamientos tendiendo a una estabilidad en el suelo.



**Figura 10. Altura de planta a diferentes tratamientos**

La prueba de Duncan (cuadro 14), para alturas con relación a los tratamientos, muestra que no existen diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos. Los tratamientos: T6. Est. Ovino + Fert. (23.30cm), T7. Est. Bovino + Fert. (22.9cm) T3. Estiércol de Ovino (22.4 cm), T2. Fertilizante (UREA + FDA) (22 cm), T5. Turba (21.1cm), son iguales estadísticamente T4. Estiércol de Bovino (19.2 cm), es similar estadísticamente al T5 Turba, sin embargo el tratamiento T1. Sin Abono (testigo) alcanza una altura inferior de 18.4 cm diferente a los demás tratamientos, debido a diversos factores que influyeron en la variable altura, uno de los factores la baja precipitación, que se registro en la etapa de desarrollo de la planta, por existir

déficit hídrico, como se muestra en la figura 3, para los meses de febrero en adelante.

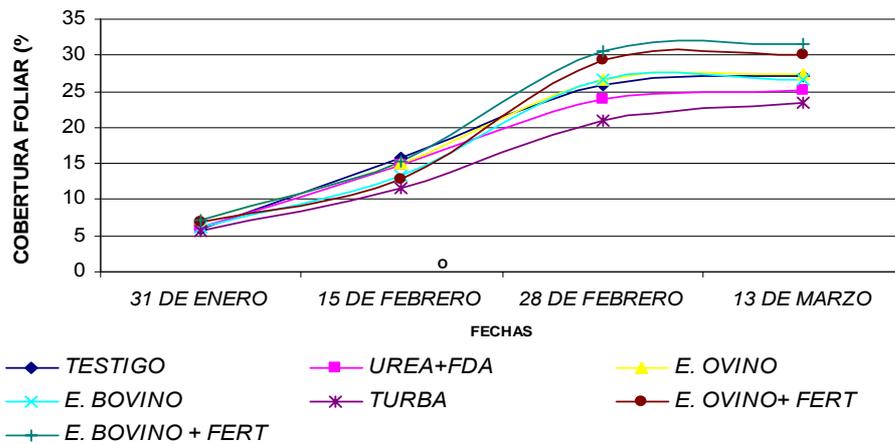
**Cuadro 14. Pruebas de medias en altura de planta**

Tratamientos	Media Altura (cm)	Duncan
T6 (EO-U-FD)	23,30	A
T7 (EB-U-FD)	22,92	A
T3 (EO)	22,43	A
T2 (U-FD)	22,00	A B
T5 (T)	21,10	A B C
T4 (EB)	19.20	B C
T1 (Te)	18.40	C

Blakckman mencionado por Berth (1995), indica que en un procesos en este caso la altura esta condicionado por varios factores (agua luz, dióxido de carbono, oxígeno, temperatura y nutrimentos), el resultado del proceso esta limitado por el factor disponible al mas bajo nivel dicho en otras palabras que el crecimiento de la planta no puede ser mayor que el permitido por el factor disponible en menor cantidad. Al respecto Morales (2000) menciona que las condiciones climáticas del altiplano no favorecen en la manifestación total del efecto de los fertilizantes ya sean estos de origen orgánico e inorgánico sobre el cultivo de papa, por la baja precipitación y temperaturas existentes.

#### 4.5.2 Cobertura foliar

La Figura 11, muestra la tendencia que tiene el porcentaje de cobertura medido en el tiempo en relación a los diferentes tratamientos, además que la prueba de análisis de varianza muestra que no existe diferencias significativas en tratamientos esto debido a la homogeneidad que existió en el experimento además de tener un coeficiente de variación de 10% aceptable.



**Figura 11. Porcentaje de cobertura foliar de los diferentes tratamientos**

El cuadro 15, de la prueba de Duncan al 5%, se determino que los tratamientos: T7. Est. Bovino + Fert (21.15%); T6. Est. Ovino + Fert, (19.79%) son mayores en cobertura foliar a los demás tratamientos pero estadísticamente son similares a los tratamientos, T3. Estiércol de Ovino (19.06%), T2. Fertilizante (UREA + FDA)(17.67%), T4. Estiércol de Bovino (19.2%), T1 sin abono (testigo) 17.41% que tienen la misma letra no difieren estadísticamente, no así el T5. Turba (15.36%), que difieren con los demás en el porcentaje de cobertura, esto debido a los nutrientes que los componen. La inestabilidad de su estructura y su alta capacidad de intercambio catiónico interfieren en la nutrición vegetal, al presentar un pH que oscila entre 3,5 y 8,5 (Wikimedia, 2009), para los tratamientos con fuentes inorgánicas o mezclas T2, T6, T7, estas fuentes inorgánicas colaboran en la formación de la materia orgánica tal como lo menciona Garman (1996), indica que los fertilizantes químicos ayudan a la formación de materia orgánica produciendo cultivos mas grandes, dejando residuos que restituyen el suelo, Al respecto Gruner, citado por Foronda (1999), menciona que el nitrógeno genera gran cantidad de masa foliar y con ello grandes superficies de asimilación a su vez requisito para la formación de almidones en consecuencia desarrollo de los tubérculos.

**Cuadro 15. Prueba de Medias de Cobertura Foliar**

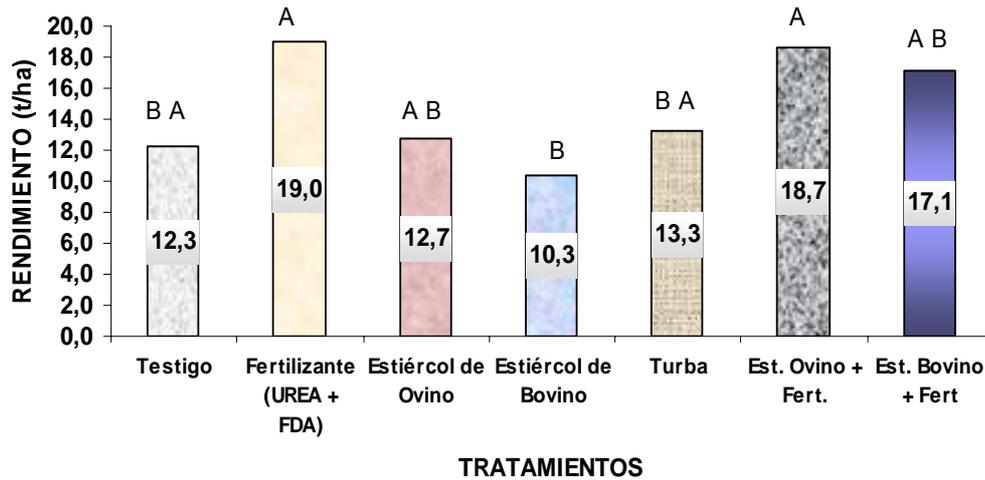
Tratamientos	Media(%)	Duncan
T7 (EB-U-FD)	21,15	A
T6 (EO-U-FD)	19,79	A
T3 (EO)	19,06	A B
T4 (EB)	18,21	A B
T2 (U-FD)	17,67	A B
T1 (Te)	17,41	A B
T5 (T)	15,36	B

#### **4.6 Variable de Rendimiento**

##### **4.6.1 Rendimiento según peso**

El análisis de varianza reporta que no existe diferencia significativa estadística, entre los tratamientos, la figura 12, resultados que difieren de lo que se esperaba, atribuible a residualidad de los compuestos orgánicos e inorgánicos en el suelo en su proceso de mineralización y/o humificación según la característica de cada uno, por las condiciones de altiplano en temperatura y precipitación los fertilizantes no debieran tener mucha manifestación en el rendimiento por lo que señala Morales (2000), quien menciona que las condiciones climáticas del altiplano posiblemente no favorezcan a la manifestación total en el rendimiento del efecto de los fertilizantes sobre el cultivo de papa, por la baja precipitación y temperaturas existentes, por otro lado Álvarez, (2002), indica que el rendimiento está determinado por la relación existente entre las precipitaciones y la evapotranspiración del cultivo, la capacidad de almacenamiento de agua útil de los suelos y el nivel de materia orgánica, pero la figura 16, muestra lo contrario incrementándose en los tratamientos con fuentes inorgánicos, esto a razón de tener mejor mineralización de nutrientes esenciales asimilables para la planta en los (15-30cm) comparados con la anterior gestión cuadro 17, disminuyendo en los tratamientos con fuentes orgánicos, cuya descomposición fue mas lenta y aprovechable en la primera gestión agrícola, la disponibilidad de nutrientes influye en la variabilidad y rendimiento de los tratamientos, ya que aquellos con mayor

disponibilidad de nitrógeno asimilable, forman una mayor cobertura foliar, por consiguiente en la generación de fotosintatos, favoreciendo en la absorción de fósforo cuya eficiencia en el suelo genera mayor numero de raíces y ayuda en la tuberización, por consiguiente en el rendimiento en peso de tubérculos.



**Figura 12. Rendimiento (t/ha) con relación a tratamientos**

Marschner (1990) citado por Paz (2006), 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 FAO (2002) 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.

Chamy (1993) menciona que el estiércol no tiene un beneficio que se refleje en los rendimientos de los cultivos, lo que es comparable con sus resultados, concluye que la principal ventaja de la aplicación de la materia orgánica al suelo, está dada por su efecto acondicionador, siendo secundario su valor como fertilizante.

En el cuadro 16, de la prueba de Duncan, se observa que no existe diferencias estadísticas entre los tratamientos T2. Fertilizante (UREA + FDA)(19.03 t/ha), T6. Est. Ovino + Fert, (18.67 t/ha) T7. Est. Bovino + Fert(17.13 t/ha) , T5. Turba (13.30

t/ha), T3. Estiércol de Ovino (12.73 t/ha), T1 sin abono (testigo) 12.30 (t/ha), con respecto al tratamiento T4. Estiércol de Bovino (10.33 t/ha) quien presento menor rendimiento, según investigaciones se indica que el estiércol de bovino es el más lento en mineralizarse (Vázquez, 1988)

Teran y Callisaya (1999), reportaron que con la aplicación de guano de ovino se obtuvieron 5 t/ha en condiciones de secano en la localidad de Achocalla (Provincia Murillo).

**Cuadro 16. Comparación de medias de rendimiento (t/ha)**

Tratamientos	Media(t/ha)	Duncan	
T2 (U-FD)	19,03	A	
T6 (EO-U-FD)	18,67	A	
T7 (EB-U-FD)	17,13	A	B
T5 (T)	13,30	A	B
T3 (EO)	12,73	A	B
T1 (Te)	12,30	A	B
T4 (EB)	10,33	B	

Por otro lado Torres (2005), citado por Paz (2006), probando épocas de siembra en la campaña 2001-2002 en la localidad de Copacabana (Provincia Manco Cápac), usando estiércol de bovino 12t/ha obtuvo rendimientos de 32.1 t/ha en la época 1 (siembra 13 de septiembre) y 11.3 t/ha época 2 (siembra 2 de noviembre) para la variedad Waycha concluye en señalar que la reducción del rendimiento es debido a las condiciones climáticas (temperatura, precipitación humedad relativa) poco favorables al retrasar la época de siembra. Condori (2003), aplicando Urea+ FDA (80-120-00 kg/ha) obtuvo en condiciones de secano con la variedad Waycha un rendimiento de 17.45 t/ha.

Vale mencionar que las diferencias en rendimiento entre los tratamientos en condiciones de secano son debidas a las características que influyeron en su aplicación y de su poder residual de la aplicación de los abonos con respecto a los fertilizantes, Angulo citado por Terrazas (1998) menciona que el cultivo de papa es de mayor respuesta a la aplicación de fertilizantes en condiciones de secano cuyos

incrementos en cuanto a rendimiento son superiores en algunos casos sobrepasa el 183% con relación al testigo.

Un segundo factor que afecto en el rendimiento de la producción es la baja precipitación que se tuvo en el ciclo del cultivo provocando un déficit hídrico cuyo registro de precipitación fue de 237.1mm con una evapotranspiración de 395 mm superior a la precipitación con déficit hídrico de aproximadamente de 158.4 mm esto trae como consecuencia una baja formación de estolones, como lo menciona Cañahua (1991), que la formación de estolones, 45-55 días después de la siembra, es susceptible a la escasez de agua su déficit provoca un numero reducido de estolones disminuyendo así el rendimiento, por su parte Hernández (2001), señala que el incremento de las raíces y estolones esta condicionado por la humedad del suelo y la disponibilidad de nutrientes en el suelo.

Barrera (2001), reporta que la cantidad de agua disponible en el suelo influye en la producción, en los procesos fisiológicos, principalmente en el crecimiento, fotosíntesis y absorción de nutrientes. Al respecto Agrios (1996), señala que los mas altos rendimientos dependen de la cantidad de agua y nutrientes, Varas (2006), es mas preciso en señalar que la falta de agua en los procesos en el periodo de estolonización e inicio de la formación de tubérculos y crecimiento afectan en los rendimientos del cultivo.

Otro factor que influyo en el rendimiento fueron: las bajas temperaturas, nevada, y heladas, tales como se dieron el 17 de enero, donde acaeció una nevada, que afecto en el desarrollo de la planta que se encontraba en plena fase de estolonización, y la helada del 19 de marzo, con una temperatura de 0.6 °C, acabando con el follaje por completo que en su mayoría se encontraba en plena fase de floración de un 35%, y las bajas temperaturas que se dieron el 8 de abril de -1.8°C, y el 27 de abril de - 0.4°C en plena madurez fisiológica del tubérculo causando perdidas, por podredumbre del tubérculo, de esta manera afectando en

el rendimiento, impidiendo la producción de fotosintatos y que muchos tubérculos alcancen el mínimo exigido mayor a 15mm de tamaño.

El cuadro 17, muestra una comparación de rendimientos promedio de dos gestiones agrícolas, cuyos datos muestra que en el testigo, se mantuvo el rendimiento estable, debido a que no aplicaron de ningún tipo de fertilizante y esto se muestra en la densidad aparente que tampoco tuvo modificación como se muestra el cuadro 8, el T2 (*Urea+FDA*) tuvo un incremento de un 72.7% esto debido que en la anterior gestión se acumulo materia orgánica y buen volumen poroso del suelo por efecto de los nutrientes esenciales, el T3 (Est. Oveja) disminuyo en un 27.7% esto debido a que se absorbió en el primer año y disminuye paulatinamente, similar al T4 (Est. Bovino), que disminuye en un 47.4% y tarda en mineralizarse mas tiempo, en cuanto al T5 (turba) por la falta de nutrientes asimilables solo parece haber influido en la soltura del suelo ya que su proceso de descomposición es mas largo por la relación de C/N que es muy alta 30-40, en cuanto a los tratamientos T6 (Est.ñ Oveja + Fert) y T7 (Est, Bovino + Fert) incrementan en un 46 y 30.7% respectivamente esto a razón de la absorción de los fertilizantes (*Urea+FDA*) en el primer año luego en la segunda los abonos orgánicos que fueron asimilados por el cultivo de papa.

**Cuadro 17. Comparación de rendimientos entre la gestión 2007 y 2008**

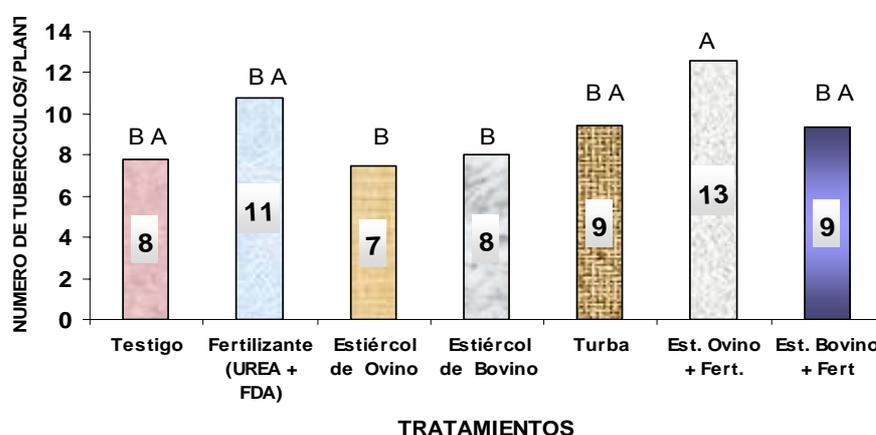
<b>RENDIMIENTO ( t/ha)</b>		
<b>TRATAMIENTOS</b>	<b>Gestión 2007</b>	<b>Gestión 2008</b>
<i>Testigo</i>	12	12
<i>Urea+FDA</i>	11	19
<i>Est. Oveja</i>	18	13
<i>Est. bovino</i>	19	10
<i>Turba</i>	20	13
<i>Est.ñ Oveja + Fert,</i>	13	19
<i>Est, Bovino + Fert,</i>	13	17

#### **4.6.2 Numero de Tubérculos planta**

El análisis de varianza muestra a un 5% de significancia manifiesta qué no existen diferencias entre tratamientos pero si existen diferencias numéricas en el cuadro

18, de la prueba de medias de Duncan se muestran las diferencias, el coeficiente de variación nos muestra un valor de 22% valor aceptable estadísticamente.

De la figura 13 y Cuadro 18, puede observarse la distribución del número de tubérculos por planta en diferentes tratamientos, no representan una variación significativa entre los mismos, se infiere que el T6 (EO-U-FD), tiene mayor número de tubérculos promedio con respecto al resto de los tratamientos, y estadísticamente similar a los tratamientos: T2 (U-HD), T5 (T), T7 (EB-U-FD), T1 (Te), tratamientos que tienen la misma letra; no difieren entre tratamientos, a su vez T4 (EB), T3 (EO) similares estadísticamente pero numéricamente inferiores, en cantidad de tubérculos con el resto de los tratamientos la diferencia numérica radica en el contenido de nutrientes del suelo tal el caso de T6: 12 tubérculos por planta, T2: 110.67 tubérculos por planta, T7: 9.33 tubérculos por planta, valores similares a los obtenidos en condiciones de secano por Condori (2003), quien encontró en el Altiplano Norte 11.10 tubérculos por planta para esta variedad Waycha combinaciones de fertilizantes orgánicos e inorgánicos



**Figura 13. Numero de tubérculos / planta en relación a diferentes tratamientos**

Para tratamientos con fuentes orgánicas T3 7.67 tubérculos por planta, cuyo abono al contener grandes cantidades de compuestos orgánicos de fácil descomposición e incremento de las actividades biológicas por consiguiente mayor número de

tubérculos. El aporte de los abonos disminuye pasando los años, el 50% el primer año, 35% el segundo año, y 15% el tercer año (Villarroel, 1989).

Por ultimo se puede mencionar que la reducción del numero de tubérculos es razón de las condiciones climáticas adversas (temperatura, precipitación y humedad) y el retraso a la época de siembra.

**Cuadro 18. Comparación de medias con respecto al número de tubérculos/planta**

Tratamientos	Media (Tub/pl)	Duncan
T6 (EO-U-FD)	12,67	A
T2 (U-FD)	10,67	A B
T5 (T)	9,33	A B
T7 (EB-U-FD)	9,33	A B
T1 (Te)	8,00	A B
T4 (EB)	8,00	B
T3 (EO)	7,67	B

El T4: con 8 tubérculos por planta cuyo abono aporta nutrientes de forma mas paulatina del 30% en el primer año, valores de números de tubérculos por planta inferiores a los obtenidos por Teran y Callisaya (1999), reportan que en condiciones de secano obtuvieron 16.41 tubérculos por planta para la variedad Waycha con la adición de guano de ovino, superiores a los que esto a razón de la poca disponibilidad de nutrientes por el efecto residual de la misma, Torres (2005), al probar épocas de siembra en las campañas 2001 y 2002 usando estiércol de bovino obtuvo en condiciones de secano para la época 1 siembra 13 de septiembre obtuvo 15 tubérculos planta, para la época 3, siembra 2 de noviembre se obtuvo 9 tubérculos por planta este ultimo similar al que se obtuvo en el experimento.

Según Kulakovskaya y Brysozovskii (1984) la combinación de fertilizantes minerales y orgánicos mejoran la calidad de la papa al respecto Garman (1996), menciona que los fertilizantes químicos ayudan a la formación de materia orgánica produciendo cultivos mas grandes, dejando residuos que restituyen el suelo, ayudando en la en la alimentación de los microorganismos, del suelo, resultando en

una conversión mas rápida de los residuos frescos de la materia orgánica para el suelo, cuyos sistemas de raíces grandes, distribuyen la materia orgánica a mayor profundidad en el suelo, por consiguiente mayor disponibilidad de nutrientes que participan en la formación y crecimiento de tubérculos.

Coca (2000) señala en condiciones de altiplano se encuentran en promedio entre 16 a 30 tubérculos por planta si se toma como parámetro estos datos propuestos por el autor ninguno de los tratamientos llega a compararse con el mínimo propuesto, debido a muchos factores como el climático, la baja precipitación registrada en las fases fonológicas, principalmente en la fase de estolonización y la formación de tubérculos donde se registro para el mes de febrero 45.2 mm con un ETo de 91.39 mm esto demuestra que existió un gran déficit de agua para la formación de tubérculos, hasta la finalización del ciclo de cultivo hubo gran demanda de este elemento.

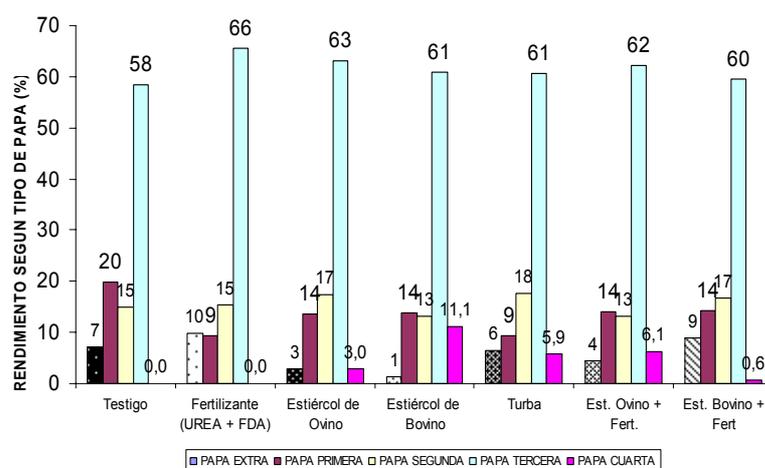
#### **4.6.3 Clasificación por categoría**

En la figura 14, (anexo 5, cuadro 7), muestran los porcentajes para los diferentes tratamientos, por categorías de tubérculos de tipo comercial (papa extra mayor a 55 mm, papa primera 45-55mm) para semilla (papa segunda de 35-45mm, papa tercera de 15-35) papa menuda cuarta de < a 15 mm) según la escala de clasificación de la oficina regional de semillas (1997).

Según la figura 14, reporta rendimientos de papa, categoría extra de 0.6t/ha (7%), 1.0 t/ha (10%), 0.2 t/ha (3%), 0.1 t/ha (1%), 0.6 t/ha (6%), 0.6 t/ha (4%) y 0.8 t/ha (9%) respectivamente, en la categoría primera se obtuvo 1.6 t/ha (20, 9%) , .0.9 t/ha (9%), 1.0 t/ha (14%), 1.2 t/ha (14%), 0.9 t/ha (9%), 1.8 t/ha (14%) y 1.3 t/ha (14%) (Según orden de distribución de tratamientos, la papa de categoría segunda se distribuye de la siguiente manera 1.2 t/ha (15%), 1.6 t/ha (15%), 1.3 t/ha (17%), 1.1 t/ha (13%), 1.7 t/ha (18%), 1.7 t/ha (13%), y 1.6 t/ha (17%) pero la categoría de papa tercera (semilla) que se distribuye con mayor porcentaje en todos los tratamientos como muestra la figura 14, de 4.6 t/ha (58%), 6.7 t/ha (66%), 4.7 t/ha

(63%), 5.2 t/ha (61%), 5.7 t/ha (61%), 7.9 t/ha (62%) y 5.6 T/ha (60%) respectivamente, al respecto (Paz,2006), reporto valores inferiores para tratamientos sin aplicación de fertilizantes inorgánicos de 0.97, 3.82, y 0.84 en porcentaje 14, 57, y 13% para papa comercial, semilla y menuda, Para tratamientos con fertilizantes (UREA - FDA) reporta valores de 1.06, 4.47 y 0.98 en porcentaje 13, 60 y 13% inferiores a los obtenidos en le presente experimento debido a disponibilidad de nutrientes, y el efecto residual sobre la materia orgánica.

Al respecto Condori (2003), aplicando Urea-FDA (80-120-00) obtuvo también rendimientos de 1.75, 2.9, 7.1, 5.1, y 1.3 t/ha Para los tamaños Extra, I, II, III, IV, con la variedad Waycha paceña el autor indica que se tuvieron los mayores rendimientos en los tamaños III y IV, complementado por Bohórquez (2001), quien añade que cuando algún oligoelemento hace falta esto puede limitar el crecimiento y el rendimiento de los cultivos, así mismo Guerrero (1996), indica que los oligoelementos son necesarios para la planta en cantidades pequeñas, estos aumentan el desarrollo de las raíces forman parte de las enzimas de gran importancia (hierro, cobre, molibdeno) al menos como activadores de las mismas y la importancia del potasio en el suelo tal como lo menciona, Pardave (2004), que la presencia de potasio incrementa la eficacia en la elaboración y la movilización de azucares y almidones a los tubérculos incrementando su tamaño.



**Figura 14. Porcentaje de tubérculos por categoría en los diferentes tratamientos**

Por otro lado Torrez (2005), probando épocas de siembra en las campañas 2001-2002 en condiciones de secano obtuvo para la época 1 (13 de septiembre) y época 2 (8 de octubre) rendimientos altos para los tratamientos I y II en la época 3 (2 de noviembre) los mayores rendimientos se obtuvieron en los tamaños II y III, para la época 4 (28 de noviembre) los tamaños III y IV son los que obtuvieron mayores rendimientos.

El mismo autor atribuye los altos rendimientos para los tamaños I y II (papa comercial) en las épocas 1 y 2 a las condiciones medio ambientales favorables hecho condicionado por la época de siembra y sostiene que existe un desplazamiento en la clasificación de los tamaños (mayor proporción de tamaños III y IV) a medida que se retrasa la siembra.

## **5. CONCLUSIONES**

De los resultados obtenidos se tienen las siguientes conclusiones:

- 1.** Para las características físicas, se determino que la textura es franca a franca arcillosa, cuya densidad es mas propia de suelos arcillosos disminuyendo en relación a la campaña anterior.
- 2.** De las características químicas del suelo se concluye por análisis de laboratorio que existe mayor porcentaje de concentración de (N,P,K, M.O. C.I.C.) en Iso primeros 15cm, además de que se refleja un incremento de los valores de los nutrimentos minerales, por la descomposición y/o humificación de la materia organica por consiguiente la mineralización por el efecto residual, el pH aumenta levemente correspondiendo al rango de moderadamente alcalino.
- 3.** No existe variación en el comportamiento de la humedad en el suelo a diferentes profundidades en cuanto a la retención a excepción del T 5 (turba) que se mantiene constante.
- 4.** Para la variable de eficiencia del uso no se reporto significancia en el rendimiento del cultivo de papa, atribuible a otros factores no establecidos.
- 5.** No se reflejo el efecto de los fertilizantes sobre el comportamiento agronómico, pero si con relación al testigo para la altura y la Turba para la cobertura foliar. con respecto al rendimiento en peso comparando con la gestión anterior existe un efecto residual en los tratamientos T2, T6 y T7 no así en los tratamientos T3, T4 y T5.

## **6. RECOMENDACIONES**

1. Realizar trabajos de investigación de tasas de mineralización en el suelo y planta, bajo la influencia del medio ambiente, en diferentes zonas, utilizando materiales orgánicos locales como los estiércoles de ovino, vacunos, camélidos, porcinos y aves etc., para tener mayores elementos de recomendación, así mismo con la mezcla de fuentes orgánicas para determinar su residualidad a largo plazo en el suelo.
2. Realizar balances hídricos del suelo, para tener valores mas exactos, para determinar el agua útil para la planta y planificar estrategias de riego a fin de asegurar la productividad.
3. Utilizar otras metodologías de medición enfocados enteramente a la investigación de la eficiencia en el uso de agua (EUA), alternando con otros cultivos ya sea rotativos o mixtos para tener mejores resultados.
4. Realizar trabajos del efecto residual con diferentes tipos de abonos orgánicos e inorgánicos en cultivos de rotación.

## 7. BIBLIOGRAFÍA

Agrios, N. 1996. Fitopatología enfermedades de la planta, trad. M. Gusman Ortiz. Mexico D.F. s.e. p.164.i

Alvarado A., Buol W. 1985. Field estimation of phosphate retention by Andepts. Soil Sci. Am. J. p. 505.

Alvarado, F. 1986. Crecimiento del cultivo de papa Bogota Colombia CIP, ICA p. 202.

Álvarez, C y Álvarez, R. 2002. Descomposición de residuos de trigo marcado con C<sup>14</sup>: efecto del grado de contacto con el suelo. p. 70.

Álvarez, R; Steinbach,H; Grigera, S; Gartier,E; Obregon, A y Garcia, R. 2004. The Bbalance sheet methods as a conceptual framework for nitrogen fertilization of whath in pampean agroecosystems. Agron. J. p. 1050-1057.

Álvarez, R; Steinbach,H; Roveri, A; Salas, J; Montaney y Grigera, S. 2005. aporte de nitrógeno desde los componentes orgánicos del suelo en la pampa ondulada. VIII Congreso Nacional de Maí nitrógeno (Argentina). p. 111.

Álvarez, R. 2005 Balance de carbono en la pampa ondulada; efecto de la rotación de cultivos y la fertilización nitrogenada. Actas Simposio Fertilidad 2005 (Argentina), p. 61-70.

Augstburger, F. 1989. Abonos orgánicos en el cultivo de papa en la zona andina de Bolivia.

Barrera L. 2001. La fertilidad diagnostico y control (en línea). Bogota. Consultado 25 de feb. 2009. Disponible en:  
<http://www.mirat.net/fertilizantes/nutrición/micronutrientes/boro.html>.

Barber, K; Maddux, D; Kissel, E. Pierzynski, G. y. Bock, B. 1992. Corn responses to ammonium and nitrate-nitrogen fertilization. Soil Sci. Soc. Am. J. 56:1166-1171.

Bertsh, F., Cordero A. 1984. Fertilidad de Tepic Dystrandeps de Costa Rica. II. Aniones (N, P, B, S, Mo), materia orgánica y textura. Turrialba 34(2):199-205.

Bertsh, F. 1995. La fertilidad de los suelos y su manejo 2<sup>a</sup> ed. San José Costa Rica INPOFOS p 138 – 139.

Bohn L. 1991 Química del suelo primera edición LIMUSA, español México DF. 236 p.

Bohórquez, F. 2001. Manual de fertilidad de suelos. 8<sup>a</sup> reimp. Esp. s.l. s.e. p.26-35.

Buchanan, M. 1993. Study examines efficient use of compost. Cultivar-Santa Cruz 11.9-10. Calzada, B. (1982) Métodos estadísticos para la la investigación, 5ª edición Milagros lima Perú, 350-360 pp.

Buckman, R y Brady, P. 1991. Naturaleza de los Suelos 4ª reimpression. México Limusa. p.590.

Buol, S. W. 2000. Génesis y clasificación de suelos 3ra reimpression. Editorial trillas, México. p 83-84.

Bruce, R., G. Langdale, L. West, and W. Miller. 1992. Soil surface modification by biomass inputs affecting rainfall infiltration. Soil Sci. Soc. Am. J. 56:1614-1620.

Caero, G. 1984. Distribución de nematodos de importancia económica en zonas productoras de papa en Bolivia Tesis Lic. Ing. Agr. Cochabamba Bolivia Universidad Mayor de San Simon. p. 23-24.

Canahua, A. 1991. Agro ecología de las papas amargas en puno In: primera mesa redonda Perú – Bolivia, La Paz Bolivia. p. 57 – 68.

Cahuana, J. 2001. Efecto de la fertilización química y orgánica en el rendimiento del pasto brasilero (*Phalaris sp.*) en Choquenaira Altiplano Central. Tesis de Lic. Ing. Agr. La Paz, Bolivia. Universidad Mayor de San Andrés. 81p.

Callisaya, B. 1999 Efecto de la aplicación de compost sobre el rendimiento en asociación maíz, caupi y sobre las propiedades del suelo tesis Lic. Ing. Agr. Facultad de Agronomía La Paz Bolivia.

Castellanos, R. 1980. El estiércol como fuente de nitrógeno. Seminarios Técnicos 5(13). Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias-Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. Torreón, Coahuila, México.

Castellanos, R; Etchevers, B; Aguilar, S. y Salinas J. 1996. Efecto de largo plazo de la aplicación de estiércol de ganado lechero sobre el rendimiento de forrajes y las propiedades de un suelo en una región irrigada del norte de México. Terra 14: 151-158.

Carrillo, G y Cruz de la H. 1976. Efecto del estiércol bovino sobre las propiedades químicas y Microbiológicas del suelo. Memorias del XIX Congreso Nacional del Suelo. Comisión Técnico Consultivo para la determinación de los Coeficientes de Agostaderos. Secretaria de Agricultura y Recursos Hidráulicos. Manzanillo, Colima, México. p. 93.

Caviglia, O. y Sadras V. 2001. Effect of nitrogen supply on crop conductance, water and radiation use efficiency of wheat. Field Crops Res. 69:259-266. consultado 18 abr. 2009. Disponible en <http://www.fmicucci@inpofos.org>.

Centro A.G.U.A. (Centro Andino para la Gestión y Uso del Agua). 2004. Guía para la determinación de Humedad del suelo Cochabamba Bolivia.

Chamy, J. 1993. Efecto de sustratos acondicionados con bioabono sobre la morfología de las raíces y parte aérea del kiwi. 92 p. Tesis Ingeniero Agrónomo. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Santiago, Chile.

Chilon, E. 1997. Guía de fertilidad d suelos. UMSA: La Paz, Bolivia. pp . 45 -125.

Coca, M 2000. Informe de la Estación Experimental de Belén. La Paz Bolivia s.e P 50.

Condori, J. 2003. Evaluación de especies nativas de papa (S. tuberosum, ssp. Andigena y S. Jusepsuki) bajo riego por aspersión y fertilizante adicional en el altiplano norte de la Paz Tesis de Lic. Ing. Agr. La paz, Bolivia universidad mayor de San Andrés. 70 p.

Christensen, B. 2001. Physical fractionation of soil and structural and functional complexity in organic matter turnover. European J. Soil Sci. 52:345-353.consultado

Cruzate, A. Morras , H. 2000. Contribución del limo a la capacidad de intercambio catiónico en el material parental del suelo XVII congreso Argentino de la ciencia del suelo. Actas en CD.

Damiano F. Y Taboada M. 2000. Predicción del agua disponible usando funciones de pedo-transferencia en suelos agrícolas de la región pampeana. Ciencia del Suelo 18 (2) 77-88.

Dardanelli J. 1998. Eficiencia en el uso del agua según sistemas de labranzas. En: J.L. Panigatti; H. Marelli; D. Buschiazzo y R. Gil (eds), Siembra Directa. INTA-SAGyP, pp. 107-115.

Dardanelli J; Collino D; Otegui M. y Sadras V. 2005. Bases funcionales para el manejo del agua en los sistemas de producción de los cultivos de grano. Producción de Granos. Editorial FAUBA. (783pp). Buenos Aires.

De Leon, C. 2001. Respuesta agroeconómica del cultivo de papa (*Solanum tuberosum*) a la fertilización con diferentes fuentes de materia orgánica en tres localidades del área papera de Quetzaltenango, en dos ciclos de cultivo (invierno – verano ) Tesis Ingeniero Agrónomo. USAC – CUNOC

Eghball, B. Power. 1994. Beef cattle feedlot manure management. J. soil and water cons. 49:113-122.

Entin, J; Robock, K; Vinnikov, S; Hollinger, S y Namkhai, A. 2000. Temporal and spatial scales of observed soil moisture variations in the extratropics. *J. of Geophys. Res.* 105:11865-11877.0.0020.

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). 1990. seminario Nacional sobre fertilidad de suelos y uso de fertilizantes en Bolivia Santa Cruz p. 84-90.

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación) Proyecto FAO Fertilueros Bolivia 1999. La fertilización orgánica mineral. p. 5-7.

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, BOL)/ FDC (Centro de Internacional de Promoción de Fertilizantes, IT) / IPI (Instituto de Fertilizantes Potásicos, IT) / PPI / instituto de Fertilizantes Fosfatados y Potásicos, IT) / IFA (Asociación Internacional de la Industria de los Fertilizantes, IT). 2002. Utilización de fertilizantes por cultivo 4 rev. Roma. p. 18.

Fassbender H. 1966. La adsorción de fosfatos en suelos fuertemente ácidos y su evaluación usando la isoterma de Langmuir. Fitotecnia Latinoamericana. p. 203-198.

Fernández P; Luque J y Paoloni J. 1971. Análisis de la Infiltración y su aplicación para diseño de riego en el valle inferior del Río Colorado. Publicación N° 130 INTA. p. 29.

Fernandez, E. y Camacho, F., 2005. Eficiencia en el Uso del Agua. (en línea). Murcia España. Consultado 15 jun. 2009. Disponible en <http://www.terracotten.com>

Figueira, F. 1991. manual de Horticultura y comercialización de hortalizas. Vo II Sao Pablo. Agronómica cedrés. p. 336.

Forsythe, W. 1975. Física de Suelos. Ed. IICA. p 157–170.

Foronda, M. 1999. Efecto de la distancia de siembra y niveles de fertilización mineral de pequeños tubérculos semilla en el crecimiento y productividad del cultivo de papa. Tesis Lic. Ing. Agr. La Paz, Bolivia. Universidad Mayor de San Andrés. 86p.

Gavande, S. 1972. Física de Suelos. Principios y Aplicaciones. Ed. Limusa Wiley. p 199–232.

Guruvich, L. y Jaramillo, G. 1977. Modelos matemáticos y mediciones experimentales en la determinación de la Infiltración de agua en el suelo. Ciencia e Investigación Agrarias. 4:3: p 197–208.

Gurovich, L. 1985. Fundamentos y diseño de sistema de riego. Instituto Interamericano de cooperación para la agricultura (CIIA). Primera Edición, San José, Costa Rica. Capítulo 6. p. 143-168.

Garman, H. W. 1992. Manual de fertilización. Décima reimpresión Edición Limusa. México. p. 47-49.

Gispert, C y Prats, J. 1986. Los fundamentos de la agricultura. Ediciones Océano Barcelona España Tomo I. p. 159

González, S; Eguiarte, V; Martínez, P y Rodríguez, R. 1992. Respuesta productiva del pasto estrella al pastoreo de vacas holstein. IV Congreso Panamericano de la leche. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos-Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias-Gobierno del Estado de Jalisco. Guadalajara, Jalisco. p. 79.

González, T. (1974). Modalidades de la relación análisis del P. asimilable respuesta al P., observadas en invernadero con algunos suelos del Yaracuy. Agronomía Tropical. p. 585.

González, F. (s.f.) Departamento Suelos y Riegos. CIFA-Alameda del Obispo. Consejería de Agricultura y Pesca. Junta de Andalucía. [pgonzalez.cifao@cap.junta-andalucia.es](mailto:pgonzalez.cifao@cap.junta-andalucia.es)

Gregory, P.J., K.D. Shepherd y P.J.M. Cooper. 1984. Effect of fertilizer on root growth and water use of barley in Northern Syria. J. Agric. Sci. Camb. 103: 429-438.

Guerrero, A. 1996. El suelo, los abonos y la fertilización de los cultivos Reimpreso. Mundi – Prensa. Mexico. p.139.

Henríquez C. 2005. Sorción y desorción de fósforo en un andisol de Costa Rica dedicado al cultivo del café, caña de azúcar y bosque. Agronomía Costarricense p. 105.

Hesieh, S. 1990. The use of organic matter in crop production Food and fertilizer Technology Center. Extensión Bulletin. 325. Taipei, Taiwan. p. 31.

Hevia, G, Buschiazzi, E.N. Hepper, A.M. Urioste and E.L. Antón, 2003. Organic matter in size fractions of soils of the semiarid Argentina. Effects of climate, soil texture and management. Geoderma 116: 265-277. Consultado 10 oct. 2009. Disponible en: <http://www.scielo.cl/scielo.php>

Hubbel, D.F. 1983. Técnica Agropecuaria aplicada a zonas tropicales, Ed. Trillas, V Edición, p.369.

Irurtia C. y R. Mon. 2004. Aplicación de simuladores de lluvias portátiles para determinar la Infiltración del suelo a campo (131-144). Filgueira R. y F. Micucci (Ed.). Metodologías Físicas para la investigación del suelo: penetrometría e infiltrometría. Ed. Univ. de La Plata. P.180.

INE (Instituto Nacional de Estadística, BOL) / MDSP (Ministerio de Desarrollo Sostenible y Planificación, BOL) / COSUDE (Agencia Suiza para el Desarrollo y Cooperación), 1999 Bolivia un mundo de potencialidades. Atlas Estadísticos de Municipios Bolivia p 249.

INIA (Instituto de investigaciones Agropecuarias, CHILE). 2006 variación en el tiempo de las propiedades físicas de un suelo con adición de enmiendas orgánicas

Jhonstom, A. 1991. *Soil fertility and soil organic matter*. In: Advances in soil organic matter research: the impact on agriculture and the environment. Ed. The Royal Society of Chemistry. Cambridge. UK. pp. 299-314.

Juscafresa, B.1980. Forrajes: Fertilización y Valor Nutritivo, 2 ed. AEDOS. España p. 35-87.

Juscafresa, B. 1996. Abonos (naturaleza de las tierras y fertilizantes), Barcelona; ID. Abonos (aplicación de los fertilizantes a cada cultivo), Barcelona 1995; A. Gross, Abonos. Guía práctica de la fertilización, Madrid 1996; G. W. COOKS, Fertilizantes y sus usos, México 1994

Kemper, W. y Rosenau R. 1986. Aggregate stability and size distribution. p. 425-442. Vol.1. In Klute, A. (ed.) Methods of soil analysis. 2nd ed. ASA and SSSA, Madison, Wisconsin, USA.

Kulakovskaya y Bryozovskii. 1984. Revista Agrociencia, Vol. N° 34, numero 3, mayo-junio 2000. Área de Agronomía. Universidad Autónoma Chapingo 56320. chapingo. Edo. De México

Lindhauer, M. 1983. Effect of potassium on water use efficiency. In I.P.I. (ed.). 17th IPI-Colloquium: Nutrient balances and the need for fertilizers in semi-arid and arid regions. Rabat/ Marrakech, Morocco. International Potash Institute, Worblaufen-Bern, Switzerland. p. 81-98. Disponible en <http://www.fmicucci@inpofos.org>.

Lopez, A. y Espinosa, J. 1995. Manual de nutrición y fertilización . Instituto de la Potasa y el Fosforo (INPOFOS)Ed. Rev. Quito Ecuador s.e . p. 16

Lopez, A. 1998. Manual de nutrición y fertilización (en línea) Ecuador. Consultado 17 mar. 2009. Disponible en <http://www.omega.iice.edu.mx>.

Loveland, P, Webb, 2003. Is there a critical level of soil organic matter in the agricultural soils of temperate regions; a review. Soil Till. p. 1-18

MACA (Ministerio de Asuntos Campesinos y Agropecuarios) 2004. Estudio de la identificación, el mapeo y el análisis competitivo de la cadena productiva de la papa macro región del altiplano de Bolivia p. 5- 37.

MAGDER (Ministerio de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural) 1998. Introducción a la nutrición de plantas; Proyecto FAO Fertiluolos. Bolivia p. 4-6.

Mamani, B. 1997. Influencia de las características del suelo y la incorporación de materia orgánica en el comportamiento térmico de los Suca Kollus. Tesis de Lic. Ing. Agr. La Paz, Bolivia. Universidad Mayor de San Andrés. p. 67.

Marano, R. 2004. Contribución de la fracción mineral y orgánica en la Capacidad de Intercambio Catiónico de Argiódolos del centro Satafesino. XVIII congreso Argentino de la ciencia del suelo. Actas en CD.

Martinez y Huaman, C. 1987. Programa de papa: Aspectos Fisiológicos en el cultivo de papa: Perú: Universidad Agrónoma la Molina p.37.

Micucci, F, Cosentino D y Taboada M. 2002. Impacto de las labranzas sobre los flujos de agua y los tamaños de poros en dos suelos de la pampa ondulada. XVIII CNCS, Puerto Madryn, Argentina.

Micucci y Álvarez. 2003. El Agua en los Sistemas Extensivos: III Impacto De Las Prácticas De Manejo Sobre La Eficiencia de Uso del Agua. Archivo Agronómico N° 8, consultado 6 ene. 2008. Disponible en <http://www.fmicucci@inpfos.org>.

Montaldo, A. 1984. Cultivo y mejoramiento de la papa San Jose Costa Rica IICA 676.

Montavalli, P; Kelling, K; Syverund, T And Wolkowski, D. 1993. Interaction of manure an nitrogen or storter fertilizer in Northem com production. Journal of production agriculture. *Journal of production Agriculture*. 6 (2):191-194.

Morales, E, 2000. Selección de cultivares nativos de papa (*S. tuberosum*, *ssp Andigena*, *S Ajanhuiriy S. Jusepsuqui*) Por su respuesta a bajo niveles de fosforo Tesis de Lic. Ing. Agr. La paz, Bolivia universidad mayor de San Andrés, p 62- 63.

Novoa, R; Martinez, y Letelier, E. 1991. Comparación de un sistema de fertilización mineral con uno de fertilización orgánica, en una rotación trigo-fréjol. Agricultura Técnica (Chile). p. 51:1-8.

Olivier, R. y Bornemisza, E. 1990. Efecto de residuos orgánicos y abonamiento mineral sobre las propiedades químicas de un Typic Humitropept en Turrialba Costa Rica. *Agronomía costarricense*. 14: 237-240.

Pardave, C. 2004. Cultivo y comercialización del cultivo de papa. Perú Palomino. p 133.

Parton, J. 1989. Simulation regional patterns of soil C, N, and P dynamics in the US central grassland región. En: *ecologi of atrable Land*. Eds M. Clarholm y L. Bergstrom, Kluwer Academic Publisher, Londres. p. 99-108.

Paz Yuste, P. 1997. Suelos: Biblioteca de la Agricultura. IDEA BOOKS 3v. Editorial EMEGE Industria gráfica. España p 25-105.

Paz D. (2006), Efecto de fertilizantes químicos en la producción de variedades de papa (*Solanum tuberosum* L. ssp. *Andigena*) a secano en Kallutaca, Provincia los Andes. Tesis de Lic. Ing. Agr. La Paz, Bolivia Universidad Mayor de San Andres. 73 p.

Pikull, J. y Allmaras R. 1986. Physical and chemical properties of ahaploxeroll after fifty years of residue management. Soil Sci. Soc. Am. J. 52:214-219.

PROINPA (Programa de Investigación de la Papa) / IBTA (Instituto Boliviano de Tecnología Agropecuaria)1994. Catalogo de cultivares de papa.

PROINPA (1995 – 1996) “Informe Final” Convenio IBTA- CIP – COSUDE

PROINPA (Programa de Investigación de la Papa) Convenio IBTA-CIP-COSUDE, Revista Latinoamericana de la papa Volumen 9/10 N°1 1996/1997. P.171-187. Cochabamba, Bolivia

PROINPA (Programa de Investigación de la Papa) 1998. Informe del compendio del programa de investigaciones de la papa. PROINPA – COTESU. Cochabamba Bolivia.

Rodríguez, F.1982. Fertilizantes. Nutrición vegetal. Primera edición. Editorial Trillas. México pp. 51-178

Romero, L; María del R; Trinidad S; García E. y Ferrara, C. 2000. Producción de papa y biomasa microbiana en suelo con abonos orgánicos y minerales. Agrociencia 34: 261-269

Saldias, M. 2004. Curvas de absorción de nutrimentos en papa *Solanum tuberosum* cv MNF80. Tesis Ingeniero Agrónomo, Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica. 67 p.

Salinas, B. 1990. Niveles de fertilización en papa. PROY. FERT. FAO/GCPF/018/NET-IBTA – Chuquisaca. I Seminario Nacional sobre Fertilidad de suelos y Uso de Fertilizantes en Bolivia. CIAT – IBTA. Santa Cruz. Bolivia. p 116.

Salinas, I.2004. Efecto del humus de residuos urbanos sobre propiedades del suelo y en la aplicación de la lechuga. Tesis de Lic. Ing. Agr. La Paz, Bolivia. Universidad Mayor de San Andrés. 75p.

Santa Olalla Mañas, F y Valero j. 1993. Agronomía del riego. Ed. Mundi.

Sierra, Rojas J, Kalazich, B. Fertilización de la papa en (línea) Chile consultado el 15 de ago. 2008 en <http://www.elsitioagricola.com>

Soto J. 1998. Formas de fósforo y su liberación en Andisoles de la región central oriental de Costa Rica. Tesis Doctorado, Universidad de Córdoba España. 155 p.

Tapia, M 1990. Cultivos andinos explotados y su aporte en la alimentación. Lima Perú. s.e. p 205.

Terán, R. y Callisaya,R. 1999. Memorias del primer congreso Boliviano de la Ciencia del Suelo. Evaluación de Abonos en el cultivo de dos variedades de papa. La Paz, Bolivia. GAMMA. P. 265-273.

Terrazas, J. 1998. Efecto de la participación química y abonamiento orgánico en el comportamiento del “laq’atu” (*Anomala inconstans*) en papa (*Solanum tuberosum*) en la provincia Tomina – Chuquisaca. Tesis de Lic. Ing. Agr. La Paz, Bolivia. Universidad Mayor de San Andrés. p. 217.

Tisdale, S and Nelson, W. 1975. Soil fertility and fertilizer. Third Edition. Mac Millan Publishing Co. New York U.S.A.

Torres, S. 2005. Épocas de siembra y variedades de papas nativas (*Solanum tuberosum* y *S. x juzepczukii*) como alternativa de adaptación al cambio climático en la Provincia Manco Capac. La Paz. Tesis de Lic. Ing. Agr. La Paz, Bolivia Universidad Mayor de San Andrés. 75 p.

Varas, E. 2006 Efecto del riego en la producción y calidad de papa (*Solanum tuberosum* L.) (en línea) Chile. Consultado 10 feb. 2009. Disponible en [http://www.aguabolivia.org/situacion\\_agua/III\\_Encagua/contenido/trabajos\\_verde/TC\\_153](http://www.aguabolivia.org/situacion_agua/III_Encagua/contenido/trabajos_verde/TC_153).

Valverde, F. 1994. Efecto de la aplicación de abonos orgánicos e inorgánicos en el rendimiento y calidad de la papa y las propiedades del suelo. FORTIPAPA. Informe Anual del Programa de Raíces y Tubérculos. Quito-Ecuador.

Vélez, M., Vélez., J. 2002. Capítulo 8: Infiltración. Universidad Nacional de Colombia, Unidad de Hidráulica. Disponible en <http://poseidon.unalmed.edu.co/materias/hidrologia.html>

Villarroel A. 1989. Evaluación de la respuesta de diferentes cultivos a la aplicación de abonos orgánicos y fertilizantes químicos en ensayos a largo plazo. (La Tamborada). Serie Técnica N° 14. AGRUCO. Cochabamba, Bolivia. 26 p.

Villarroel, A. 1990. Inventario de abonos orgánicos en Bolivia primer seminario sobre fertilización del suelo y uso de fertilizantes en Bolivia Santa Cruz. p. 75-79.

Zeballos, H. 1997. Aspectos económicos en la producción de la papa en Bolivia Lima – Perú, s.e. p. 27-28.

Villalobos, L. 1989. Cultivo de la papa. EUNED. San José. Costa Rica. 58 p.

Zalmuner, E; Picote, L y Echevarria, H. 2004. Formas del fósforo en un suelo bajo labranza convencional y siembra directa. XIX congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Actas en CD.

**ANEXOS**

**Anexo 2. Croquis del experimento**

**CROQUIS COMUNIDAD CHINCHAYA**



19L 05122021  
UTM 8239231

19L 0522015  
UTM 8239257

<b>T1</b> <b>Testigo</b>	<b>T3</b> <b>Est. Ovino</b>	<b>T4</b> <b>Est. Bovino</b>	<b>T5</b> <b>Turba</b>	<b>T7</b> <b>Fert.+ Bovino</b>	<b>T2</b> <b>Fertilzante</b>	<b>T6</b> <b>Ferr. + Ovino</b>
-----------------------------	--------------------------------	---------------------------------	---------------------------	-----------------------------------	---------------------------------	-----------------------------------

<b>T7</b> <b>Fert.+ Bovino</b>	<b>T2</b> <b>Fertilzante</b>	<b>T4</b> <b>Est. Bovino</b>	<b>T1</b> <b>Testigo</b>	<b>T6</b> <b>Fert. + Ovino</b>	<b>T3</b> <b>Est. Ovino</b>	<b>T5</b> <b>Turba</b>
-----------------------------------	---------------------------------	---------------------------------	-----------------------------	-----------------------------------	--------------------------------	---------------------------

5 m

<b>T2</b> <b>Fertilzante</b>	<b>T1</b> <b>Testigo</b>	<b>T4</b> <b>Est. Bovino</b>	<b>T7</b> <b>Fert.+ Bovino</b>	<b>T6</b> <b>Fert. + Ovino</b>	<b>T3</b> <b>Est. Ovino</b>	<b>T5</b> <b>Turba</b>
---------------------------------	-----------------------------	---------------------------------	-----------------------------------	-----------------------------------	--------------------------------	---------------------------

19L 0522038  
UTM 8239237

19L 0,522031  
UTM 8239264

4 metros

Colegio

### Anexo 3. Análisis Físico-Químico de suelos (Floración)

#### Soil Test Results

Report For: Peter Motavalli  
302  
ABNR  
Columbia, MO

Soil Testing Laboratory

University of Missouri  
23 Mumford Hall  
Columbia, MO. 65211  
573-882-0623

Identificacion	pHs	Acidez	Materia	Bray I	Ca	Mg	K	CIC
		Neutralizable	Orgánica	P	libras/Acr	libras/Acr	libras/Acr	libras/Acr
		meq/100 g	%	e	e	e	e	g
chi-30-t1	7,8	0,0	2,1	18	9296	919	682	27,9
chi-30-t2	7,9	0,0	1,8	119	6942	840	894	22,0
chi-30-t3	7,8	0,0	2,2	145	6121	845	1363	20,6
chi-30-t4	7,9	0,0	2,5	3	10620	974	674	31,5
chi-30-t5	8,0	0,0	1,9	2	7327	874	1556	24,0
chi-30-t6	7,9	0,0	2,3	55	10370	970	2150	32,7
chi-30-t7	7,9	0,0	1,6	59	5409	664	439	16,9
chi-15-t1	7,9	0,0	2,8	135	10550	1016	646	31,4
chi-15-t2	7,9	0,0	3,3	12	9706	1165	973	30,4
chi-15-t3	8,0	0,0	3,4	93	6779	992	2470	24,2
chi-15-t4	7,9	0,0	3,1	37	7814	1066	999	25,3
chi-15-t5	7,9	0,0	3,9	299	10030	1089	2340	32,6
chi-15-t6	7,9	0,0	3,7	148	9626	1174	2839	32,6
chi-15-t7	7,9	0,0	3,8	35	9946	1202	1082	31,3

#### Anexo 4. PARÁMETROS DE INTERPRETACIÓN.

**Cuadro 1. Relación Textura - densidad aparente - porosidad**

Textura	Densidad aparente(g/cc)	Porosidad (%)
Arenoso	1,6	40
Franco arenoso	1,5	43
Franco	1,4	47
Franco limoso	1,3	50
Franco Arcilloso	1,2	55
Arcilloso	1,1	58

**Cuadro 2. Rango de pH.**

Escala de Valores	Definición
< 4,5	Extremadamente ácido
4,6 - 5,0	Muy fuertemente ácido
5,1 - 5,5	Fuertemente ácido
5,6 - 6,0	Medianamente ácido
6,1 - 6,5	Ligeramente ácido
6,6 - 7,3	Neutro
7,4 - 7,8	Medianamente alcalino
7,9 - 8,4	Moderadamente alcalino
8,5 - 9,0	Fuertemente alcalino
> 9,0	Muy fuertemente alcalino

**Cuadro 3. Conductividad eléctrica (mMhons/cm<sup>3</sup>)**

Rango	Características
< 2	No hay problemas de Sales
2 – 4	Ligeros problemas de sales
4 – 8	Medio( problemas de sales
8 – 16	Fuerte
> 16	Muy Fuerte ( salinidad)

**Metodo: Conductímetro (mMhons/cm<sup>3</sup>).**

**Fuente : Chilon (1967)**

**Cuadro 4. Capacidad de Intercambio Catiónico.**

Reconsideran 2 escalas de interpretación (A) y (B)

Escala A

<b>Rango</b>	<b>Interpretación</b>
< 5	Muy bajo
5 – 10	Bajo
10 – 15	Medio
15 – 20	Alto
> 20	Muy alto

Escala B

<b>Rango</b>	<b>Interpretación</b>
6 – 12	Bajo
12 – 20	Medio
> 20	Alto

Método Acetato de amonio ( meq/100g suelo).

Fuente : Chilon (1997).

**Cuadro 5. Materia orgánica.**

<b>Suelo Arenoso</b>	<b>Suelo franco</b>	<b>Suelo arcilloso</b>	<b>Interpretación</b>
0 – 1.75	0 – 1.5	0 – 2	Muy bajo
1.76 – 2.50	1.5 – 2	2 – 3	Bajo
2.51 – 3.50	2 – 3	3 – 4	Normal
3.51 – 4.25	3 – 3.75	4 – 5	Alto
> 4.25	> 3.75	> 5	Muy alto

Método Walkey y Black (%)

Fuente: Guerrero (1996)

**Cuadro 6. Relación Carbono / Nitrógeno (C/N)**

<b>Rango</b>	<b>Interpretación</b>
< 17	Mineralización
17 – 33	Equilibrio
> 33	Inmovilización

Fuente : Chilon (1996)

**Anexo 4. Continuación.**

**Cuadro 7. Nitrógeno total**

Rango	Interpretación
< 0.1	Bajo
0.1 – 0.2	Medio
> 0.2	Alto

Método: kjeldahl semimicro

Fuente: Chilon (1997)

**Cuadro 8. Fósforo disponible.**

P (ppm)	P (Kg/ha)	Interpretación
0 - 6	0 – 12	Bajo
7 – 14	14 – 28	Medio
> 14	> 28	Alto

**Cuadro 9. Potasio.**

K <sub>2</sub> O (kg)	K(Kg/ha)	K (ppm)	Interpretación
0 -300	0 – 248	0 – 124	Bajo
300 – 600	248 – 497	124 – 248	Medio
> 600	> 497	> 248	Alto

**Cuadro 10. Calculo de la eficiencia del uso del agua**

TRATAMIENTOS	UAS (mm) cc-pmp	Pp acumulada TODO EL CICLO	CA acum (mm) UAS *Pp	Rdto. (kg/ha)	EUA (kg/mm)
<b>Testigo</b>	2,4	312	245,76	12300	50,05
<b>Urea+FDA</b>	1,5	312	244,86	19033	77,73
<b>Est. Ovino</b>	1,4	312	244,76	12733	52,02
<b>Est. Bovino</b>	1,5	312	244,81	10333	42,21
<b>Turba</b>	1,3	312	244,66	13300	54,36
<b>Est. Ovino + Fert,</b>	1,4	312	244,71	18667	76,28
<b>Est. Bovino + Fert,</b>	1,4	312	244,76	17133	70,00

### Anexo 5. TABLA DE PRESUPUESTOS

ACTIVIDAD	UNIDAD	CANTIDAD	C.U. Bs	TOTA Bs.
<b>materiales y equipos</b>				0
Estacas	pieza	72	3	216
Lienza	metros	100	1	100
flexómetro	pieza	1	30	30
Balanza de campo	equipo	1		0
Tablero	pieza	1	30	30
Cámara fotográfica	equipo	1		0
barreno	pieza	1		0
bolsas de muestreo	global	1	500	50
marcadores indelebles	pieza	5	5	25
Rastrillo	pieza	2	25	50
mochila fumigadora	pieza	1		0
semilla de papa	Quintal	2	150	300
urea	kg	20	10	200
Análisis Químico suelo	kg	14	-	1380
Cartulina	hoja	5	3	15
plaguicidas	global	1	200	200
<b>TOTAL</b>				<b>1756</b>

### Anexo 6. DATOS DE VARIABLES EVALUADAS EN EL ENSAYO

**Cuadro 1. Tabla de comparación de densidades aparentes.**

TRATAMIENTOS	<i>Dap (gr/cm<sup>3</sup>)(2006/2007)</i> <i>(Herrera, 2009)</i>	<i>Dap (gr/cm<sup>3</sup>)</i> <i>2008</i>
<i>Testigo</i>	1,24	1,17
<i>Urea+FDA</i>	1,27	1,07
<i>Est. Ovino</i>	1,25	1,25
<i>Est. Bovino</i>	1,25	1,19
<i>Turba</i>	1,27	1,23
<i>Est. Ovino + Fert,</i>	1,28	1,27
<i>Est, Bovino + Fert,</i>	1,28	1,11

**Fuente: Elaboración propia en base a resultados de laboratorio.**

**Cuadro 2. Valores sobre el porcentaje de materia orgánica para los diferentes tratamientos a diferentes profundidades.**

Tratamientos	Prof. (cm)	Gestión 2006/2007 (%) (Herrera, 2009)	Floración	Post cosecha
Testigo	0-15		2,8	2,11
	15-30	2,6	2,1	1,75
Urea+FDA	0-15		3,3	2,34
	15-30	2,9	1,8	1,51
Est. Ovino	0-15		3,4	2,12
	15-30	3,4	2,2	1,41
Est. Bovino	0-16		3,1	2,09
	15-31	3,0	2,5	1,35
Turba	0-17		3,9	2,08
	15-32	3,6	1,9	1,62
Est. Ovino + Fert,	0-18		3,7	1,82
	15-33	3,0	2,3	1,52
Est, Bovino + Fert,	0-19		3,8	2,27
	15-34	3,1	1,6	1,49

Fuente: Elaboración propia en base a análisis de laboratorio

**Cuadro 3. Tabla de valores sobre el nitrógeno total en diferentes tratamientos, profundidades, en periodos de toma de muestra de suelo.**

Tratamientos	Prof. (cm)	Gestión 2006/2007 (%) (Herrera, 2009)	Floración (%)	Post cosecha (%)
T1: Testigo	0-15		0,14	0,19
	15-30	0,173	0,105	0,11
T2: urea+FDA	0-15		0,17	0,2
	15-30	0,236	0,09	0,14
T3: Est. Ovino	0-15		0,17	0,18
	15-30	0,226	0,11	0,09
T4: Est. Bovino	0-16		0,16	0,16
	15-31	0,208	0,125	0,09
T5: Turba	0-17		0,20	0,17
	15-32	0,253	0,095	0,12
T6: Est. Ovino + Fert,	0-18		0,19	0,11
	15-33	0,183	0,115	0,12
T7: Est, Bovino + Fert,	0-19		0,19	0,19
	15-34	0,181	0,08	0,11

Fuente: Elaboración propia en base a resultados de análisis químico de laboratorio

**Cuadro 4. Tabla de valores de comparación Fósforo en diferentes periodos de muestreo de suelo.**

<i>Tratamientos</i>	<i>Prof. (cm)</i>	<i>Gestión 2006/2007 (ppm)(Herrera, 2009)</i>	<i>Floración (ppm)</i>	<i>Post cosecha (ppm)</i>
T1: Testigo	0-15		62,84	33,1
	15-30	8,84	8,38	39,35
T2: urea+FDA	0-15		5,59	31,8
	15-30	13,50	55,39	43,25
T3: Est. Ovino	0-15		43,29	54,45
	15-30	33,05	67,49	23,2
T4: Est. Bovino	0-16		17,22	36,09
	15-31	8,38	1,40	7,97
T5: Turba	0-17		139,18	56,53
	15-32	46,55	0,93	36,87
T6: Est. Ovino + Fert,	0-18		68,89	36,35
	15-33	11,64	25,60	14,74
T7: Est. Bovino + Fert,	0-19		16,29	25,42
	15-34	15,83	27,46	9,79

Fuente: **Elaboración propia en base a resultados de análisis químico de laboratorio**

**Cuadro 5. Tabla de Valores de Capacidad de intercambio Catiónico en diferentes periodos de muestreo de suelo**

<i>Tratamientos</i>	<i>Prof. (cm.)</i>	<i>Gestión 2006/2007 (meq/100g)</i>	<i>Floración (meq/100g)</i>	<i>Post cosecha (meq/100g)</i>
Testigo	0-15		31,4	12,08
	15-30	23,8	27,9	9,42
Urea+FDA	0-15		30,4	11,74
	15-30	27,6	22	9,42
Est. Ovino	0-15		24,2	10
	15-30	26,9	20,6	7,88
Est. Bovino	0-16		25,3	12,5
	15-31	28,7	31,5	8,65
Turba	0-17		32,6	10,19
	15-32	26,1	24	8,27
Est. Ovino + Fert,	0-18		32,6	11,92
	15-33	28,6	32,7	10,77
Est. Bovino + Fert,	0-19		31,3	10,38
	15-34	27,6	16,9	9,04

Fuente: **Elaboración propia en base a resultados de análisis químico de laboratorio.**

**Cuadro 6. Altura de planta (cm)**

		BLOQUE				
TRATAMIENTOS		I	II	III	TOTAL	PROMEDIO
T1	Testigo	18,1	17,2	19,8	55,1	18,4
T2	Fertilizante (UREA + FDA)	20,5	20,2	25,3	66,0	22,0
T3	Estiércol de Ovino	21,4	23,4	22,5	67,3	22,4
T4	Estiércol de Bovino	20,4	18,7	18,6	57,7	19,2
T5	Turba	21,6	20,9	20,9	63,4	21,1
T6	Est. Ovino + Fert.	21,0	23,0	25,9	69,9	23,3
T7	Est. Bovino + Fert	21,9	24,0	22,8	68,6	22,9

**Cuadro 7. Porcentaje de cobertura foliar**

		BLOQUE				
TRATAMIENTOS		I	II	III	TOTAL	PROMEDIO
T1	Testigo	12,0	14,0	18,9	44,9	15,0
T2	Fertilizante (UREA + FDA)	17,4	15,2	19,9	52,5	17,5
T3	Estiércol de Ovino	19,4	17,2	20,6	57,2	19,1
T4	Estiércol de Bovino	17,3	17,7	19,0	54,0	18,0
T5	Turba	17,0	13,1	17,2	47,3	15,8
T6	Est. Ovino + Fert.	17,9	22,8	18,7	59,3	19,8
T7	Est. Bovino + Fert	20,1	22,2	21,2	63,4	21,1

**Anexo 7. TABLA DE RENDIMIENTOS POST COSECHA****Cuadro1. Rendimiento (ton/ha)**

		BLOQUE				
TRATAMIENTOS		I	II	III	TOTAL	PROMEDIO
T1	Testigo	10,2	13,6	13,1	36,9	12,3
T2	Fertilizante (UREA + FDA)	14,1	20,8	22,2	57,1	19,0
T3	Estiércol de Ovino	11,6	14	12,6	38,2	12,7
T4	Estiércol de Bovino	8,6	9,4	13	31	10,3
T5	Turba	7	11,5	21,4	39,9	13,3
T6	Est. Ovino + Fert.	12,2	13,2	30,6	56	18,7
T7	Est. Bovino + Fert	15	19,6	16,8	51,4	17,1

**Cuadro 4. tabla general de rendimientos**

Trat	N° Tub Planta	Tub com Planta	N° Tub por Diametro (mm)					Rend Kgr/M <sup>2</sup>	Rend. kgr/ha	Rend ton/ha
			>55	45-55	35-45	15-35	<15			
1	8	2	1	2	1	5	0	1,2	12300	12,3
2	11	2	1	1	2	7	0	1,9	19033,3	19
3	7	1	0	1	1	5	0	1,3	12733,3	12,7
4	8	1	0	1	1	5	1	1	10333,3	10,3
5	10	2	1	1	2	6	1	1,3	13300	13,3
6	13	2	1	2	2	8	1	1,9	18666,7	18,7
7	9	2	1	1	2	6	0	1,7	17133,3	17,1

**Cuadro 5. Numero de tubérculos / planta**

BLOQUE						
TRATAMIENTOS	I	II	III	TOTAL	PROMEDIO 2006/2007 ; 2008	
	7	9	7	8	11.6	8
T1 Testigo						
T2 Fertilizante (UREA + FDA)	10	9	12	31	11.2	10
T3 Estiércol de Ovino	8	7	7	22	16.2	7
T4 Estiércol de Bovino	9	8	6	24	16.8	8
T5 Turba	9	8	11	9	17.3	9
T6 Est. Ovino + Fert.	7	13	13	33	14.2	11
T7 Est. Bovino + Fert	6	10	12	28	14.3	9

**Cuadro 6 Rendimiento (t/ha). Según el tipo de papa**

Trat	Papa Comercial		Papa semilla		Papa menuda	Rdto Neto
	I	II	III	IV	V	
1	0,6	1,6	1,2	4,6	0,0	7,9
2	1,0	0,9	1,6	6,7	0,0	10,2
3	0,2	1,0	1,3	4,7	0,2	7,4
4	0,1	1,2	1,1	5,2	0,9	8,5
5	0,6	0,9	1,7	5,7	0,6	9,4
6	0,6	1,8	1,7	7,9	0,8	12,7
7	0,8	1,3	1,6	5,6	0,1	9,3

**Cuadro 7. Rendimiento (%). Según el tipo de papa**

Trat.	Papa Comercial		Papa semilla		Papa menuda	Rdto. Neto
	I	II	III	IV	V	
1	7,1	19,8	14,8	58,3	0,0	100,0
2	9,8	9,3	15,3	65,6	0,0	100,0
3	3,0	13,5	17,3	63,2	3,0	100,0
4	1,3	13,7	13,1	60,8	11,1	100,0
5	6,5	9,4	17,7	60,5	5,9	100,0
6	4,4	14,0	13,2	62,3	6,1	100,0
7	8,9	14,3	16,7	59,5	0,6	100,0

## **Anexo 8. DATOS DE PORCENTAJE DE HUMEDAD VOLUMÉTRICA**

**Cuadro 1. HUMEDAD a 15 cm  
BLOQUE**

TRATAMIENTOS		I	II	III	TOTAL	PROMEDIO
T1	Testigo	14,2	12,8	12,8	39,8	13,3
T2	Fertilizante (UREA + FDA)	13,5	12,9	14,4	40,9	13,6
T3	Estiércol de Ovino	12,0	13,4	12,8	38,3	12,8
T4	Estiércol de Bovino	13,7	13,0	12,8	39,5	13,2
T5	Turba	11,2	13,9	13,2	38,3	12,8
T6	Est. Ovino + Fert.	15,0	12,4	14,0	41,5	13,8
T7	Est. Bovino + Fert	16,0	13,1	11,6	40,7	13,6

**Cuadro 2. Numero de tubérculos por planta  
BLOQUE**

TRATAMIENTOS		I	II	III	TOTAL	PROMEDIO
T1	Testigo	7	9	7	23	8
T2	Fertilizante (UREA + FDA)	10	9	12	31	10
T3	Estiércol de Ovino	8	7	7	22	7
T4	Estiércol de Bovino	9	8	6	24	8
T5	Turba	9	8	11	28	9
T6	Est. Ovino + Fert.	7	13	13	33	11
T7	Est. Bovino + Fert	6	10	12	28	9

## **Anexo 9. DATOS CLIMÁTICOS**

Meses	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	PROM
Tmax °C	15,5	15,5	13,6	14,9	14,8	16,1	15,1
Tmin °c	4,4	5,2	5,6	4,8	3,5	1,3	4,1
Tmed °C	9,5	9,7	9,1	9,2	8,8	8,5	9,1
PP 2007 - 2008 (mm)	66,3	57	123,1	45,2	16,74	3,7	312,0
PP historica (mm) 1950 -2006	42,9	74,6	99,3	71,9	59,5	26,2	374,5
Eto (2007 - 2008) (mm)	108,6	109,4	85,81	91,39	105,71	90,47	591,4
Eto Historica 1995 - 2007	62,4	56,1	52,8	46,1	52,9	52	322,3

## **Anexo 10. ANÁLISIS DE VARIANZA DE DIFERENTES VARIABLES**

**Cuadro 1. Análisis de varianza para el porcentaje de porcentaje cobertura Foliar para los diferentes tratamientos.**

Fuentes de variacion	GL	SC	CM	FC	PR>F
Bloques	2	5,830	2,9200	0,80	0,47
Tratamientos	6	54,150	9,0300	2,48	0,09
Error experimental	11	40,030	3,6400		
total	19	8,23			

CV = 10,5%

**Cuadro 2. Análisis de varianza para el porcentaje de porcentaje de Humedad volumétrica a 15 cm para los diferentes tratamientos.**

Fuentes de variación	GL	SC	CM	FC	PR>F
Bloques	2	21,770	10,8800	0,98	0,40
Tratamientos	6	26,770	4,4600	0,40	0,86
Error experimental	11	133,790	11,1500		
total	19	8,23			

CV = 17%

**Cuadro 3. Análisis de varianza para el porcentaje de porcentaje de Humedad volumétrica a 30 cm para los diferentes tratamientos.**

Fuentes de variacion	GL	SC	CM	FC	PR>F
Bloques	2	15,001	7,50	0,44	0,65
Tratamientos	6	98,450	98,44	0,97	0,48
Error experimental	11	203,940	16,98		
total	19	8,23			

CV = 20%

**Cuadro 4. Análisis de varianza para el número de tubérculos por planta para los diferentes tratamientos.**

Fuentes de variacion	GL	SC	CM	FC	PR>F
Bloques	2	17,23	8,61	2,06	0,16
Tratamientos	6	57,61	9,60	2,30	0,10
Error experimental	11	50,09	4,17		
total	19	8,23			

CV = 22%

## Anexo 11. PLANILLAS DE ANÁLISIS DE TEXTURA

**Cuadro 1. Determinación textural a profundidad 0-15cm por método hidrometro de Bouyucus**

TRAT	TIEMPO	LEC. HID. (gr/lt)	Temp (°c)	Factor de corec	Lec. Cor 1.	Lec. Cor 2.	% L+Y	% A	% Y	% L	Clase Textural
T5a	40 SEG	33	14,3	2,28	30,72		61,44				franco
	2 HORAS	15	14,5	2,2	12,8	12,8		38,56	25,6	35,84	
T3a	40 SEG	34	14,5	2,2	31,8		63,6				franco
	2 HORAS	14	14	2,4	11,6	11,6		36,4	23,2	40,4	
T1a	40 SEG	36	14	2,4	33,6		67,2				franco
	2 HORAS	15	14	2,4	12,6	12,6		32,8	25,2	42	
T6a	40 SEG	33	14	2,4	30,6		61,2				franco
	2 HORAS	12	14,5	2,2	9,8	9,8		38,8	19,6	41,6	
T4a	40 SEG	37	14	2,4	34,6		69,2				franco
	2 HORAS	15	14,5	2,2	12,8	12,8		30,8	25,6	43,6	
T2a	40 SEG	37	14	2,4	34,6		69,2				franco arcillosos
	2 HORAS	17	14,5	2,2	14,8	14,8		30,8	29,6	39,6	
T7a	40 SEG	35	14	2,4	32,6		65,2				franco
	2 HORAS	14	14,5	2,2	11,8	11,8		34,8	23,6	41,6	

**Cuadro 2. Determinación textural a profundidad 15-30cm por método hidrometro de Bouyucus**

TRAT	TIEMPO	LEC. HID. (gr/lt)	Temp (°c)	Factor de corec	Lec. Cor 1.	Lec. Cor 2.	% L + Y	% A	% Y	% L	Clase Textural
T1b	40 SEG	33	14	2,4	30,6		61,2				franco arcilloso
	2 HORAS	17	14	2,4	14,6	14,6		38,8	29,2	32	
T6b	40 SEG	32	14	2,4	29,6		59,2				franco
	2 HORAS	15	15	2	13	13		40,8	26	33,2	
T7b	40 SEG	36	14,5	2,2	33,8		67,6				franco arcilloso
	2 HORAS	17	14,5	2,2	14,8	14,8		32,4	29,6	38	
T5b	40 SEG	34	14	2,4	31,6		63,2				franco
	2 HORAS	16	14,5	2,2	13,8	13,8		36,8	27,6	35,6	
T4b	40 SEG	35	14	2,4	32,6		65,2				franco
	2 HORAS	15	14,5	2,2	12,8	12,8		34,8	25,6	39,6	
T3b	40 SEG	36	14	2,4	33,6		67,2				franco
	2 HORAS	15	14	2,4	12,6	12,6		32,8	25,2	42	
T2b	40 SEG	35	14	2,4	32,6		65,2				franco arcilloso
	2 HORAS	17	14	2,4	14,6	14,6		34,8	29,2	36	

**Anexo 12. TABLA DE PRUEBAS DE INFILTRACIÓN**

Cuadro 1 PRUEBAS DE INFILTRACION

COMUNIDAD DE CHINCHAYA  
MARCO QUISPE  
9 DE ABRIL DEL 2008.

Cilindro 1

N	Tiempo	Tiempo acumulado	Lamina	Lamina acumulada	X	Y	X x Y	X <sup>2</sup>	Z ins	l	l
			cm	cm	log Tac (col 2)	Log Zn (col 4)			cm	cm/min	cm/hr
	col 1	col 2	col 3	col 4	col 5	COL 6	COL 7	Col 8			
	0	0	0	0							
1	1	1	1,3	0,6	0,00000	-0,22185	0,000	0,000	0,294	0,181	10,880
2	2	3	0,8	1,4	0,47712	0,14613	0,070	0,228	0,579	0,119	7,148
3	3	6	0,8	2,2	0,77815	0,34242	0,266	0,606	0,888	0,091	5,483
4	4	10	0,7	2,9	1,00000	0,46240	0,462	1,000	1,217	0,075	4,510
5	5	15	0,5	3,4	1,17009	0,53148	0,625	1,383	1,504	0,064	3,803
6	6	21	0,5	3,9	1,32222	0,59106	0,782	1,748	1,925	0,057	3,396
7	7	28	0,6	4,5	1,44716	0,65321	0,945	2,094	2,299	0,051	3,042
8	8	36	0,5	5,0	1,55630	0,69897	1,088	2,422	2,685	0,046	2,764
9	9	45	0,5	5,5	1,65321	0,74036	1,224	2,733	3,082	0,042	2,538
10	10	55	0,4	5,9	1,74036	0,77085	1,342	3,029	3,488	0,039	2,350
11	15	70	2,3	8,2	1,84510	0,91381	1,686	3,404	4,048	0,036	2,143
12	20	90	2	10,2	1,95424	1,00860	1,971	3,819	4,728	0,032	1,947
13	25	115	2	12,2	2,06070	1,08636	2,239	4,246	5,501	0,030	1,773
14	30	145	1,5	13,7	2,16137	1,13672	2,467	4,672	6,348	0,027	1,622
15	35	180	1,1	14,8	2,25527	1,17026	2,639	5,086	7,255	0,025	1,493
16	41	221	3,4	18,2	2,34439	1,26007	2,954	5,496	8,235	0,023	1,381
	47	268	2	20,2	2,42813	1,30535	3,170	5,896	9,276	0,021	1,283
17	50	318	0,5	20,7	2,50243	1,31597	3,293	6,262	10,310	0,020	1,201
18	56	374	1,5	22,2	2,57287	1,34635	3,464	6,620	11,396	0,019	1,129
19	60	434	0,5	22,7	2,63749	1,35603	3,577	6,956	12,493	0,018	1,067
20	75	509	3,4	26,1	2,70672	1,41664	3,834	7,326	13,786	0,017	1,004
21	90	599	3,3	29,4	2,77743	1,46835	4,078	7,714	15,244	0,016	0,943
22	105	704	2,9	32,3	2,84757	1,50920	4,298	8,109	16,843	0,015	0,887
23	120	824	2,8	35,1	2,91593	1,54531	4,506	8,503	18,562	0,014	0,835
24	150	974	5,2	40,3	2,98856	1,60531	4,798	8,931	20,582	0,013	0,783
25	180	1154	5,1	45,4	3,06221	1,65706	5,074	9,377	22,855	0,012	0,734
					51,2110	25,8164	60,84	117,66			

Quadro 2 PRUEBAS DE INFILTRACION  
 COMUNIDAD DE CHINCHAYA  
 MARCO QUISPE  
 9 DE ABRIL DEL 2008. CLILINDRO 2

N	Tiempo	Tiempo acumulado	Lamina	Lamina acumulada	X	Y	X x Y	X <sup>2</sup>	Z ins	I	I
	col 1	col 2	col 3	col 4	col 5	COL 6	COL 7	Col 8	CM	cm/min	cm/hr
	0	0	0	0							
1	1	1	0,4	0,4	0,00000	-0,39794	0,000	0,000	0,473	0,269	16,163
2	2	3	0,8	1,0	0,47712	0,00000	0,000	0,228	0,884	0,168	10,072
3	3	6	0,5	1,5	0,77815	0,17609	0,137	0,606	1,312	0,125	7,474
4	4	10	0,4	1,9	1,00000	0,27875	0,279	1,000	1,755	0,100	5,999
5	5	15	0,3	2,2	1,17609	0,34242	0,403	1,383	2,211	0,084	5,038
6	6	21	0,4	2,6	1,32222	0,41497	0,549	1,748	2,678	0,073	4,359
7	7	28	0,4	3,0	1,44716	0,47712	0,690	2,094	3,155	0,064	3,851
8	8	36	0,4	3,4	1,55630	0,53148	0,827	2,422	3,641	0,058	3,456
9	9	45	0,4	3,8	1,65321	0,57978	0,959	2,733	4,134	0,052	3,139
10	10	55	0,3	4,1	1,74036	0,61278	1,066	3,029	4,635	0,048	2,890
11	18	73	1,2	5,3	1,86332	0,72428	1,350	3,472	5,448	0,042	2,549
12	20	93	1,3	6,6	1,96848	0,81954	1,613	3,875	6,251	0,038	2,297
13	25	118	1,4	8,0	2,07188	0,90309	1,871	4,293	7,159	0,035	2,073
14	30	148	0,9	8,9	2,17026	0,94939	2,060	4,710	8,145	0,031	1,881
15	35	183	0,9	9,8	2,26246	0,99123	2,243	5,119	9,191	0,029	1,716
16	40	223	1	10,8	2,34830	1,03342	2,427	5,515	10,287	0,026	1,576
17	45	268	0,8	11,6	2,42813	1,06446	2,585	5,896	11,422	0,024	1,456
18	50	318	0,8	12,4	2,50243	1,09342	2,736	6,262	12,591	0,023	1,353
19	55	373	0,9	13,3	2,57171	1,12385	2,890	6,614	13,788	0,021	1,263
20	60	433	0,8	14,1	2,63649	1,14922	3,030	6,951	15,011	0,020	1,185
21	75	508	2,3	16,4	2,70586	1,21484	3,287	7,322	16,441	0,018	1,106
22	90	598	1,7	18,1	2,77670	1,25768	3,492	7,710	18,041	0,017	1,031
23	105	703	1,8	19,9	2,84696	1,29885	3,698	8,105	19,782	0,016	0,962
24	135	838	1,5	21,4	2,92324	1,33041	3,899	8,545	21,864	0,015	0,892
25	150	988	2,1	23,5	2,99476	1,37107	4,106	8,969	24,013	0,014	0,831
26	181	1169	2,4	25,9	3,06781	1,41330	4,336	9,411	26,428	0,013	0,773
27	210	1379	2,4	28,3	3,13956	1,45179	4,558	9,857	29,035	0,012	0,719
28	172	1551	3,8	32,1	3,19061	1,50651	4,807	10,180	31,045	0,011	0,684
					57,6196	23,7118	59,89	138,05			

Cuadro 3. DATOS DE CILINDROS INFILTROMETROS 8 DE ABRIL 2008

PRIMERA REPETICION

Nº	C/ min	Nº	C/ 5 min	Nº	C/15 min	Nº	C/30min
0	28,5	0	29,3	0	29,3	0	29,3
1	27,2	15	27	75	25,9	150	24,1
2	26,4	20	25	90	22,6	180	19
3	25,6	25	23	0	28,6		
4	24,9	30	21,5	105	25,7		
5	24,4	0	29,5	120	22,9		
6	23,9	35	28,4				
7	23,3	41	25				
8	22,8	47	23				
9	22,3	50	22,5				
10	21,9	56	21				
		60	20,5				

Cuadro 4.

SEGUNDA REPETICION 9 DE ABRIL 2008

Nº	C/ min	Nº	C/ 5 min	Nº	C/15 min	Nº	C/30min
0	75,9	12	75,3	75	80,8	181	81,5
1	76,3	15	76,5	90	82,5	210	83,9
2	76,9	20	77,8	105	84,3		
3	77,4	25	79,2	123	75,5		
4	77,8	30	80,1	135	77		
5	78,1	35	81	150	79,1		
6	78,5	40	82				
7	78,9	41	75,2				
8	79,3	45	76				
9	79,7	50	76,8				
10	80	55	77,7				
		60	78,5				

**Anexo 13. FOTOGRAFÍAS DE CAMPO**



**Foto 1. Colocado de letreros de identificación de tratamientos**



**Foto 2. Colocado de marbetes**



**Foto 3. Desmalezado de la parcela**



**Foto 3. Cosecha de papa**



**Foto 3. Pesado y selección de papa**



**Foto 5. Muestreo de suelos para análisis etapa de floración.**

$$I = akxT^a$$



**Foto 5. Muestreado de suelo para análisis de humedad y densidad aparente (post Cosecha)**



**Foto 6. Muestras secadas en la mufla**