

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA**  
**FACULTAD DE AGRONOMIA**



**“EFECTO DE LA APLICACIÓN DE CINCO TIPOS DE COMPOST  
EN EL RENDIMIENTO DE PAPA (*Solanum tuberosum* L.) CV.  
CANCHAN EN UN SUELO DE QUILCAS  
(VALLE DEL MANTARO)”**

**Presentado por:**

**ANA PATRICIA QUIJANDRÍA DÍAZ**

**Tesis para optar el Título de:**

**INGENIERO AGRÓNOMO**

**Lima - Perú**

**2018**

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA  
FACULTAD DE AGRONOMIA**

**“EFECTO DE LA APLICACIÓN DE CINCO TIPOS DE COMPOST  
EN EL RENDIMIENTO DE PAPA (*Solanum tuberosum* L.) CV.  
CANCHAN EN UN SUELO DE QUILCAS  
(VALLE DEL MANTARO)”**

Presentado por:

**ANA PATRICIA QUIJANDRÍA DÍAZ**

Tesis para optar el Título de:

**INGENIERO AGRÓNOMO**

Sustentada y Aprobada ante el siguiente jurado:

.....  
**Dr. Hugo Soplín Villacorta  
PRESIDENTE**

.....  
**Dr. Sady García Bendezú  
PATROCINADOR**

.....  
**Ing. Rolando Egúsquiza Bayona  
MIEMBRO**

.....  
**Ing. Julio Nazario Ríos  
MIEMBRO**

Lima – Perú

2018

A mis padres, por su paciencia y amor incondicional.  
A Carlos, por su compañía, amor y la inspiración  
para lograr mis objetivos.

## **AGRADECIMIENTO**

Gracias a Dios por iluminar cada día mi camino y a mis padres por acompañarme en todo momento. A mi familia y a mi hermano por su apoyo en las horas de trabajo y darme la fortaleza para salir adelante.

Gracias a mis compañeros, Lisandra, James y Alvaro por su buen humor y paciencia durante nuestros viajes e innumerables reuniones de trabajo en el laboratorio.

Un agradecimiento muy especial al Ph. D. Sady Javier García Bendezú por sus enseñanzas, motivación y amistad, sin las cuales no hubiera sido posible la finalización del presente trabajo de investigación.

## INDICE DE ANEXOS

	Pág.	
Anexo N°1	Parámetros biométricos evaluados de las muestras de plantas de papa cv. Canchán tomadas en campo (35 días antes de la cosecha)	66
Anexo N°2	Parámetros evaluados en relación a la calidad de las muestras de tubérculos de papa cv. Canchán tomadas en campo (considerando número de tubérculos cosechados)	67
Anexo N°3	Parámetros evaluados en relación a la calidad de las muestras de tubérculos de papa cv. Canchán tomadas en campo (considerando el peso de tubérculos cosechados)	68
Anexo N°4	Parámetros evaluados en relación al Análisis Químico del follaje y tubérculos y al Análisis de las propiedades Físico-Químicas del Suelo	69
Anexo N°5	Análisis de variancia para el parámetro Altura de Planta (en cm.)	70
Anexo N°6	Prueba de Duncan para el parámetro Altura de Planta (en cm.)	70
Anexo N°7	Análisis de variancia para el parámetro Número de Tallos por metro	71
Anexo N°8	Análisis de variancia para el parámetro Número Total de Tubérculos comerciales cosechados/m <sup>2</sup>	71
Anexo N°9	Análisis de variancia para el parámetros Número Total de Tubérculos No Comerciales cosechados/m <sup>2</sup>	72
Anexo N°10	Análisis de variancia para el parámetro Número total de tubérculos cosechados/m <sup>2</sup>	72
Anexo N°11	Análisis de variancia para el parámetro Rendimiento Comercial en g/m <sup>2</sup>	73
Anexo N°12	Análisis de variancia para el parámetro Rendimiento No Comercial en g/m <sup>2</sup>	73
Anexo N°13	Análisis de variancia para el parámetro Rendimiento Total en g/m <sup>2</sup>	74
Anexo N°14	Análisis de variancia para el parámetro Porcentaje de Materia Seca de Tubérculos	74
Anexo N°15	Análisis de variancia para el parámetro Nitrógeno extraído por los Tubérculos	75
Anexo N°16	Prueba de Duncan para el parámetro Nitrógeno extraído por los (g/m <sup>2</sup> ) tubérculos (gm <sup>2</sup> )	75
Anexo N°17	Análisis de variancia para el parámetro Carbono asimilado por el follaje	76
Anexo N°18	Análisis de variancia para el parámetro Carbono asimilado por los tubérculos (gm <sup>2</sup> )	76
Anexo N°19	Prueba de Duncan para el parámetro Carbono asimilado por los tubérculos (gm <sup>2</sup> )	76
Anexo N°20	Análisis de variancia para el parámetro Carbono orgánico final	77
Anexo N°21	Prueba de Duncan para el parámetro Carbono orgánico final	77
Anexo N°22	Análisis de variancia para el parámetro pH del suelo	78
Anexo N°23	Prueba de Duncan para el parámetro pH del suelo	78
Anexo N°24	Análisis de variancia para el parámetro Conductividad Eléctrica (dS/m)	79

## INDICE DE GRAFICOS

	Pág.	
Gráfico N°1	Ubicación geográfica de la comunidad de Quilcas	22
Gráfico N°2	Croquis del campo experimental	28
Gráfico N°3	Efecto de la aplicación de cinco fuentes de materia orgánica en la Altura de Planta de papa cv. Canchán	36
Gráfico N°4	Efecto de la aplicación de cinco fuentes de materia orgánica en el Número de tallos por metro de plantas de papa cv. Canchán	36
Gráfico N°5	Efecto de la aplicación de cinco fuentes de materia orgánica en el Número de Tubérculos Comerciales de plantas de papa cv. Canchán	41
Gráfico N°6	Efecto de la aplicación de cinco fuentes de materia orgánica sobre el Número Total de tubérculos No Comerciales de plantas de papa cv. Canchán	41
Gráfico N°7	Efecto de la aplicación de cinco fuentes de materia orgánica sobre el número total de tubérculos cosechados de plantas de papa cv. Canchán	42
Gráfico N°8	Efecto de la aplicación de cinco fuentes de materia orgánica en el Rendimiento Comercial de plantas de papa cv. Canchán	42
Gráfico N°9	Efecto de la aplicación de cinco fuentes de materia orgánica sobre el Rendimiento No Comercial de plantas de papa cv. Canchán	44
Gráfico N°10	Efecto de la aplicación de cinco fuentes de materia orgánica en la Parte del Rendimiento Total que es Comercial	44
Gráfico N°11	Efecto del Compost 2 en el porcentaje de tubérculos de papa cv. Canchán comestibles por categoría	45
Gráfico N°12	Efecto del Compost 4 en el porcentaje de tubérculos de papa cv. Canchán comestibles por categoría	45
Gráfico N°13	Efecto de la aplicación de cinco fuentes de materia orgánica en el Rendimiento de diferentes categorías de tubérculos de plantas de papa cv. Canchán	39

# INDICE

	Pág.
1. INTRODUCCION	1
2. OBJETIVOS	1
2.1 Objetivo general	1
2.2 Objetivos especificos	1
3. REVISION DE LITERATURA	2
3.1 El cultivo de la papa	2
3.1.1 Descripción taxonómica	2
3.1.2 Características botánicas	2
3.1.3 Ecología del cultivo	3
3.1.4 Variedades	5
3.1.5 El cultivar Canchán	5
3.1.6 Manejo agronómico	7
3.1.6.1 Propagación y siembra	7
3.1.6.2 Abonamiento y fertilización	8
3.1.6.3 Aporque	9
3.1.6.4 Riegos	9
3.1.6.5 Cosecha	9
3.1.7 Componentes nutricionales	10
3.2 Materia orgánica del suelo	10
3.2.1 Descomposición y mineralización de la materia orgánica	11
3.2.2 Principales fuentes de materia orgánica	12
3.2.2.1 Los residuos orgánicos	12
3.2.2.2 El compost	13
3.2.3 Efecto de la materia orgánica en algunas propiedades físicas y químicas del suelo	15
3.2.3.1 Estructura	15
3.2.3.2 Capacidad de retención de humedad	16
3.2.3.3 Densidad aparente	16
3.2.3.4 pH	17
3.2.3.5 Conductividad Eléctrica (CE)	17
3.2.3.6 Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC)	17
3.2.3.7 Relación Carbono - Nitrógeno (C/N)	18
3.2.4 Carbono orgánico	18
3.3 El cultivo de papa y la materia orgánica	20
4. MATERIALES Y METODOS	22
4.1 Características del campo experimental	22
4.1.1 Ubicación	22
4.1.2 Historial de campo	23
4.1.3 Suelo	23

4.1.4 Material vegetal	24
4.2 Fuentes de compost ensayados	24
4.3 Tratamientos a ensayar	27
4.4 Datos de campo experimental	27
4.5 Materiales e Insumos	28
4.5.1 Materiales usados en campo	28
4.5.2 Materiales usados en el laboratorio	28
4.6 Procedimiento	29
4.6.1 Preparación del terreno	29
4.7 Parámetros de evaluación	29
4.7.1 Parámetros biométricos del cultivo	29
4.7.1.1 Altura de planta	29
4.7.1.2 Número de tallos por metro	30
4.7.1.3 Peso fresco de la parte aérea	30
4.7.1.4 Peso fresco de hojas y tallos	30
4.7.1.5. Peso seco de la parte aérea	30
4.7.1.6 Area foliar	30
4.7.2 Componentes del rendimiento	30
4.7.2.1 Rendimiento total	30
4.7.2.2 Rendimiento comercial	30
4.7.2.3 Rendimiento no comercial	30
4.7.2.4 Número de tubérculos por metro cuadrado	31
4.7.2.5 Peso seco de tubérculos	31
4.7.3 Análisis químico	31
4.7.3.1 Propiedades del suelo	31
4.8 Diseño experimental	32
4.9 Tratamiento estadístico	33
5. RESULTADOS Y DISCUSION	34
5.1 Parámetros biométricos	34
5.1.1 Altura de planta	34
5.1.2 Número de tallos por metro	35
5.2 Componentes del rendimiento	37
5.2.1 Número Total de Tubérculos Comerciales por m <sup>2</sup>	37
5.2.2 Número Total de Tubérculos No Comerciales por m <sup>2</sup>	37
5.2.3 Número Total de Tubérculos por m <sup>2</sup>	40
5.2.4 Rendimiento Comercial (g/m <sup>2</sup> )	40
5.2.5 Rendimiento No Comercial (g/m <sup>2</sup> )	43
5.2.6 Rendimiento Total (g/m <sup>2</sup> )	43
5.2.7 Porcentaje de Materia Seca de Tubérculos	46

5.3 Análisis químico	46
5.3.1 Nitrógeno extraído (g/m <sup>2</sup> ) por el follaje	46
5.3.2 Nitrógeno extraído (g/m <sup>2</sup> ) por los tubérculos	46
5.3.3 Carbono asimilado por el follaje (g/m <sup>2</sup> )	48
5.3.4 Carbono asimilado por los tubérculos (g/m <sup>2</sup> )	48
5.3.5 Carbono orgánico final	48
5.4 Características físico-químicas del suelo	49
5.4.1 pH del suelo	49
5.4.2 Conductividad eléctrica del suelo (CE)	49
6. CONCLUSIONES	51
7. RECOMENDACIONES	52
8. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	53
9. ANEXOS	65

## INDICE DE TABLAS

	Pág.	
Tabla N°1	Cultivares modernos de papa	4
Tabla N°2	Requerimientos del cultivo de papa según fases fenológicas	6
Tabla N°3	Propiedades químicas y físicas del suelo antes del experimento	24
Tabla N°4	Insumos empleados en la preparación de los compost de prueba en la comunidad de Quilcas	26
Tabla N°5	Insumos empleados en la preparación de los compost de prueba en el IRD-Sierra	26
Tabla N°6	Tratamientos aplicados	27
Tabla N°7	Temperatura máxima, mínima y promedio durante el periodo 2006 - 2007 del cultivo de papa Canchán en la Comunidad de Quilcas - Huancayo	38
Tabla N°8	Capacidad extractiva de nitrógeno y fijación de carbono promedio por el cultivo de papa Canchán en Quilcas - Huancayo	47

## 1. INTRODUCCION

El uso de insumos locales y de prácticas conservacionistas hace factible el desarrollo sostenible de las actividades agrícolas, especialmente cuando se dispone de escasos recursos económicos. En zonas agrícolas andinas con altos niveles de pobreza, la preparación de abonos orgánicos como el compost haciendo uso de elementos propios del entorno del agricultor, contribuye a una mayor preservación del medio ambiente y en gran medida a la seguridad alimentaria familiar.

Con el fin de estudiar un importante abono orgánico como es el compost, la Universidad Nacional Agraria La Molina a través del Instituto de la pequeña producción sustentable, en convenio con las universidades Católica de Leuven (Bélgica) y Jorge Tadeo Lozano de Bogotá (Colombia), lleva a cabo el estudio “Optimización de aplicaciones de compost de residuos verdes en agricultura sustentable de trópico frío”. Dicho trabajo tiene como fin desarrollar la fase de producción y manejo de compost en diferentes unidades productivas pertenecientes a las comunidades de Quilcas, Aramachay, Sincos y Molinos ubicadas en el Valle del Mantaro.

La necesidad de aportar mayor información acerca del efecto de la materia orgánica en el cultivo de papa, bajo las condiciones climáticas de la Sierra central de nuestro país y en un sistema de producción de bajos insumos es la que motiva el presente trabajo de tesis, a nivel de campo, el cual busca evaluar el efecto que tienen cinco fuentes de materia orgánica de preparación local sobre el rendimiento de papa (cultivar Canchán) y algunas propiedades físicas y químicas del suelo. Dichas fuentes fueron preparadas en base a los recursos disponibles de pequeños productores pertenecientes a la comunidad campesina de Quilcas, ubicada al noreste de la ciudad de Huancayo.

## 2. OBJETIVOS

### 2.1. Objetivo general

- Evaluar la factibilidad del uso de fuentes locales de materia orgánica como insumos básicos de la fertilización del cultivo de papa.

### 2.2. Objetivos específicos

- Determinar el efecto de la aplicación de cinco fuentes de materia orgánica en el rendimiento de papa (*Solanum tuberosum* L.) cv. Canchán en un suelo de la comunidad campesina de Quilcas (Valle del Mantaro).

- Evaluar el efecto de la aplicación de las fuentes mencionadas en algunas propiedades físicas y químicas del suelo.
- Determinar la capacidad de asimilación de carbono del cultivo y el aporte de nitrógeno de las fuentes evaluadas.

### 3. REVISION DE LITERATURA

#### 3.1. El cultivo de papa

La papa (*Solanum tuberosum* L.) es una planta alimenticia que procede de las culturas Pre - Incas e Inca. En el territorio peruano se encuentra la mayor cantidad de especies de papa conocidas en el mundo.

Las papas silvestres estuvieron en nuestro territorio desde antes de la llegada del hombre y es muy posible que, desde entonces, se iniciara el proceso de reconocimiento y recolección selectiva de tubérculos de las especies silvestres presentes a lo largo del territorio nacional (Egúsqüiza, 2000).

Actualmente la papa es el principal cultivo del país en superficie sembrada y representa el 25% del PBI agropecuario. Es la base de la alimentación de la zona andina y es producido por 600 mil pequeñas unidades agrarias. La papa es un cultivo competitivo del trigo y arroz en la dieta alimentaria (MINAG, 2006).

##### 3.1.1. Descripción taxonómica

El género *Solanum*, al cual pertenece la papa cultivada, es extremadamente amplio, conteniendo alrededor de 1000 especies. Se extiende por todo el mundo excepto en zonas extremas, con una fuerte concentración de diversidad de especies en América del Sur y Central por un lado y en Australia por el otro. Esto refleja sobremanera el patrón de distribución de la familia *Solanaceae* en sí misma (Hawkes, 1992).

##### 3.1.2. Características botánicas

La papa es una planta anual, de tallo erecto, que puede medir hasta 1m de altura. Sus hojas son compuestas, con 7 folíolos de forma lanceolada, con grados variables de pilosidad. Las flores tienen forma de estrella y sus pétalos están fusionados. El color de la flor puede ser blanco, rosado o violeta con el centro amarillo. Su fruto es una baya verde, de forma semejante a un tomate pero mucho más pequeño, que contiene en su interior unas 400 semillas. La parte que se consume es un tubérculo, es

decir, un engrosamiento subterráneo de los tallos que sirve para almacenar sustancias de reserva (Egúsquiza, 2000).

Los tubérculos están cubiertos por una exodermis que aparece al romperse la epidermis que va engrosándose con el tiempo. Sobre su superficie existen "ojos": hundimientos para resguardar las yemas vegetativas que originan los tallos, que están dispuestos forma helicoidal. Además, hay orificios que permiten la respiración, llamados lenticelas.

### **3.1.3. Ecología del cultivo**

La papa tiene una gran adaptación a variadas condiciones climáticas; no obstante, se prodiga mejor en climas templados y frescos (Tabla N° 1). La luminosidad y más específicamente el fotoperiodismo, tienen influencias opuestas pues cuando es favorable para el follaje y la floración, es desfavorable para la tuberización y viceversa (Egúsquiza, 2000).

Los mejores rendimientos se logran en suelos franco arenosos, profundos, bien drenados y con un pH de 5.5 a 8.0. El cultivo de la papa se ve favorecido por la presencia de temperaturas mínimas ligeramente por debajo de sus normales y máximas ligeramente superiores en el período de tuberización (temperaturas máximas o diurnas de 20 a 25°C y mínimas o nocturnas de 8 a 13°C) (MINAG, 2006).

El cultivo de papa en general es vulnerable a la ocurrencia de una helada cuando la temperatura del aire desciende hasta formar cristales de hielo en el interior de sus células durante cierto tiempo. El proceso de deterioro de las plantas depende del estado vegetativo en que se encuentren y de la especie a la que pertenezcan.

En el cultivo de papa el efecto de la helada varía según el estado fenológico de emergencia la planta. Es posible que se recupere del daño por la helada siempre y cuando, ésta sea de magnitud leve a moderada. En algunos casos esto corresponde de 25 a 50% de daño a la parte aérea de la planta.

Así puede haber muerte de algunas plantas al ocurrir una resistencia diferencial entre plantas ante el fenómeno atmosférico, daños a los tallos y defoliación. Muchas variables, tales como duración y temperatura de la helada, contenido de humedad del suelo y de la planta (si las hojas están turgentes o flácidas) influenciarán el tipo y grado de daño. El

**Tabla N° 1. Cultivares modernos de papa**

<b>Cultivar</b>	<b>Altitud</b>	<b>Zona</b>	<b>Cualidades</b>
Amarilis Inia		Costa y Sierra	Resistente a la Mancha
Andina	Sobre 3200		Buena calidad culinaria y comercial
Canchán INIA		Costa y Sierra	Tolerante a la Mancha , buena calidad comercial
Cica	Desde los 2000 msnm		Buena calidad culinaria, tolera sequías, es susceptible a la Mancha.
Mariva		Costa y Sierra	Buena calidad culinaria y comercial.
Perricholi		Costa y Sierra	Excelente productiva, resistente a la Mancha.
Revolución	Menor a 3500	Costa y Sierra	Buena calidad culinaria y comercial
Tomasa		Costa y Sierra	Buena calidad para consumo fresco, para fritura y hojuelas (chips)
Condemayta			
Yungay		Sierra	Tolera condiciones adversas (suelo, clima, parásitos).

Fuente: Egúsquiza, (2000)

daño a la planta de papa variará significativamente entre heladas y dentro del mismo campo (Fairlie, 1995).

#### 3.1.4. Variedades

En nuestro país la papa cultivada presenta una gran diversidad de variedades. Entendemos por papa cultivada a todas sus plantas cuyos tubérculos se utilizan para fines alimenticios y económicos. La papa cultivada o papa común, se conoce con el nombre linneano general de *Solanum tuberosum*. Los cultivares obtenidos por métodos de mejoramiento genético modernos se conocen como cultivares 'mejorados' o 'modernos' (Egúsquiza, 2000).

La Tabla N°2 resume una lista de los diferentes cultivares modernos de papa y sus diferencias en relación a la altitud y zona de siembra así como también con respecto a sus cualidades.

#### 3.1.5. El cultivar Canchán

El cultivar Canchán procede del siguiente cruzamiento (Mendoza, 2002):

BL-1.2 X Murillo III-80 {(tbr x dms) x tbr} x {Solanum ajanhuiri x adg}
---

Donde:

tbr = *Solanum tuberosum*

dms = *Solanum demissum*

adg = *Solanum tuberosum* ssp. *andigena*

Este cultivar fue liberado por el INIAA en el año 1990 en la EEA Canchán – Huánuco por el equipo del Dr. Jorge Landeo Cabezudo y sus principales características son sus tubérculos redondos de piel roja, escasa floración y fructificación además de su susceptibilidad a la ranchara (*Phytophthora infestans*).

La escasa fructificación se debe a la ploidía de las especies que le dieron origen. El cruzamiento de individuos tetraploides o hexaploides con diploides (como es el caso de las especies parentales del cultivar Canchán) da lugar a una progenie que por lo general no es muy numerosa o fértil.

**Tabla Nº 2. Requerimientos de temperatura del cultivo de papa según fases fenológicas**

<b>Fases del cultivo de papa</b>	<b>Temperatura óptima<sup>1</sup></b>	<b>Temperatura crítica<sup>2</sup></b>
Emergencia	8 – 15 °C	
Formación de estolones	Temperaturas nocturnas: 7 – 12°C	
Tuberización	10 – 15 °C	7 – 20 °C
Maduración	10 – 15 °C	7 – 20 °C

Fuente: MINAG, 2006.

<sup>1</sup> Temperatura en la cual se alcanza el máximo crecimiento y desarrollo.

<sup>2</sup> Referida a la temperatura mínima y máxima a la cual la planta crece.

El cultivar Canchán frente a las heladas responde mostrando cierta resistencia pues dos de las especies que le dieron origen: *Solanum demissum* (silvestre) y *S. ajanhuiri* (cultivada) presentan conocida tolerancia a las heladas y son comúnmente empleadas en los cruzamientos cuando se busca esta característica.

Asimismo, este cultivar se caracteriza por su tallo y follaje color verde claro y sus flores color lila. Los tubérculos presentan pulpa blanca y ojos superficiales, con brotes color rosado intenso. El periodo vegetativo es de 120 días alcanzando rendimientos de hasta 30 TM/ha entre tubérculos medianos y grandes, con un porcentaje de materia seca promedio de 25% y una aceptable calidad culinaria (MINAG, 2006).

### **3.1.6. Manejo agronómico**

Las características del crecimiento y desarrollo de las plantas de papa son complejas y de múltiple interdependencia con su medio ambiente. Esto significa que su cultivo es igualmente complicado. Por otra parte, los factores adversos pueden limitar fácilmente la cosecha por lo que el productor debe prestarle atenciones y cuidados y tiene que hacer gastos que, en algunos casos, son altos. Por todas estas razones se hace necesario el mejor uso de los recursos técnicos y la experiencia del productor para lograr éxito en la producción (Egúsquiza, 2000).

#### **3.1.6.1. Propagación y siembra**

La propagación más generalizada es por tubérculos de 40 a 60 grs. de peso, empleándose de 1333 a 2000 kg de semilla-tubérculo por hectárea. También puede realizarse mediante el uso de semilla botánica que proviene de las bayas.

Para sembrar se deben tener en cuenta seis factores: el suelo, el clima, el cultivar o cultivares, los insumos, la mano de obra y el costo-beneficio. Una siembra adecuada es aquella en que se depositan las semillas apropiadas en un suelo bien preparado, que constituya un ambiente favorable para una germinación rápida y uniforme. La siembra más común en nuestro medio es a mano depositando la semilla tubérculo en surcos distanciados a 0.90 a 1.10 metros y con un distanciamiento entre golpes de 0.40m. El tubérculo debe estar libre de

organismos patógenos, brotado y en buenas condiciones físicas (Egúsquiza, 2000).

### **3.1.6.2. Abonamiento y fertilización**

El cultivo de papa, para producir 1 tonelada de tubérculo fresco necesita extraer del suelo de 4 a 6 kg de N, 1 a 1.5 kg de P (1.6 a 2.5 kg de  $P_2O_5$ ), de 6 a 7.5 kg de K (7.2 a 9 kg de  $K_2O$ ) y cantidades de 0.6 a 0.8 kg tanto de Ca, Mg y S. Las variaciones de la cantidad extraída de nutrientes minerales por el cultivo dependen de la riqueza natural del sustrato, de la fertilización practicada y de la variedad sembrada (Villagarcía, 1994).

El abonamiento debe realizarse aplicando a la siembra todo el fósforo y potasio y la mitad de la dosis del nitrógeno, cuidando de que el abono no entre en contacto con la semilla-tubérculo y la queme. El nitrógeno debe aplicarse fraccionado para evitar la pérdida de este nutriente por el exceso de agua.

El mayor beneficio de un fertilizante al inicio ocurre cuando éste se coloca sobre la semilla porque las raíces se desarrollan en cada nudo en los brotes por encima de ésta (Westermann, 2005).

A mayor nivel de fertilización se presenta mayor contenido de nitrógeno y por tanto, mayor calidad proteica de tubérculos. (Romero-Lima, 2000). Sin embargo, una aplicación de nutrientes en exceso, en cualquier forma, puede detener el crecimiento de la planta y disminuir los rendimientos ya que ocurre un incremento en el contenido de sales (USDA Agricultural Outlook, 1996).

Mantener rendimientos altos con pérdida mínima de nutrientes al medio ambiente es y continuará siendo un desafío significativo para el productor de papa. Grandes aplicaciones de fertilizantes y enmiendas del suelo para la producción de papa pueden causar la acumulación de metales pesados en los tubérculos y eventualmente convertirse en tóxicos para el mismo medio ambiente (Westermann, 2005).

### **3.1.6.3. Aporque**

Se efectúa cuando las plantas miden entre 25 y 35 cm. con el fin de mejorar el ambiente subterráneo de tuberización, incrementar el número de tubérculos por planta, aislar los tubérculos que están en formación del ataque de plagas y enfermedades, cubrir los tubérculos con tierra para evitar su verdeamiento y cubrir la segunda dosis de fertilización nitrogenada.

Si un primer aporque está bien efectuado, podría ser innecesario un segundo aporque en los cultivares precoces. Por el contrario, se hacen dos aporques cuando el cultivar es tardío o cuando en la zona hay presencia de rancho o exceso de lluvia (Egúsqiza, 2000).

### **3.1.6.4. Riegos**

El cultivo de papa es muy sensible al agua en todos sus estados de crecimiento. El número de riegos depende del tipo de suelo y de las condiciones climáticas. Si la planta sufre exceso o escasez de agua a cualquier edad, tanto la cantidad como la calidad de los tubérculos se verá afectada (Egúsqiza, 2000).

La humedad residual en la etapa de tuberización es decisiva para la producción comercial. La planta de papa concentra más materia seca en tubérculos cuando hay deficiencias de nutrimentos y por tanto menor eficiencia al acumular agua (Romero-Lima, 2000).

### **3.1.6.5. Cosecha**

Las plantas están aptas para cosechar cuando el follaje ha tomado un color amarillento o cuando gran parte de los tallos están tumbados o las hojas se han caído o secado (Egúsqiza, 2000). Sin embargo, la cosecha oportuna está definida principalmente por el precio en el mercado y por el tamaño alcanzado por los tubérculos (Asghar, 2003).

El potasio y el nitrógeno se encuentran en grandes cantidades en la planta de papa, seguidos por el calcio y el magnesio. La mayoría de los nutrientes móviles en el floema estarán en los tubérculos en la cosecha mientras que los nutrientes inmóviles estarán en las porciones vegetativas residuales de la planta (Westermann, 2005).

Es ventajoso cosechar el cultivo en plena madurez porque en esta etapa los tubérculos tienen los contenidos más elevados de materia seca y proteínas y los más bajos contenidos de azúcares reductores y aminoácidos libres (Misra *et al.*, 1993; citado por Asghar, 2003)

### **3.1.7. Componentes nutricionales**

El agua y la materia seca son dos grandes componentes del tubérculo. El contenido de humedad varía desde 65% a 83% en función del cultivar y localidad de producción; el alto contenido de humedad del tubérculo determina características de fragilidad y perecibilidad por efecto del manipuleo, transporte y acción de parásitos.

La papa es un producto que contiene en 100 gramos; 18,5 gr. de almidón y es rico en potasio (560mg) y vitamina C (20 mg) (MINAG, 2007). La papa supera al trigo (*Triticum aestivum* L.), arroz (*Oriza sativa* L.) y maíz (*Zea mays* L.) en producción de materia seca y de proteína por unidad de área (Hooker, 1980; citado por Romero – Lima, 2000).

## **3.2. Materia orgánica del suelo**

La parte orgánica del suelo representa en si un sistema complejo de diversas sustancias. Su dinamismo se determina por la incorporación al suelo de restos de origen vegetal y animal y la transformación de éstos bajo la acción de distintos grupos de microorganismos, así como de diversos representantes de la fauna. Algunas transformaciones de los restos orgánicos y de sus componentes pueden operarse bajo la acción directa de las precipitaciones atmosféricas, de la reacción ácida o básica del suelo, del viento, de los cambios de temperatura, etc. (Kononova, 1982).

La disturbación frecuente del suelo (típica de la producción comercial) tiende a romper los agregados, a oxidar la materia orgánica del suelo e incrementar la erosión (Lal, *et al.*, 1994; Unger, 1992; citados por Stark, 2005). La habilidad del suelo para retener nutrientes también disminuye, pues la materia orgánica del suelo contribuye marcadamente a los sitios de intercambio de cationes y aniones. Además, los nutrientes que dependen principalmente de la mineralización del suelo para ser liberados (por ejemplo nitrógeno) tenderán a ser menos disponibles (Stark, 2005).

La adición de materia orgánica al suelo para el mejoramiento de cultivos es una práctica casi tan antigua como la agricultura. Referencias a incrementos en el rendimiento en respuesta a la aplicación de estiércol puede ser encontrada en la literatura clásica griega y romana. En tiempos pre-colombinos, los agricultores del continente americano emplearon la aplicación de estiércol para incrementar los rendimientos del maíz, papa y otros cultivos. Los beneficios en el rendimiento obtenidos con las enmiendas orgánicas fueron atribuidos a la mayor disponibilidad de nutrientes y a la supresión de organismos patógenos (Rodríguez-Kabana, 1987).

La materia orgánica interviene de forma activa en la formación del suelo, condiciona su comportamiento en relación al crecimiento de las plantas y microorganismos, al influir en el movimiento y almacenamiento de agua, intercambio catiónico, y constituir una fuente de nutrientes (Porta *et al.*, 1994).

En suelos agrícolas a veces no se valora suficientemente el papel de la materia orgánica, por tener estos suelos menores contenidos y por considerar que los fertilizantes pueden desempeñar su papel, lo que no es del todo cierto.

El manejo sostenible de nutrientes implica una serie de prácticas de manejo diseñadas para conservar los recursos del suelo, mantener o fortalecer la productividad y ayudar a reducir la dependencia de los agricultores de los fertilizantes químicos (Stark, 2005).

### **3.2.1. Descomposición y mineralización de la materia orgánica**

La mineralización consiste en la transformación de un elemento desde una forma orgánica a una inorgánica, como resultado de la actividad de los microorganismos. Los nutrientes contenidos en la materia orgánica (N, P, S, entre otros) se hallan en forma orgánica, por lo que no son directamente asimilables por las plantas. Se requiere de la acción microbiana para que las formas orgánicas de los nutrientes pasen a formas minerales, que son las incorporables a la biomasa de las plantas (Porta *et al.*, 1994).

La tasa de mineralización es el equivalente a la velocidad o grado de mineralización y se expresa por el porcentaje de carbono orgánico inicial que se mineraliza en un periodo de tiempo determinado.

La tasa de mineralización en un horizonte depende de las interacciones entre los componentes orgánicos, flora microbiana, fauna, reacciones químicas y de las condiciones del medio, por lo que presenta

una gran variabilidad de unos suelos a otros y para un mismo suelo según la época del año (Porta *et al*, 1994).

La intensidad de laboreo está íntimamente relacionada con la tasa de mineralización que aumenta al roturar un terreno y someterlo a un laboreo intenso y continuado, de forma que las técnicas de laboreo mínimo deben considerarse beneficiosas desde este punto de vista y que hacen disminuir las pérdidas de materia orgánica.

La cantidad de materia orgánica que contenga un suelo en un momento dado será la diferencia entre la biomasa total recibida y la biomasa mineralizada de forma relativamente rápida y el humus mineralizado, de forma lenta.

### **3.2.2. Principales fuentes de materia orgánica**

Las principales fuentes de materia orgánica incluyen los estiércoles, los residuos orgánicos, el compost y los cultivos de cobertura (FAO, 2002).

Con el énfasis reciente en la agricultura sustentable y su fuerte vínculo con el reciclado biológico (Mader *et al.*, 1996; Siegrist *et al.*, 1998; citados por Edwards, 2000), se está prestando mayor atención a las prácticas agronómicas, como la aplicación de paja y el uso de compost para mejorar las condiciones físicas del suelo, particularmente en las zonas de sistemas intensivos de cultivo (Edwards, 2000).

#### **3.2.2.1. Los residuos orgánicos**

Son aquellos residuos que pueden ser descompuestos por la acción natural de organismos vivos como lombrices, hongos y bacterias principalmente. Proviene de los restos de los seres vivos; como plantas y animales, por ejemplo: cáscara de frutas y verduras, cáscaras de huevo, restos de alimentos, huesos, papel, telas naturales (seda, lino, algodón), etc. (Ruíz, 2005).

La reducción en la aplicación de residuos orgánicos puede reducir el carbono y nitrógeno del suelo e incrementar los requerimientos de fertilizantes nitrogenados.

El uso extensivo de residuos de cultivo y desechos animales puede ser un factor primario que contribuye a la sostenibilidad de un sistema de producción de cultivos dado que emplea recursos renovables y mejora la calidad del suelo (Stark, 2005). Asimismo, los

residuos que contienen lignina como ramas de árboles y residuos de corteza tienen efectos positivos pronunciados tanto en el rendimiento como en el contenido de carbono (Gasser *et al.*, 1985; citado por Stark, 2005).

### **3.2.2.2. El compost**

El compost es un abono orgánico que resulta de la transformación de los residuos de la explotación agropecuaria, tales como malezas, raíces, tallos, etc. y estiércoles de vacuno, de ave, de porcino, de ovino, etc. (Bear, 1973; citado por Chuquiruna, 1989).

En el compost, los microorganismos aeróbicos son los mayores actores para la descomposición de materia orgánica. Por ello, durante su elaboración se necesita voltearlo varias veces para permitir el ingreso del aire al interior de los materiales orgánicos. Durante este proceso, la materia orgánica pierde mucha energía, ya que se produce una gran cantidad de calor y gas CO<sub>2</sub> que son residuos de la oxidación de la materia orgánica. También es muy común que se libere nitrógeno como amoníaco, produciendo olores fuertes y desagradables (Okumoto, 2003).

El compostaje se define generalmente como una degradación aeróbica de materia orgánica bajo el desarrollo de calor. La temperatura es un factor significativo que determina la ventaja de una población sobre otra y es así, el parámetro que controla la actividad microbiana durante el compostaje (Bodin, 2006).

Cuando el compostaje es efectivo, la masa final total es invariablemente menor que la masa inicial. Mientras los materiales orgánicos se degradan durante el compostaje tanto la masa como el volumen del material disminuye debido a la descomposición de los compuestos estructurales orgánicos y a la mineralización de la materia orgánica para formar CO<sub>2</sub> y H<sub>2</sub>O. La mayoría de los materiales inertes como los minerales del suelo, metales y otros constituyentes inorgánicos no se descomponen para formar productos gaseosos, permanecen así como parte del compost final (Breitenbeck, 2004).

Mucho del valor de un compost tiene que ver con su habilidad para reciclar nitrógeno, fósforo y otros nutrientes esenciales para la planta (Breitenbeck, 2004).

#### **a. Ventajas del uso de composts**

Los composts tienen la ventaja de ser más eficientes para restaurar la fertilidad del suelo que los materiales no compostados (Barker, 1997; citado por Gagnon, 2001) dado su contenido relativamente mayor de carbono más estable (Castellanos y Pratt, 1981; citado por Gagnon, 2001).

El compostar los materiales antes de aplicarlos genera un claro mejoramiento de las propiedades físicas y químicas del suelo. La habilidad de la materia orgánica para acumularse en el suelo es mayor en los materiales compostados; intermedia en los que contienen madera y relativamente baja en los residuos de cultivo, estiércol de granjas y desechos en exceso.

Una ventaja principal del compostaje como método de manejo de residuos está en su habilidad para reciclar nutrientes esenciales de la planta (Breitenbeck, 2004).

Se recomienda el uso de compost porque incrementa el nivel de humedad del suelo, lo cual beneficia al mismo durante épocas secas (Edwards, 2000).

#### **b. Desventajas en el uso de composts**

- El momento y la cantidad de nutrientes liberados puede ser difícil de predecir.
- Las enmiendas orgánicas tienden a ser voluminosas, haciendo su transporte y aplicación costosa.

En consecuencia, en el corto plazo, el uso de compost puede ser poco rentable en términos de unidad de nutriente aplicado en comparación de los fertilizantes químicos, aún considerando que también incrementan los rendimientos de cultivo (Galandt *et al.*, 1998; citado por Stark, 2005). Sin embargo, este costo extra puede estar justificado en el largo plazo dados los efectos positivos en otros componentes biológicos y propios del suelo (Stark, 2005).

### **3.2.3. Efecto de la materia orgánica en las propiedades físicas y químicas del suelo**

El compost y las aplicaciones de estiércol pueden incrementar rápidamente las concentraciones de materia orgánica lábil y estable del suelo y a su vez incrementar la concentración de nitrógeno en el suelo, la CIC, la capacidad de retención de agua y los niveles de fertilidad del suelo (Gallandt *et al.*, 1998; Grandy 1998; Porter *et al.*, 1999; citados por Stark, 2005). También puede reducir la densidad aparente e incrementar la agregación del suelo (Alford *et al.*; 1996; Chaney y Swift 1986; Martens y Frankenburger 1992; Porter *et al.* 1999; citados por Stark, 2005), así como mejorar la actividad y diversidad de las poblaciones de microorganismos en el suelo, las cuales pueden estimular la actividad radicular y la toma de nutrientes (Stark, 2005).

#### **3.2.3.1. Estructura**

La estructura del suelo es considerada una de las más importantes propiedades que controlan el crecimiento de las plantas. Esta propiedad determina el comportamiento del suelo en relación al aire y al agua (aireación, retención de agua y conductividad, flujo de nutrientes y difusión, etc.) y está fuertemente relacionada al crecimiento y función radicular (De Freitas, 1996).

Una estrategia para incrementar la estructura del suelo es construir fuentes de materia orgánica que faciliten la agregación, tales como la fracción fina y los carbohidratos solubles en agua. Los productos de descomposición de la fracción fina incluyen polisacáridos y otros materiales que estabilizan los agregados (Six *et al.*, 1998; citado por Grandy, 2002). La descomposición de la fracción fina es una fuente importante de nutrientes para la planta (Wander *et al.*, 1994; citado por Grandy, 2002). Los carbohidratos solubles en agua directamente estabilizan los agregados (Angers y Mehuys, 1989; citado por Grandy, 2002) y están fuertemente correlacionados con la agregación (Haynes y Swift, 1990; citado por Grandy, 2002).

A tasas de aplicación de compost de entre 30 y 60 TM/ha, se incrementa la estabilidad de agregados en el suelo mediante la formación de puentes catiónicos, mejorando así la estructura del suelo (Hernando *et al.*, 1989; citado por Hargreaves, 2007).

Las enmiendas basadas en materia orgánica han sido ampliamente empleadas en algunos cultivos y se han convertido en parte importante de los sistemas agrícolas sustentables. En comparación con la cobertura vegetal – que reduce en casi un 50% la pérdida de suelo-, el compost no tiene efecto; pero ambos incrementan el contenido de agua en 6-7%. Dentro de los efectos de los tratamientos en las características físicas del suelo, la resistencia a la penetración por debajo de la zona radicular se reduce en un 20% y luego de varios años de estudio, la estabilidad de agregados se incrementa en un 7% a través del uso de compost (Edwards, 2000).

### **3.2.3.2. Capacidad de retención de humedad**

Esta característica, relacionada con la estructura y la porosidad, no es solo importante desde el punto de vista de la economía del agua del suelo, sino que ella está también ligada a la resistencia del suelo al arrastre de sus partículas por acción de la escorrentía.

La formación de agregados grandes, al añadir materia orgánica al suelo, tiende a su vez a incrementar la porosidad total del suelo, en especial la macroporosidad. Como consecuencia de ello se mejora la aireación y la permeabilidad al agua (Baver, 1980).

El compost tiene una alta capacidad de retención de humedad debido a su contenido de materia orgánica, lo que a su vez mejora la capacidad de retención de humedad del suelo (Hernando *et al.*, 1989; Soumare *et al.*, 2003; citados por Hargreaves, 2007).

### **3.2.3.3. Densidad aparente**

Considera el contenido total de la porosidad del suelo (volumen de poros). Es importante para el manejo del suelo porque refleja la compactación y facilidad de circulación de agua y aire. El concepto de la densidad aparente involucra la textura, estructura y compactación del suelo.

La densidad aparente varía según los cambios que se produzcan en el suelo, respecto al volumen de poros. La compactación por la labranza disminuye el volumen de poros. La disminución de materia orgánica suele incrementar la densidad aparente del suelo

debido a que se halla asociada a una reducción en el volumen total de poros (Porta *et al*, 1994).

#### **3.2.3.4. pH**

La materia orgánica tiende a incrementar la acidez del suelo, por el proceso de descomposición, ya que se forman ácidos tanto orgánicos como inorgánicos. El más sencillo y quizás hallado más frecuentemente es el ácido carbónico ( $H_2CO_3$ ) que resulta de la reacción del  $CO_2$  y el agua. Los efectos reiterados de este ácido han sido responsables de la remoción de grandes cantidades de bases por disolución y lixiviación (Alegre, 1977).

El pH del suelo suele mostrar un incremento en sus valores cuando se usa compost como enmienda. Estos incrementos son por lo general proporcionales a la tasa de aplicación. El aumento del pH del suelo puede deberse a la mineralización del carbono y la subsiguiente producción de iones  $OH^-$  por intercambio de ligandos así como por la introducción de cationes básicos como  $K^+$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$  (Mkhabela y Warman, 2005; citados por Hargreaves, 2007).

#### **3.2.3.5. Conductividad eléctrica (CE)**

Todos los suelos fértiles contienen por lo menos pequeñas cantidades de sales solubles. La acumulación de sales solubles en el suelo se atribuye principalmente a problemas de drenaje y a la acción de riegos continuados, seguidos de evaporación y sequía.

En ocasiones, la elevada concentración de sales en el compost de residuos orgánicos confiere un valor elevado a su conductividad eléctrica. Empleado a altas dosis, la aplicación de material compostado modifica los valores iniciales de la conductividad eléctrica del suelo (Porta *et al.*, 1994).

#### **3.2.3.6. Capacidad de intercambio catiónico (CIC)**

Esta propiedad se refiere a la capacidad que presenta un determinado suelo de intercambiar iones. Es función de los tipos y cantidad de minerales de arcilla presente y la cantidad de materia orgánica. A mayor contenido de arcillas y materia orgánica humificada en el suelo, mayor capacidad de intercambio catiónico. Se puede inferir por lo tanto, que un suelo arenoso presentará una muy baja capacidad

de intercambio de iones comparado con un suelo arcilloso. Esto implicará que el suelo arenoso no es capaz de retener la misma cantidad de nutrientes que un suelo arcilloso y por lo tanto tenderá a ser menos fértil (CONICYT<sup>3</sup>, 2008).

La capacidad de intercambio catiónico está fuertemente relacionada al contenido de humus en el suelo. Así, los fertilizantes orgánicos normalmente incrementan la CIC del suelo (Hartl, *et al.*, 2003).

Conjuntamente con la arcilla, la materia orgánica constituye la parte fundamental del complejo adsorbente regulador de la nutrición de la planta. Suelos de similar clase textural, pero con alto contenido de materia orgánica, presentan mayor capacidad de adsorción catiónica que aquellos de bajo contenido de materia orgánica (Alegre, 1977).

#### **3.2.3.7. Relación Carbono – Nitrógeno (C/N)**

La tasa de mineralización del nitrógeno no está siempre relacionada a la relación C/N de los materiales orgánicos. También se relaciona a la tasa de descomposición de un tipo particular de materia orgánica (Shiga, 1997).

La adición de materia orgánica con baja relación C/N está asociada con una fitotoxicidad considerable. Este efecto adverso puede provenir de la acumulación de sales o especies iónicas (por ejemplo: nitritos, nitratos, amoníaco) o del desarrollo de microorganismos fitopatógenos (Rodríguez – Kabana, 1987).

La aplicación repetida de compost incrementó consistentemente el contenido de materia orgánica del suelo y la relación carbono-nitrógeno del mismo a tasas mayores en comparación de aquellos suelos a los que no se les aplicó enmienda alguna (Hargreaves, 2007).

#### **3.2.4. Carbono orgánico**

Muchos indicadores de un suelo saludable dependen del carbono orgánico del suelo (Bragato y Primavera, 1998; citado por Stark, 2005).

El carbono orgánico soluble sirve como una fuente de alimento rápidamente disponible para la microflora del suelo y afecta otras características físicas y químicas del suelo. Elevados niveles de carbono

---

<sup>3</sup> Comisión Nacional de Investigación Científica y Tecnológica de Chile

orgánico soluble pueden contribuir a mayores pérdidas de nitrógeno por desnitrificación (Lynch, 2005).

La conversión de tierras de pasturas y de bosques a tierras de cultivo lleva a pérdidas de carbono orgánico del suelo. Gran parte de la pérdida de carbono de los suelos agrícolas ocurre durante la primera década después del cultivo. En las tierras de cultivo, el equilibrio en el contenido de carbono será usualmente menor que antes de que la tierra sea cultivada. Esto debido a 3 razones:

- Los ecosistemas agrícolas están diseñados para maximizar el carbono exportado (cosechado). En consecuencia, las cantidades de carbono devueltas al suelo son a menudo menores a que aquellas de los sistemas “nativos”.
- Debido a la pérdida de calidad generada por la erosión, salinización u otros procesos de degradación, algunos suelos no pueden volver al nivel de productividad que tenían inicialmente.
- Las prácticas agrícolas, por más conservadoras que sean, disturbán el suelo (Bruce, 1999).

Los abonos verdes incrementan los ingresos de carbono al sistema, pero su efecto en el equilibrio de la materia orgánica del suelo y de la agregación puede ocurrir lentamente porque los niveles de carbono presentes son altos y espacialmente variables (Robertson *et al.*, 1993, 2000; citado por Grandy, 2002).

Los procesos principales del *secuestro de carbono* en los suelos incluyen la humificación de materiales orgánicos, la agregación por la formación de complejos organominerales, la coloración profunda de la materia orgánica y debajo de la zona de arado, enraizamiento profundo y la calcificación.

Las tasas de ganancia de carbono son usualmente muy elevadas en las primeras dos décadas después de los cambios implementados en el manejo del suelo y luego disminuyen rápidamente. La variación de la respuesta depende del nivel inicial de carbono en el suelo (menos carbono tiene, más rápido lo gana), la región climática y las variables agronómicas (Bruce, 1999).

### 3.3. El cultivo de papa y la materia orgánica

El cultivo de papa es el más importante en la Sierra por su área sembrada, su elevada fertilización y por ser un cultivo de cabecera en un sistema de rotación (Aguirre, 1999). En la zona andina se ha comprobado la utilización del estiércol desde hace 1500 años, o sea desde mucho antes que en Europa. Aparte de ser portador de elementos nutritivos para plantas y muy en particular para la papa, los abonos orgánicos influyen en el suelo aumentando la capacidad de retención de agua, mejorando su estructura, reduciendo la erosión, equilibrando los elementos nutritivos y controlando parcialmente la salinidad (Augstburger, 1985).

Los suelos que se encuentran bajo producción intensiva de papa son por lo general de bajo contenido de materia orgánica y pobre actividad microbiana (Gagnon, 2001).

Los suelos en los que suele cultivarse tienen estas características debido a las prácticas culturales, las cuales causan un mayor nivel de disturbación del suelo, como el aporque y la cosecha (Erich, 2002).

Los cultivos de papa devuelven alrededor de 1500 kg ha<sup>-1</sup> de residuos al suelo (Porter y McBurnie, 1996; citado por Grandy, 2002) y este tiene una baja relación C/N (10:1 para los brotes) y contenido de lignina que incrementa su tasa de descomposición (Bending y Turner, 1999; citado por Grandy, 2002).

La influencia de los abonos orgánicos sobre la fertilidad de los suelos ha sido demostrada, 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-Lima, 2000).

De acuerdo a un estudio ejecutado por Lynch (2005), el mejoramiento de las propiedades físicas del suelo (densidad aparente y contenido de agua) fue obtenido única y exclusivamente de los tratamientos con composts.

Los estudios relacionados a la aplicación de fertilizantes orgánicos y/o químicos pueden ser encontrados desde el siglo XIX (Russell, 1962; Stumpe *et al.*, 2000 citado por Alvarez, 2006). Recientemente se ha dedicado bastante trabajo a la determinación de los efectos del compost, desechos agrícolas, abonos verdes y otras sustancias orgánicas en los rendimientos de papa y la calidad de los tubérculos. Algunos trabajos los comparan con la fertilización convencional y combinaciones de fertilizantes orgánicos e inorgánicos (Mondal *et al.*, 1985; Sharma, 1986; Griffin y Hesterman, 1991; Boyd *et al.*, 2001; Roy *et al.*, 2001 citados por Álvarez, 2006).

Por otro lado, en estudios efectuados por Kulakovskaya y Brysozovskii (1984) encontraron que la combinación de fertilizantes minerales y orgánicos mejora la calidad de la papa y que la fertilización mineral alta reduce el valor biológico de las proteínas en los tubérculos.

Las aplicaciones de compost y estiércol también han mostrado incrementar la densidad de la longitud radicular de la papa (Opena y Porter, 1999; citados por Stark, 2005), lo cual puede mejorar la toma de agua y de nutrientes (Stark, 2005).

Asimismo, se han llevado a cabo estudios específicamente relacionados a la química de ciertos elementos nutritivos, como el desarrollado por Sanyal y De Datta (1991) en el cual se afirma que la aplicación de materiales orgánicos al suelo pueden incrementar la solubilidad del fósforo y contribuir con altas cantidades de P (Erich, 2002).

Los abonos orgánicos pueden prevenir, controlar e influir en la severidad de patógenos del suelo, además de servir como fertilizantes y mejoradores del suelo. Esto también está asociado al manejo del productor (Romero-Lima, 2000).

## 4. MATERIALES Y METODOS

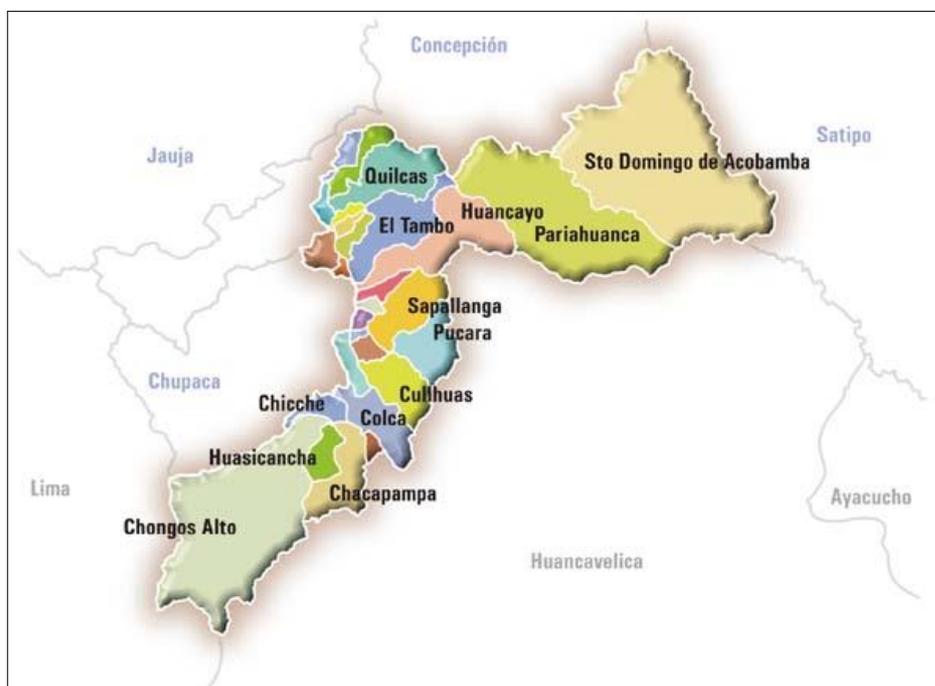
### 4.1. Características del campo experimental

#### 4.1.1. Ubicación

La fase de campo del presente experimento fue conducida en una parcela agrícola propiedad de la Sra. Cecilia Chipana Inga, ubicada en la comunidad campesina de Quilcas. Políticamente, el campo pertenece al distrito de Quilcas, provincia de Huancayo, localizado en el Valle de Mantaro (Región Junín), a una altitud de 3750 m.s.n.m.

El territorio de esta comunidad ocupa una franja angosta de 30 km de longitud con una orientación este – oeste. La parte occidental son planicies bajas que llegan hasta el río Mantaro con una altitud de 3200 m.s.n.m. El límite más alto en el lado este está en los glaciares del nevado Huaytapallana a 4800 m.s.n.m. Quilcas se encuentra entre 11°52'34" y 11°57'40" de latitud sur y los meridianos 75°10'20" y 75°16'20" de longitud oeste (Scurrah, 2001).

**Gráfico N°1. Ubicación geográfica de la Comunidad de Quilcas.**



Fuente: SIGOD, 2008 <sup>4</sup>

<sup>4</sup> Sistema de Información para Gobiernos Descentralizados (www.sigod.sd.pcm.gob.pe)

#### **4.1.2. Historial de campo**

El area en la que se desarrolló el experimento permaneció en descanso durante el año anterior a su instalación y durante 4 años fue sembrado con maíz. Esto no es frecuente en la zona puesto que no suelen darse periodos de descanso. Por lo general la secuencia de cultivos que se maneja es de cuatro campañas de maíz seguidas por una campaña de papa, para luego iniciar nuevamente el ciclo.

#### **4.1.3. Suelo**

La parcela experimental se encuentra ubicada en una ladera de colina. El suelo corresponde a un depósito coluvial antiguo y sus principales características químicas y físicas antes del experimento se muestran en la Tabla No. 3.

Las propiedades físico-químicas del suelo fueron determinadas empleando los métodos seguidos por el Laboratorio de Análisis de Suelos y Plantas de la Universidad Nacional Agraria La Molina (LASPAF – UNALM).

La textura fue determinada de acuerdo al método de Bouyoucos. El contenido de carbonato de calcio fue determinado por el método gaso-volumétrico mediante reacción con HCl. El fósforo disponible fue determinado por colorimetría con el reactivo amino-naftol-sulfónico, del extracto de suelo empleando el extractante de Olsen ( $\text{NaHCO}_3$  0.5M). El potasio disponible fue determinado por espectrofotometría de absorción atómica del extracto obtenido mediante solución extractante de acetato de amonio ( $\text{CH}_3\text{COONH}_4$ ).

La capacidad de intercambio catiónico (CIC) del suelo fue determinada mediante destilación de Kjeldahl del suelo saturado con solución de acetato de amonio ( $\text{CH}_3\text{COONH}_4$  1N), en tanto que los cationes cambiabiles fueron determinados por espectrofotometría de absorción atómica del filtrado anterior.

El suelo es de textura media, de reacción moderadamente ácida y no salino. El contenido de materia orgánica es moderado. Presenta un contenido elevado de fósforo y escaso de potasio disponible. El análisis de las relaciones catiónicas revelan un contenido bajo de calcio, escaso de potasio y elevado de magnesio.

**Tabla Nº 3. Propiedades químicas y físicas del suelo antes del experimento**

Características	Valor	Calificación
Arena (%)	60	
Limo (%)	34	
Arcilla (%)	6	
Clase textural (----)		Franco arenoso
pH (----)	5.57	Moderadamente ácido
C.E. (1:1) (dS/m)	0.35	Muy ligeramente salino
CaCO <sub>3</sub> (%)	0.0	No calcáreo
M.O. (%)	2.4	Moderado
Nitrógeno (ppm)	1200	Moderado
Fósforo disponible (ppm)	17.7	Elevado
Potasio disponible (ppm)	116	Moderado
CIC [cmol <sub>c</sub> /kg]	9.92	Bajo
Ca <sup>2+</sup> [cmol <sub>c</sub> /kg]	7.36	Bajo
Mg <sup>2+</sup> [cmol <sub>c</sub> /kg]	1.76	Elevado
K <sup>+</sup> [cmol <sub>c</sub> /kg]	0.21	Escaso
Na <sup>+</sup> [cmol <sub>c</sub> /kg]	0.09	Normal
H <sup>+</sup> + Al <sup>3+</sup> [cmol <sub>c</sub> /kg]	0.50	Bajo
PSB (%)	95.0	Elevado
PAC (%)	5.0	Bajo

#### 4.1.4. Material vegetal

Para la evaluación de los tratamientos se empleó papa cv. Canchán INIA, como cultivo indicador. Los tubérculos fueron sembrados a 0.4 m sin emplear fuentes de fertilización inorgánica y considerando un distanciamiento de surcos de 1.0 m.

#### 4.2. Fuentes de compost ensayados

La preparación de los compost utilizados fue realizada en dos localidades: la comunidad campesina de Quilcas y el Instituto Regional de Desarrollo de Sierra de la UNALM (IRD) ubicado en San Juan de Yanamucllo - Jauja.

Los insumos utilizados para la elaboración de las pilas de compost preparadas para cada uno de los tratamientos y las características de éstas se describen a continuación:

#### **a. Comunidad de Quilcas**

Las pilas de compost elaboradas en esta zona midieron 1.20 m de ancho por 1.50 m de largo siendo el grosor de cada capa de insumos de 0.20 m. La altura que alcanza la pila en cuestión es de 1 m.

Los insumos utilizados y sus cantidades se muestran en la Tabla N° 4. Se consideró importante ensayar con hojarasca de aliso (*Alnus* sp.) pues es parte de las especies propias de la zona, que pese a su enorme potencial para la regeneración de suelos degradados y su enorme capacidad para fijar nitrógeno atmosférico y establecerse en sitios erosioandos, no cuenta con informacion especializada que reúna los conocimientos y experiencias logrados con esta especie.

El aliso se caracteriza por su rápida descomposicion foliar y su elevada producción de abono verde (mantillo). Esta especie incorpora nitrógeno al suelo a través de la hojarasca, lo que puede llegar a ser alrededor de 50 Kg/ha/año, favoreciendo así el desarrollo de otras especies vegetales. Asimismo, tiene buena regeneración natural en suelos desnudos y los árboles de esta especie rebrotan de forma natural.

#### **b. IRD – Sierra**

Las pilas de compost elaboradas en esta zona midieron 2.00 m de ancho por 5.00 m de largo siendo el grosor de cada capa de insumos de 0.20 m. La altura que alcanza la pila en cuestión es de 1 m. Los insumos utilizados y sus cantidades se muestran en la Tabla N° 5.

La diferencia entre los tipos de compost descritos en las Tablas No. 4 y 5, se encuentra en los insumos empleados para su preparación (tipos de estiércoles, restos de cosecha u hojarasca), el manejo (número de volteos) y las dimensiones. A todas las pilas de compost se les adicionó superfosfato concentrado: 1kg para las pilas de Quilcas (Compost 1 y Compost 2) y 2kg para las elaboradas en el IRD-Sierra (Compost 3, Compost 4 y Compost 5). Asimismo, se aplicó ceniza en todas las pilas con el fin de regular el pH y agua suficiente para mantener la humedad.

**Tabla Nº 4. Insumos empleados en la preparación de los compost de prueba en la comunidad de Quilcas**

	<b>Compost 1</b>	<b>Compost 2</b>
Fecha de preparación	24/07/06	26/07/06
Frecuencia de volteo (días)	21	21
Fecha de cosecha	14/11/06	14/11/06
Insumos (kg)		
Estiércol de ovino	300	---
Estiércol mixto <sup>5</sup>	---	300
Hojasca de aliso	30	---
Paja de avena	---	30
Ceniza	3	3
Superfosfato concentrado	1	1

**Tabla Nº 5. Insumos empleados en la preparación de los compost de prueba en el IRD-Sierra**

<b>Clave</b>	<b>Compost 3</b>	<b>Compost 4</b>	<b>Compost 5</b>
Fecha de preparación	01/08/06	01/08/06	01/08/06
Frecuencia de volteo (días)	15	15	15
Fecha de cosecha	19/11/06	19/11/06	19/11/06
Insumos (kg)			
Estiércol de cuy	500	500	500
Estiércol de vacuno	500	500	500
Rastrojo de trigo	200	---	100
Rastrojo de <i>Vicia</i> sp.	---	200	100
Ceniza	5	5	5
Superfosfato concentrado	2	2	2

<sup>5</sup> Mezcla de estiércol de ovino, vacuno, cerdo, burro y cuy.

### 4.3. Tratamientos a ensayar

La materia orgánica con la que se trabaja se distribuye en 5 tratamientos (T<sub>2</sub>, T<sub>3</sub>, T<sub>4</sub>, T<sub>5</sub> y T<sub>6</sub>), especificados en la Tabla N° 6 y aplicados a una dosis de 2 Kg/m.l. a excepción del Tratamiento 1 (T<sub>1</sub>) que actúa como Testigo.

**Tabla N° 6: Tratamientos aplicados**

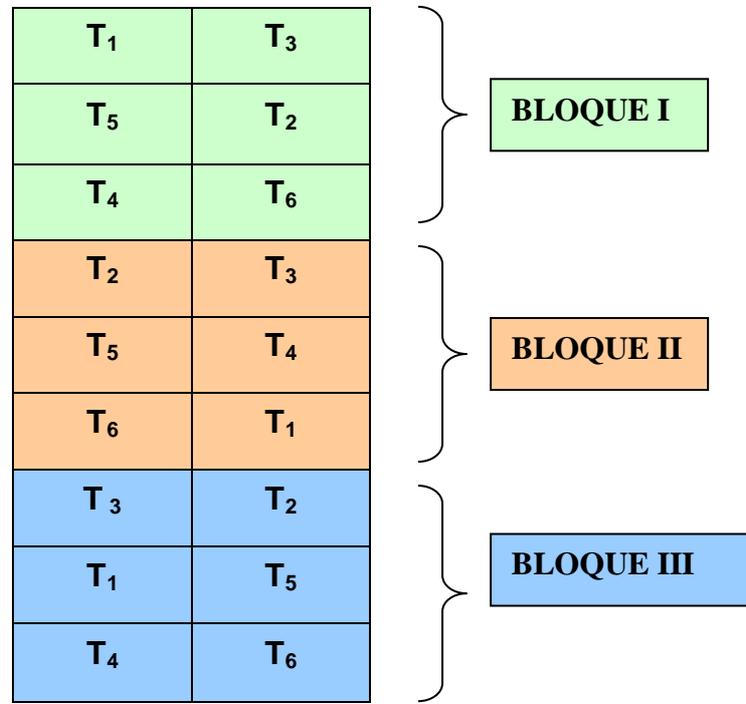
Tratamiento		Descripción
T <sub>1</sub>	Testigo	Testigo, sin materia orgánica
T <sub>2</sub>	Compost 1	Compost de estiércol de ovino con hojarasca de aliso. Volteo: Cada 21 días. Dosis: 2 Kg/m.l.
T <sub>3</sub>	Compost 2	Compost de estiércol mixto con paja de avena, volteo cada de 21 días. Volteo: Cada 21 días Dosis: 2 Kg/m.l.
T <sub>4</sub>	Compost 3	Compost de estiércol de cuy y vacuno con rastrojo de trigo. Volteo: Cada 15 días Dosis: 2 Kg/m.l.
T <sub>5</sub>	Compost 4	Compost de estiércol de cuy y vacuno con rastrojo de <i>Vicia sp.</i> Volteo: Cada 15 días Dosis: 2 Kg/m.l.
T <sub>6</sub>	Compost 5	Compost de estiércol de cuy y vacuno con paja de trigo y rastrojo de <i>Vicia sp.</i> Volteo: Cada 15 días. Dosis: 2 Kg/m.l.

### 4.4. Datos del campo experimental

- Ancho de parcela : 1.0 x 4 = 4.0 m
- Longitud de parcela : 4.0 m.
- Área de parcela : 4.0 x 4.0 = 16.0 m<sup>2</sup>
- Número de surcos por parcela : 4
- Número de parcelas por bloque : 6
- Longitud del bloque : 12.0 m.
- Ancho del bloque : 8.0 m.
- Área del bloque : 12.0 x 8.0= 96.0 m<sup>2</sup>
- Número de bloques (repeticiones) : 3
- Área neta : 96.0 x 3 = 288 m<sup>2</sup>

- Área calles : 0 m<sup>2</sup>
- Área total : 288 m<sup>2</sup>

**Gráfico No 2. Croquis Del Campo Experimental**



#### 4.5. Materiales e insumos

##### 4.5.1. Materiales usados en campo

- Bolsas de plástico
- Balanza de resorte
- Wincha
- Cordel
- Cal o yeso
- Plumones

##### 4.5.2. Materiales usados en el laboratorio

- Estufa
- Balanza analítica
- Potenciómetro
- Conductímetro
- Rack de madera
- Beakers de 50ml
- Probetas de 50ml
- Fiola de 1L

- Bureta de 50ml
- Baguetas
- Soporte universal
- Cilindros de metal
- Bandejas
- Embudos
- Papel filtro
- Agua destilada
- Agua desionizada
- Cloruro de Potasio (KCl) 1N

#### **4.6. Procedimiento**

##### **4.6.1. Preparación del terreno**

La preparación del terreno fue efectuada con una yunta de bueyes dejándose el terreno a punto para la siembra, la cual fue efectuada en surcos con un distanciamiento de 1.0 m. y una distancia de 0.4 m. entre golpes. La densidad de siembra fue estimada en 25 000 plantas/ha, debiéndose colocar 1 tubérculo (160 g) ó 2 tubérculos (80 g) por golpe.

Respecto a las características de la semilla se usaron semillas pequeñas (71 kg) y semillas grandes (79 kg). Tanto la instalación del campo como la siembra fueron ejecutadas el 3 de diciembre del 2006.

#### **4.7. Parámetros en evaluación**

##### **4.7.1. Parámetros biométricos del cultivo**

Estas evaluaciones se realizaron en el área de muestreo de cada unidad experimental a los 35 días antes de la cosecha. El área de muestreo consistió del surco o surcos centrales de cada unidad experimental (descontando los surcos laterales). En el surco central, se descontaron 0.5 m a ambos lados de las parcelas vecinas.

**4.7.1.1. Altura de planta:** en el área de muestreo de plantas, se seleccionaron al azar cinco (05) plantas, las cuales fueron medidas con wincha o cinta métrica, desde la superficie del suelo hasta la máxima longitud del follaje extendido.

**4.7.1.2. Número de tallos por metro:** en el surco central de evaluación, se midió un metro lineal de surco con wincha. Todos los tallos activos y frescos de papa fueron contados y su número, registrado.

**4.7.1.3. Peso fresco de parte aérea:** las plantas de papa fueron cortadas al nivel del suelo, e inmediatamente fueron pesadas en una balanza de precisión para obtener la materia fresca o biomasa por planta. Para ello se tomaron al azar dos plantas de porte promedio.

**4.7.1.4. Peso fresco de hojas y tallos:** las plantas muestreadas fueron separadas en hojas (compuestas incluyendo los pecíolos) y tallos (de las ramas laterales), y estas fracciones fueron pesadas por separado.

**4.7.1.5. Peso seco de parte aérea:** Una vez que las plantas escogidas de cada parcela llegaron al laboratorio rápidamente se procedió a tomar de cada una de ellas, una porción de 250 gramos de su materia fresca. Posteriormente se depositaron en bolsas de papel y fueron secadas a estufa con una temperatura de 70°C, hasta alcanzar peso constante. Luego que se extrajeron de la estufa, se volvió a pesarlas obteniéndose el peso seco por planta y el porcentaje de materia seca de las plantas de papa.

**4.7.1.6. Área foliar:** todos los folíolos de las hojas compuestas fueron separados y pesados en fresco. Cincuenta segmentos cuadrados de 2 cm de lado, fueron cortados de limbos extendidos y pesados en fresco. El área resultante de estos cuadrados fue de 200 cm<sup>2</sup> (2 dm<sup>2</sup>). El área foliar de la planta fue calculada por regla de tres entre el peso fresco de los folíolos y el peso de los segmentos.

#### **4.7.2. Componentes del rendimiento**

**4.7.2.1. Rendimiento total:** todos los tubérculos cosechados dentro del área de muestreo fueron pesados.

**4.7.2.2. Rendimiento comercial:** todos los tubérculos comerciales fueron clasificados de acuerdo a los calibres (primera, segunda) y clasificados de acuerdo a sus categorías.

**4.7.2.3. Rendimiento no comercial:** todos los tubérculos comerciales fueron clasificados de acuerdo a los calibres (tercera, cuarta, quinta, sexta y dañados) y clasificados de acuerdo a sus categorías.

**4.7.2.4. Número de tubérculos por metro cuadrado:** los tubérculos totales y comerciales dentro de cada categoría, fueron contados para estimar el peso promedio por tubérculo.

**4.7.2.5. Peso seco de tubérculos:** una muestra de aproximadamente 250 g de tubérculos fueron pesados en fresco, lavados con agua de caño y agua desionizada para luego ser cortados en tajadas finas y llevados a estufa a 75 °C hasta peso constante. El peso seco de tubérculos fue calculado por regla de tres con el peso seco de la muestra.

### **4.7.3. Análisis químico**

Para el análisis químico de los tejidos vegetales se emplearon las metodologías seguidas por el laboratorio de análisis de suelos y plantas de la Universidad Nacional Agraria La Molina. Las muestras de follaje de papa y de tubérculos luego de su colecta, fueron lavadas con agua corriente y desionizada, para eliminar los residuos que podrían encontrarse adheridos a la superficie de las hojas.

Las hojas fueron luego secadas a estufa a aproximadamente 70 °C hasta peso constante, molidas y empaquetadas para su posterior análisis. Los tubérculos fueron cortados en láminas delgadas, las que fueron secadas al aire por 2 a 3 días, y posteriormente a estufa a 70 °C hasta peso constante, para luego ser molidas y analizadas.

El contenido de carbono en los tejidos de follaje y tubérculo de papa fue determinado mediante digestión vía húmeda en solución de bicromato de potasio y ácido sulfúrico (método de Walkley y Black), y posterior análisis mediante espectrofotómetro de luz visible.

Las muestras fueron atacadas mediante digestión nitro-perclórica; en la solución obtenida se determinaron los contenidos de fósforo mediante colorimetría con el método amino-naftol-sulfónico. El nitrógeno fue determinado por el método de micro-Kjeldahl modificado.

**4.7.3.1. Propiedades del suelo:** luego de la cosecha de tubérculos, se tomaron sub-muestras de suelo de los surcos centrales evaluados, justo debajo de la zona de tubérculos extraídos. Muestras compuestas de aproximadamente 200 g. fueron llevadas al laboratorio y en ellas se realizaron diferentes análisis para determinar las propiedades físico-químicas del suelo:

a. **pH del suelo:** parte de las muestras de suelo fueron secadas al aire por 48 horas, molidas y tamizadas en una malla de 2 mm de diámetro para obtener la TFSA. El pH del suelo fue determinado en una suspensión de suelo y agua destilada en proporción 1:1 (20 g de suelo y 20 cc de agua destilada) empleando el potenciómetro ORION pH meter modelo 420A.

b. **Conductividad eléctrica del suelo (CE):** las suspensiones anteriores fueron filtradas y la conductividad eléctrica (dS/m) en relación 1:1 fue medida en los extractos obtenidos haciendo uso del conductímetro YSI<sup>6</sup> modelo 32 con aproximación al centésimo. Un factor de conversión, obtenido dividiendo 100 cm<sup>3</sup> entre el volumen exacto de agua destilada necesario para preparar una pasta saturada con una muestra de 100 g de suelo, fue multiplicado por las lecturas de conductividad eléctrica en el extracto 1:1 anterior, para obtener la conductividad eléctrica en el extracto de saturación del suelo.

c. **Contenido de carbono orgánico del suelo:** muestras separadas de TFSA, fueron llevadas al laboratorio de análisis de suelos, plantas, aguas y fertilizantes del Departamento de Suelos UNALM y analizadas en su contenido de materia orgánica por el método de digestión húmeda (Walkey y Black). Los extractos obtenidos de la digestión fueron posteriormente analizados por fotometría.

#### 4.8. Diseño experimental

Un Diseño en Bloques Completamente al Azar (DBCA) con cinco tratamientos (5 fuentes de materia orgánica) más un tratamiento adicional (testigo sin M.O.) con 3 repeticiones fue aplicado en el presente trabajo experimental, de acuerdo al modelo aditivo lineal:

$$Y_{(ij)} = \mu + \beta_j + T_i + \Sigma_{ij}$$

Donde:

i = 1, 2, 3.....t (tratamientos)

j = 1, 2, 3.....r (bloques)

$Y_{(ij)}$  = Resultados del i\_ésimo tratamiento del j\_ésimo bloque

---

<sup>6</sup> Yellow Springs Instrument Co. Inc.

$\mu$  = efecto de la media general

$\beta_j$  = Efecto del j\_ésimo bloque

$T_i$  = Efecto del i\_ésimo tratamiento

$\Sigma_{ij}$  = Efecto del error experimental

Fuentes de variación	Grados de Libertad (G.L.)
Bloques (R)	2
Tratamientos (T)	5
Error	10
Total	17

#### 4.9. Tratamiento estadístico

Los datos de 14 de los parámetros obtenidos en los diferentes tratamientos fueron analizados con el ANVA y comparados mediante la Prueba de Comparaciones de medias de Duncan con un nivel de significación de 0.05, empleándose el paquete estadístico SAS versión 9.1.

## 5. RESULTADOS Y DISCUSION

### 5.1 Parámetros biométricos

Los resultados obtenidos en el presente experimento para los parámetros biométricos evaluados en el cultivo de papa cv. Canchán se resumen en el Anexo N°1.

#### 5.1.1 Altura de planta

Se encontraron diferencias altamente significativas entre los tratamientos aplicados (con  $\alpha = 0.05$ ) para la altura de planta en el cultivo de papa cv. Canchán (Anexo N°5). La tabla de promedios de los tratamientos (Anexo N°1) indicó, que los tratamientos con mayor altura de planta fueron: Compost 4 (compost de estiércol de cuy y vacuno con rastrojo de *Vicia sp.*) y Compost 2 (compost de estiércol mixto con paja de avena) con 52.13 y 50.13 cm, respectivamente.

La prueba de comparaciones de Duncan muestra diferencias significativas entre el testigo y los Compost 4 y 2 mas no con el resto de los tratamientos (Anexo N°6). De acuerdo a los análisis realizados, el Compost 4 tiene un mayor aporte de materia orgánica así como de nitrógeno, fósforo y potasio, destacando por sobre los demás tratamientos (Gráfico N°3). El efecto fertilizante del compost, depende de varios nutrientes siendo los más importantes los macronutrientes (NPK) bajo la forma de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y K<sub>2</sub>O. Estos deben encontrarse en niveles tales que al sumar sus porcentajes deben dar un valor mayor o igual a 6 (Añaños, 2001). Al sumar los porcentajes de macronutrientes de los composts ensayados, se observa que los Compost 1 y 2 (elaborados en la comunidad y no en la estación experimental) muestran los valores más bajos, lo que sustenta en general su menor aporte nutricional y efecto en el cultivo.

En base a los análisis de insumos empleados para el compost, la paja de avena posee una relación C/N más alta que la del rastrojo de *Vicia sp.*, por la que ésta última tuvo una mejor descomposición. La cantidad de estiércol utilizada también es determinante en la relación C/N siendo esta mayor en el Compost 2 que en el Compost 4.

Las aplicaciones de compost y estiércol incrementan la densidad de la longitud radicular en el cultivo de papa, lo cual puede mejorar la toma de agua y de nutrientes (Stark, 2005) y en consecuencia el desarrollo vegetativo del cultivo.

Es posible que el efecto real de los tratamientos ensayados sobre la altura de planta se haya visto influenciado por la helada acontecida poco más de dos meses después de la siembra, afectando el desarrollo del follaje y por consiguiente el de los tubérculos. Las características del crecimiento y desarrollo de las plantas de papa son complejas y de múltiple interdependencia con su medio ambiente (Egúsquiza, 2000).

### **5.1.2. Número de tallos por metro**

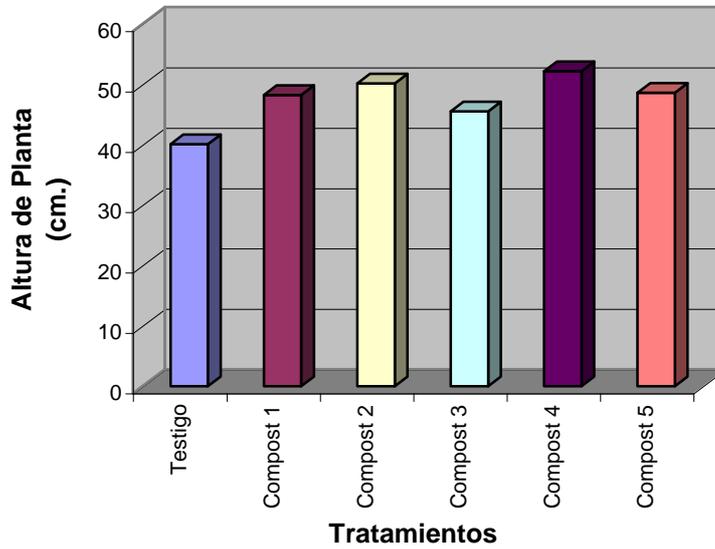
El análisis de variancia muestra que no existen diferencias significativas entre los tratamientos (con  $\alpha = 0.05$ ) ni entre los bloques para el parámetro indicado (Anexo N°7). Lo que si puede señalarse a partir del Gráfico N°4 es que existe una tendencia a generar un mayor número de tallos por metro por los tratamientos: Compost 2 (estiércol mixto con paja de avena), Compost 1 (estiércol de ovino con hojarasca de aliso) y Compost 5 (estiércol de cuy y vacuno con rastrojo de trigo y *Vicia sp.*).

Esto puede deberse al aporte de materia orgánica así como de nitrógeno, fósforo y potasio, destacando por sobre los demás tratamientos los Composts 1 y 5. El número de tallos por metro obtenido para estos tratamientos (con valores cercanos a 21) no permite tener una noción general del rendimiento que se obtendrá. Considerando otros ensayos realizados, existe variación en el número de tubérculos obtenidos bajo densidades similares de tallos, y por ello no es posible predecir el rendimiento del cultivo (Allen, 1992). En general, a mayor número de tallos por metro se tendrá una mayor cantidad de tubérculos chicos y una menor de grandes (Egúsquiza, 2000).

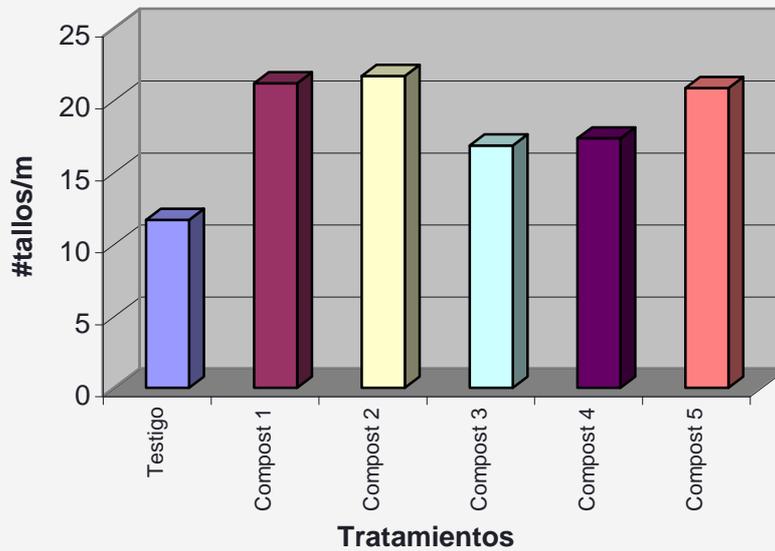
El crecimiento vegetativo es un importante factor que determina la producción final de la planta. En muchos cultivos anuales el crecimiento vegetativo se detiene o disminuye al inicio de la actividad reproductiva (floración o tuberización). El crecimiento vegetativo en la papa se hace más lento luego de que se inició el desarrollo de las estructuras reproductivas (tubérculos o flores) (Asghar, 2003).

Cabe señalar que el momento en el que se realiza el conteo de tallos es también importante en la evaluación de este parámetro pues se sabe que los tallos mueren y pueden desaparecer como resultado de la competencia antes de la cosecha del cultivo (Bleasdale, 1965; Wurr, 1971 citado por Allen, 1992). En este ensayo, la determinación del número de tallos por metro fue realizada 35 días antes de la cosecha, días después de que se

**Gráfico N° 3. Efecto de la aplicación de cinco fuentes de materia orgánica en la Altura de Planta de papa cv. Canchán**



**Gráfico N° 4. Efecto de la aplicación de cinco fuentes de materia orgánica en el Número de tallos por metro de plantas de papa cv. Canchán**



produjera una helada en la zona, lo que de alguna manera pudo afectar la exactitud del conteo al encontrarse unas plantas más afectadas que otras por este fenómeno climático.

## **5.2. Componentes del rendimiento**

Los resultados obtenidos para los componentes del rendimiento evaluados en el cultivo de papa cv. Canchán se resumen en los anexos N°2 y 3.

### **5.2.1. Número total de tubérculos comerciales por m<sup>2</sup>**

Según el análisis de variancia no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos aplicados (con  $\alpha = 0.05$ ) para este parámetro. Sin embargo existen diferencias altamente significativas entre los bloques (Anexo N°8). La tabla presentada en el Anexo N°2 muestra que los Bloques II y III presentan un mayor número de tubérculos comerciales por m<sup>2</sup> a diferencia del Bloque I debido tal vez a diferencias en la pendiente del terreno que podrían haber afectado la distribución uniforme de los nutrientes y una mayor incidencia de la helada ocurrida a los 76 días después de la siembra. Asimismo, como se observa en el Gráfico N°5, existe una tendencia a que los Composts 4 (estiércol de cuy y vacuno con rastrojo de *Vicia sp.*) y 2 (estiércol mixto con paja de avena) presenten un mayor número de tubérculos comerciales con respecto a los demás a pesar del escaso aporte nutricional del segundo.

En este parámetro evaluado, el impacto de la helada fue determinante para el desarrollo de los tubérculos. Para una mejor producción de los tubérculos, la temperatura del día no debe ser mayor de 25-28°C, siendo las temperaturas óptimas entre 15-18°C. Las temperaturas por debajo de 5°C no son convenientes (Egúsquiza, 2000). En la Tabla N°7 y Gráfico N°13, se observa que la temperatura promedio tiene valores entre 11°C y 13°C durante el desarrollo del cultivo, pero se observa que las temperaturas mínimas dentro de este periodo son menores de 4°C. Esto pudo contribuir a reducir el efecto de los composts sobre los tratamientos, alterando el desarrollo y calidad de los tubérculos.

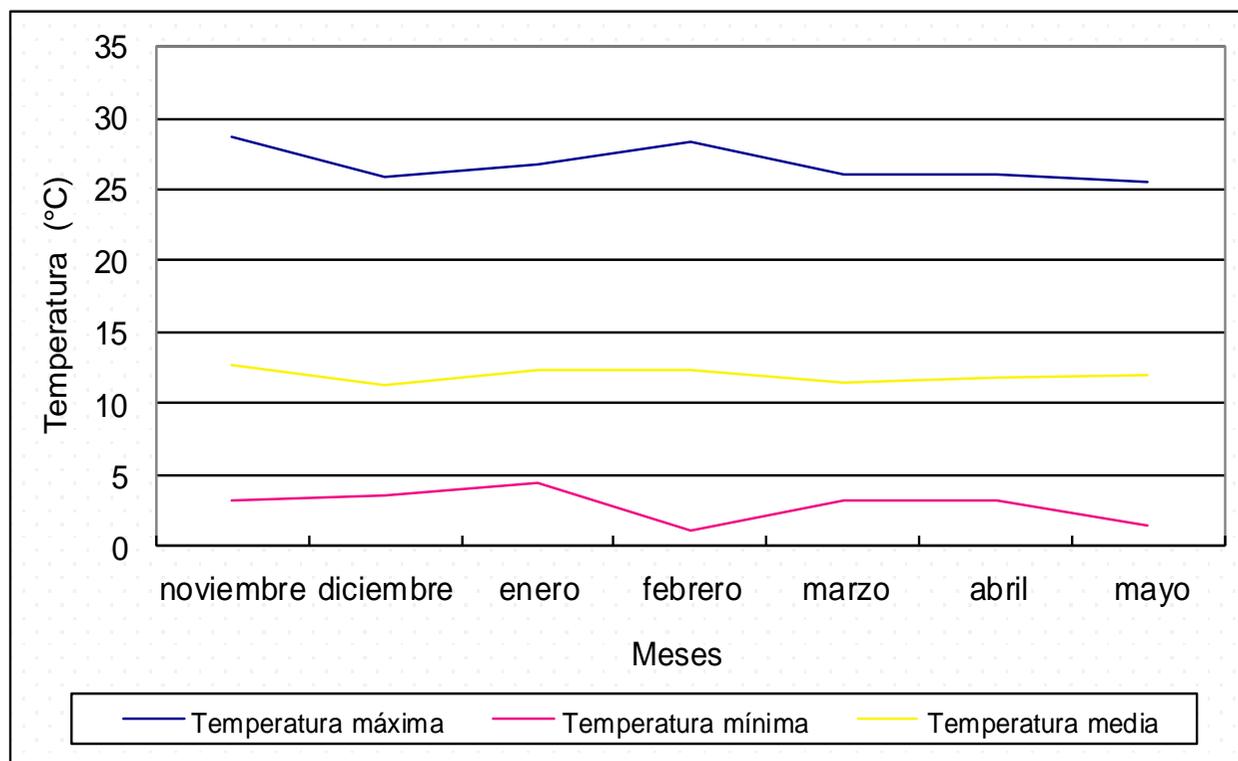
### **5.2.2. Número total de tubérculos no comerciales por m<sup>2</sup>**

Según el análisis de variancia no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos aplicados (con  $\alpha = 0.05$ ) para este parámetro ni entre los bloques (Anexo N°9). Sin embargo existe una tendencia a producir mayor cantidad de tubérculos no comerciales por parte

**Tabla Nº 7: Temperatura máxima, mínima y promedio durante el periodo 2006-2007 del cultivo de papa Canchán en la comunidad de Quilcas - Huancayo**

<b>Temperatura (°C)</b>	<b>Noviembre</b>	<b>Diciembre</b>	<b>Enero</b>	<b>Febrero</b>	<b>Marzo</b>	<b>Abril</b>	<b>Mayo</b>
Temperatura máxima	28.70	25.80	26.80	28.30	26.00	26.00	25.60
Temperatura mínima	3.20	3.50	4.50	1.00	3.20	3.20	1.40
Temperatura promedio	12.74	11.27	12.39	12.32	11.37	11.75	11.94

**Gráfico N° 13. Valores mínimos, máximos y medios de temperatura durante el periodo 2006-2007 del cultivo de papa Canchán en la comunidad de Quilcas - Huancayo**



de los composts preparados en la comunidad: Compost 1 (estiércol de ovino con hojarasca de aliso) y Compost 2 (estiércol mixto con paja de avena) como se observa en el Gráfico N°6. Es posible que esto se deba a su menor aporte de materia orgánica en comparación con los otros 3 tratamientos, así como también a un menor aporte nutricional especialmente en el caso del Compost 2. La escasa nutrición que pudieron haber recibido las plantas así como la ocurrencia de una helada durante el desarrollo vegetativo e inicio de la tuberización, desencadenó la proliferación de tubérculos escasamente desarrollados y susceptibles a plagas y enfermedades.

### **5.2.3. Número total de tubérculos por m<sup>2</sup>**

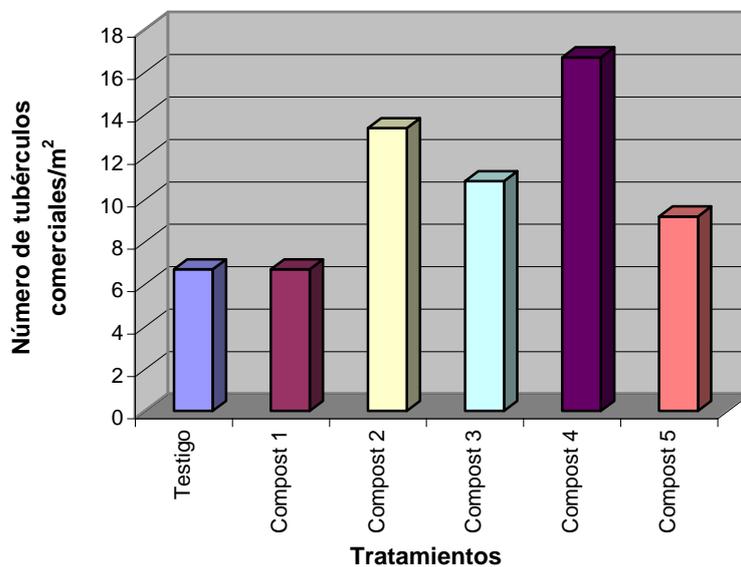
Según el análisis de variancia no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos aplicados (con  $\alpha = 0.05$ ) para este parámetro. Sin embargo existen diferencias significativas entre los bloques (Anexo N°10). La tabla presentada en el Anexo N°2 muestra que el Bloque II presenta un mayor número total de tubérculos por m<sup>2</sup> que los Bloques I y III debido tal vez a diferencias en la pendiente del terreno que podrían haber afectado la distribución de los nutrientes. De acuerdo a lo que se observa en el Gráfico N°7, existe una tendencia a que la mayor cantidad total de tubérculos por m<sup>2</sup> sea generada por el Compost 2 (estiércol mixto con paja de avena) a pesar de su escaso aporte nutricional en comparación con los otros 4 tratamientos.

### **5.2.4. Rendimiento comercial (g/m<sup>2</sup>)**

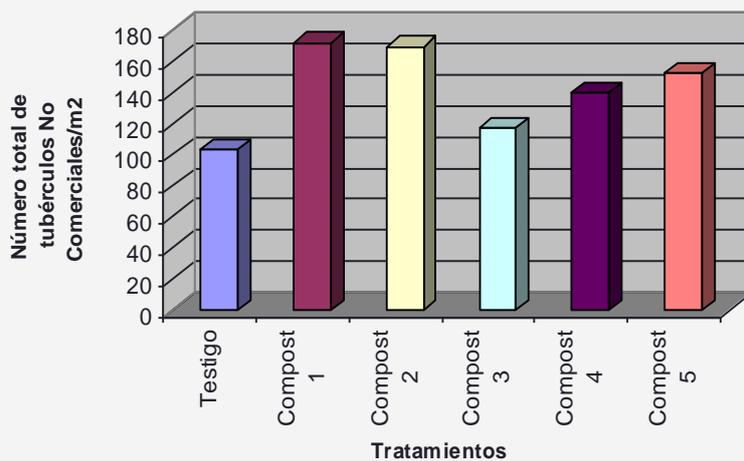
No se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos aplicados (con  $\alpha = 0.05$ ) para el rendimiento comercial (g/m<sup>2</sup>) del cultivo de papa cv. Canchán (Anexo N°11). Sin embargo existen diferencias significativas entre los bloques (Anexo N°3). Los bloques que presentan mayor rendimiento comercial (g/m<sup>2</sup>) son II y III, mientras que el bloque I presenta un menor peso de tubérculos comerciales por m<sup>2</sup>. Con respecto a los tratamientos, los composts 4 (estiércol de cuy y vacuno con rastrojo de *Vicia sp.*) y 2 (estiércol mixto con paja de avena) tienen una tendencia notable a generar un mayor rendimiento comercial en comparación con los demás como se aprecia en el Gráfico N°8.

Considerando el porcentaje de tubérculos generados por categoría para estos tratamientos, el Compost 2 generó un mayor cantidad de tubérculos de tercera (Gráfico N°11), mientras que el Compost 4 generó una

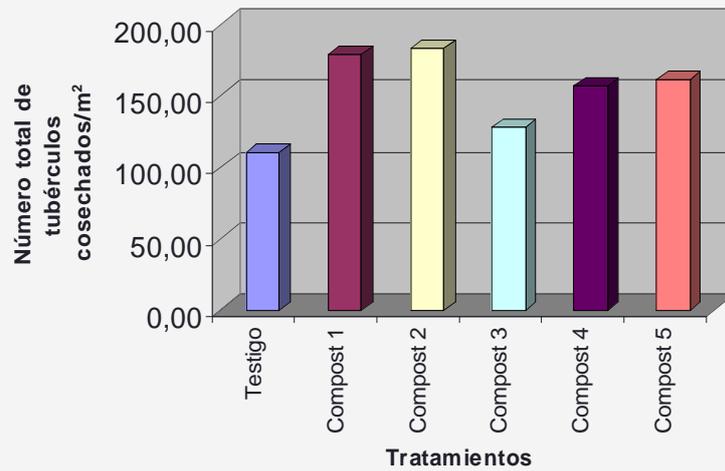
**Gráfico N° 5. Efecto de la aplicación de cinco fuentes de materia orgánica en el Número de Tubérculos Comerciales de plantas de papa cv. Canchán**



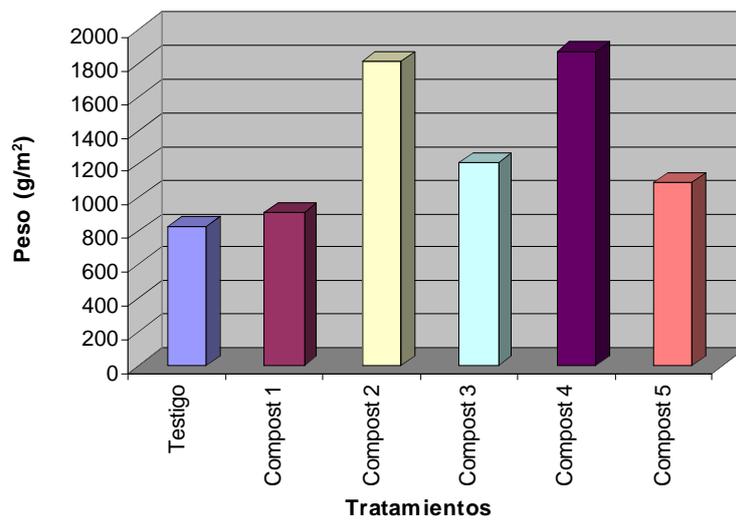
**Gráfico N° 6. Efecto de la aplicación de cinco fuentes de materia orgánica sobre el número total de tubérculos No Comerciales cosechados de plantas de papa cv. Canchán**



**Fig. N°7. Efecto de la aplicación de cinco fuentes de materia orgánica sobre el Número Total de tubérculos Cosechados de plantas de papa cv. Cancán**



**Gráfico N°8. Efecto de la aplicación de cinco fuentes de materia orgánica en el Rendimiento Comercial de plantas de papa cv. Cancán**



cantidad de tubérculos de segunda que destaca sobre las demás (Gráfico N°12). Nuevamente esto pone en evidencia el aporte nutricional de cada tratamiento, destacando siempre el Compost 4. El rendimiento de los tubérculos depende de lo que la planta produce cada día y del número de días que es capaz de producir. La producción diaria de cada planta depende de que esta sea sana y productiva (Egúsqüiza, 2000).

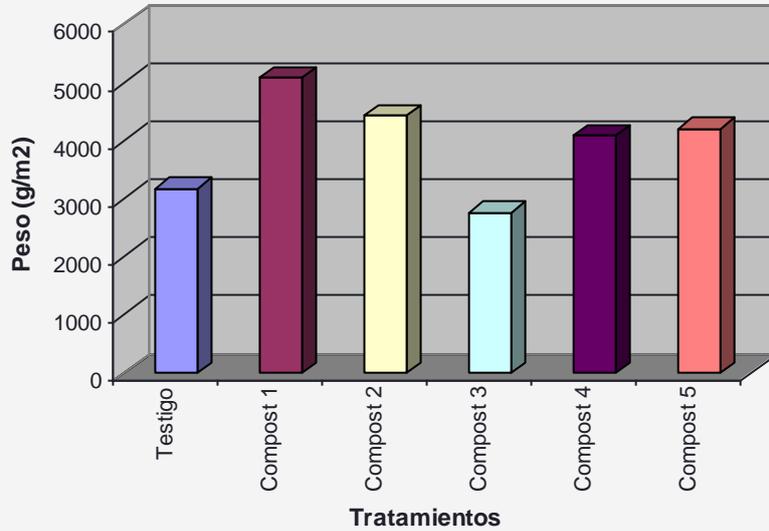
#### **5.2.5. Rendimiento no comercial (g/m<sup>2</sup>)**

No se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos aplicados (con  $\alpha = 0.05$ ) ni entre los bloques para el rendimiento comercial (g/m<sup>2</sup>) del cultivo de papa cv. Canchán (Anexo N°12). Con respecto a los tratamientos, los Compost 1 (estiércol de ovino con hojarasca de aliso) y 2 (estiércol mixto con paja de avena) muestran una tendencia a producir un mayor rendimiento no comercial por m<sup>2</sup> en comparación con los demás tratamientos, como se observa en el Gráfico N°9. Es posible que esto se deba a un menor aporte de materia orgánica en comparación a los otros 3 tratamientos, así como también de un menor aporte nutricional especialmente en el caso del Compost 2. La escasa nutrición que pudieron haber recibido las plantas así como la ocurrencia de una helada durante el desarrollo vegetativo y el inicio de la tuberización, desencadenó la proliferación de tubérculos escasamente desarrollados y susceptibles a plagas y enfermedades.

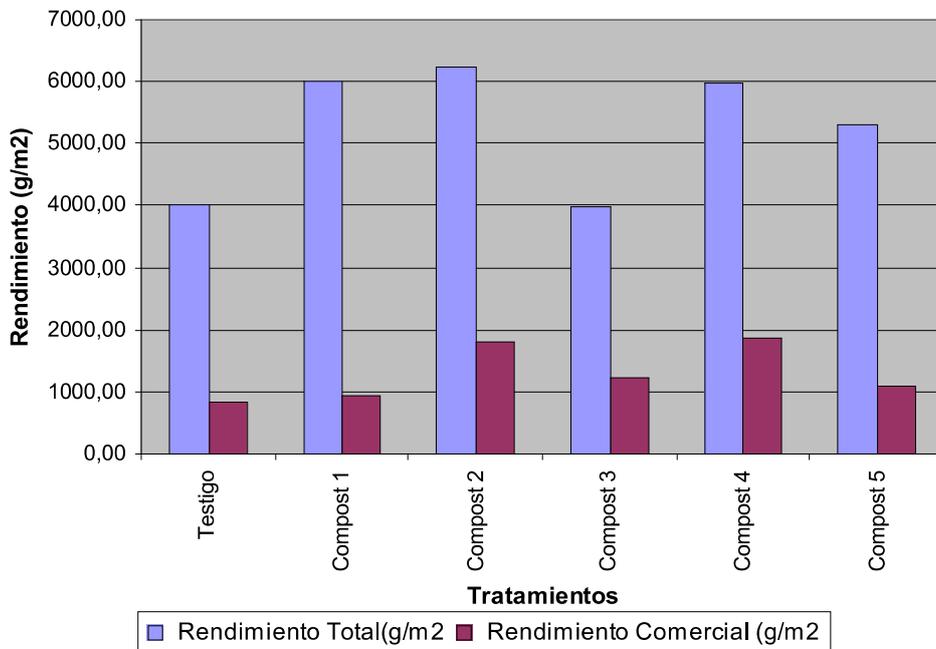
#### **5.2.6. Rendimiento total (g/m<sup>2</sup>)**

No se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos aplicados (con  $\alpha = 0.05$ ) ni entre los bloques para el rendimiento total (g/m<sup>2</sup>) del cultivo de papa cv. Canchán (Anexo N°13). Con respecto a los tratamientos, como se observa en el Gráfico N°10, el Compost 2 (estiércol mixto con paja de avena) tiene una tendencia a producir un mayor rendimiento total por m<sup>2</sup> pero un menor rendimiento comercial en comparación con el Compost 4 (estiércol de cuy y vacuno con rastrojo de *Vicia sp.*) el cual, como ya se ha mencionado anteriormente aporta una mayor cantidad de nutrientes en comparación con los demás tratamientos. El rendimiento es determinado por el número y tamaño de los tubérculos (Peña, 2000).

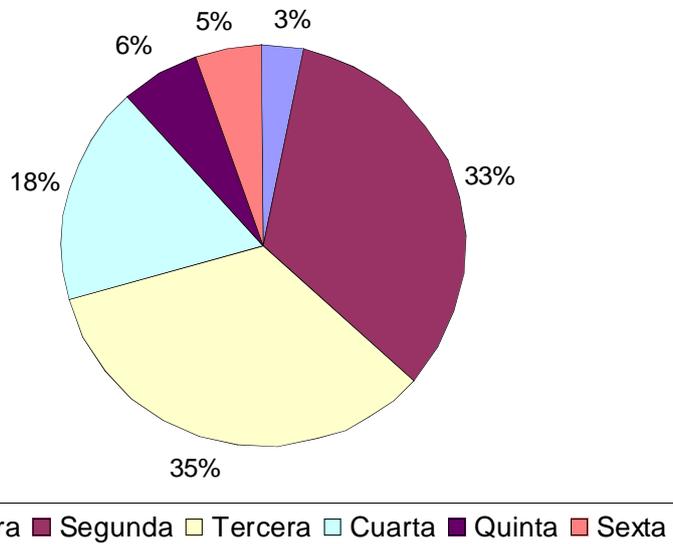
**Gráfico Nº 9. Efecto de la aplicación de cinco fuentes de materia orgánica sobre el Rendimiento No Comercial de plantas de papa cv. Cancán**



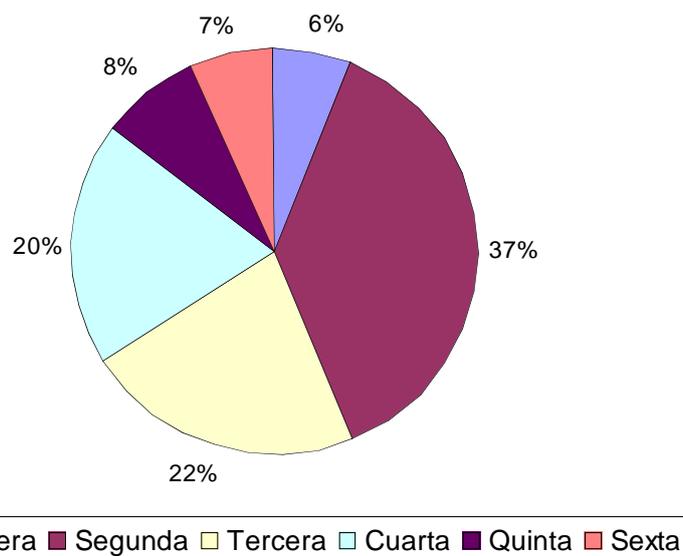
**Gráfico Nº 10. Efecto de la aplicación de cinco fuentes de materia orgánica en la Parte del Rendimiento Total que es Comercial**



**Gráfico N° 11. Efecto del Compost 2 en el porcentaje de tubérculos de papa cv. Cancán comestibles por categoría.**



**Gráfico N° 12. Efecto del Compost 4 en el porcentaje de tubérculos de papa cv. Cancán comestibles por categoría.**



### **5.2.7. Porcentaje de materia seca de tubérculos**

No se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos aplicados (con  $\alpha = 0.05$ ) ni entre los bloques para el porcentaje de materia seca de los tubérculos del cultivo de papa cv. Canchán (Anexo N°14). Con respecto a los tratamientos, de acuerdo a lo que se observa en el Anexo N°3 los Composts 2 (estiércol mixto con paja de avena), 4 (estiércol de cuy y vacuno con rastrojo de *Vicia sp.*) y 1 (estiércol de ovino con hojarasca de aliso) muestran una tendencia a generar un mayor porcentaje de materia seca en comparación con el testigo y los demás tratamientos. De estos tres, el Compost 2 muestra el mayor valor en cuanto a porcentaje de materia seca se refiere. Un alto contenido de materia seca indica una mejor calidad del producto cosechado aunque también es importante señalar que la planta de papa concentra más materia seca en los tubérculos cuando existen deficiencia de nutrimentos y por lo tanto menor eficiencia en la acumulación de agua (Romero-Lima, 2000).

## **5.3. Análisis químico**

Los resultados obtenidos para el análisis químico realizado en el cultivo de papa cv. Canchán se resumen en el Anexo N°4.

### **5.3.1. Nitrógeno extraído (g/m<sup>2</sup>) por el follaje**

De acuerdo a lo que se observa en la Tabla N°8, existe una tendencia de los Composts 2 (estiércol mixto con paja de avena) y 4 (estiércol de cuy y vacuno con rastrojo de *Vicia sp.*) a favorecer una mayor extracción de nitrógeno por parte del follaje. Considerando la ocurrencia de una helada durante el periodo de traslocación de nutrientes y desarrollo de la planta es probable que los datos obtenidos se hayan visto afectados y exista cierta desuniformidad en los mismos. El hecho de que la liberación de nitrógeno de fuentes orgánicas esté íntimamente relacionada con ciclos complejos y microbianos en diferentes ecosistemas de cultivo hace que la predicción cuantitativa de la disponibilidad de nitrógeno sea más difícil que aquella hecha a partir de fertilizantes químicos nitrogenados (Stark, 2005).

### **5.3.2. Nitrógeno extraído (g/m<sup>2</sup>) por los tubérculos**

De acuerdo al análisis de variancia (Anexo N°15), existen diferencias altamente significativas entre los tratamientos y entre los bloques. La prueba de comparaciones de Duncan (Anexo N°16) muestra que el Compost 2 (estiércol mixto con paja de avena) tiene diferencias significativas con los

**Tabla Nº 8: Capacidad extractiva de N y fijación de carbono promedio por el cultivo de papa Canchán en Quilcas - Huancayo**

Tratamiento	Características	FOLLAJE	TUBERCULOS	TOTAL	FOLLAJE	TUBERCULOS	TOTAL
		N extraído (g.m-2)	N extraído (g.m-2)	N total (g.m-2)	C asimilado (g.m-2)	C asimilado (g.m-2)	C total (g.m-2)
Testigo	Sin Materia Orgánica	5.23	1.04	6.27	46.44	52.84	99.28
Compost 1	Estiércol de ovino con hojarasca de aliso	4.95	1.18	6.14	42.60	62.31	104.91
Compost 2	Estiércol mixto con paja de avena	6.64	1.02	7.66	62.32	71.45	133.77
Compost 3	Estiércol de cuy y vacuno con rastrojo de trigo	6.59	0.66	7.25	56.19	52.40	108.59
Compost 4	Estiércol de cuy y vacuno con rastrojo de <i>Vicia sp.</i>	7.14	0.36	7.50	66.00	22.30	88.30
Compost 5	Estiércol de cuy y vacuno con rastrojo de trigo y de <i>Vicia sp.</i>	4.70	0.30	5.00	42.04	19.00	61.04

Composts 3 (estiércol de cuy y vacuno con rastrojo de trigo), 4 (estiércol de cuy y vacuno con rastrojo de *Vicia sp.*) y 5 (estiércol de cuy y vacuno con rastrojo de trigo y de *Vicia sp.*), mas no con el Compost 1 (estiércol de ovino con hojarasca de aliso) y el Testigo.

La habilidad de los materiales orgánicos para proveer nitrógeno e incrementar el nivel de materia orgánica en el suelo así como su efecto en la fertilidad del suelo difiere considerablemente de acuerdo a su origen (Shiga, 1997).

### **5.3.3. Carbono asimilado por el follaje (g/m<sup>2</sup>)**

El análisis de variancia (Anexo N°17) muestra que no existen diferencias significativas para este parámetro ni entre bloques ni entre tratamientos. Sin embargo existe una tendencia por parte de los Composts 2 (estiércol mixto con paja de avena) y 4 (estiércol de cuy y vacuno con rastrojo de *Vicia sp.*) a generar una mayor asimilación de carbono en el follaje como se observa en la Tabla N°8.

### **5.3.4. Carbono asimilado por los tubérculos (g/m<sup>2</sup>)**

El análisis de variancia (Anexo N°18) muestra que existen diferencias significativas entre tratamientos mas no entre bloques. La prueba de comparaciones de Duncan (Anexo N°19) muestra que el Compost 2 (estiércol mixto con paja de avena) presenta diferencias significativas con los Composts 4 (estiércol de cuy y vacuno con rastrojo de *Vicia sp.*) y 5 (estiércol de cuy y vacuno con rastrojo de trigo y de *Vicia sp.*). La mayor cantidad de carbono asimilado por los tubérculos se dio con el Compost 2 mientras que las menores cantidades de carbono asimilado se presentaron en los Composts 4 y 5.

### **5.3.5. Carbono orgánico total**

El análisis de variancia (Anexo N°20) muestra que existen diferencias significativas entre tratamientos mas no entre bloques para este parámetro. La prueba de comparaciones de Duncan (Anexo N°21) muestra que el Compost 3 (estiércol de cuy y vacuno con rastrojo de trigo) presenta diferencias significativas con los Composts 1 (estiércol de ovino con hojarasca de aliso), 5 (estiércol de cuy y vacuno con rastrojo de trigo y de *Vicia sp.*) y el tratamiento testigo. La mayor cantidad de carbono orgánico final se dio con los Composts 3, 4 (estiércol de cuy y vacuno con rastrojo de

*Vicia sp.*) y 2 (estiércol mixto con paja de avena) mientras que las menores cantidades se presentaron en los Composts 1, 5 y el tratamiento testigo.

#### **5.4. Características Físico – Químicas del suelo**

Los resultados obtenidos en relación a las características físico-químicas del suelo realizado en el cultivo de papa cv. Canchán se resumen en el Anexo N°4.

##### **5.4.1. pH del suelo**

Se encontraron diferencias altamente significativas entre los tratamientos y el testigo (con  $\alpha = 0.05$ ) para este parámetro (Anexo N°22). De acuerdo a la Prueba de Comparaciones de Duncan (Anexo N°23) todos los tratamientos muestran diferencias significativas con el testigo. La aplicación del Compost 4 (estiércol de cuy y vacuno con rastrojo de trigo y de *Vicia sp.*) genera un mayor aumento de pH en comparación con los demás tratamientos.

El pH inicial del suelo fue de 5.57, lo que se considera moderadamente ácido. Los tratamientos aplicados elevaron este valor hasta 7.16 (pH neutro). Algunos autores han notado incrementos de pH tras la aplicación de los residuos orgánicos (Buchaman & Gliessman, 1991; Genevini et al., 1991). Este incremento del pH puede atribuirse a que como parte de la composición de los composts evaluados se empleó ceniza. La ceniza tiene efecto neutralizante, reduciendo la acidez del suelo.

Los mecanismos que regulan el pH son múltiples. En general, los procesos de mineralización de la materia orgánica implican una disminución del pH la solución del suelo por liberación de CO<sub>2</sub> (Díaz-Marcote, 1994).

##### **5.4.2. Conductividad eléctrica del suelo (CE)**

No se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos aplicados (con  $\alpha = 0.05$ ) ni entre los bloques para este parámetro (Anexo N°24). Con respecto a los tratamientos, existe una tendencia muy ligera a aumentar la conductividad eléctrica en los Composts 3 (estiércol de cuy y vacuno con rastrojo de trigo) y 5 (estiércol de cuy y vacuno con rastrojo de trigo y de *Vicia sp.*). Este ligero incremento podría atribuirse a la presencia de sales en los tratamientos ensayados, aunque como se indica no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos.

El incremento de la conductividad eléctrica y por tanto del riesgo de salinidad en el suelo tras la aplicación de dosis altas de residuos orgánicos

tanto de origen animal como de origen vegetal (Genevini et al., 1991; Bernal et al., 1992) podría explicar el ligero incremento observado.

## 6. CONCLUSIONES

- Diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos fueron encontradas para los parámetros: altura de planta, nitrógeno extraído por los tubérculos ( $\text{g/m}^2$ ), carbono asimilado por los tubérculos ( $\text{g/m}^2$ ), carbono orgánico total y pH del suelo.
- Estadísticamente se determinó que se encontraron diferencias significativas entre los tres bloques para los parámetros: rendimiento comercial, número total de tubérculos por  $\text{m}^2$  y número total de tubérculos comerciales por  $\text{m}^2$ .
- La mayor extracción de nitrógeno total, nitrógeno del follaje y de los tubérculos se presentó para los tratamientos: Compost 2 y Compost 4. Por otra parte, la mayor extracción de nitrógeno por parte de los tubérculos se dio con el tratamiento Compost 1.
- La aplicación de materia orgánica incrementó el pH del suelo y generó un muy ligero aumento en la conductividad eléctrica.

## **7. RECOMENDACIONES**

- Realizar un mayor número de ensayos considerando el mismo campo experimental con el fin de evaluar el efecto de estos diferentes tratamientos a largo plazo y bajo diversas condiciones externas que influyan en el desarrollo del cultivo.
- Es necesario mejorar el conocimiento del agricultor sobre la preparación y manejo de abonos preparados con insumos locales para evitar su dependencia de insumos externos, en especial en comunidades altoandinas como Quilcas.
- Continuar con la ejecución de proyectos como éste en campo, ya que permiten observar el efecto de diversas variables externas en las diferentes etapas del desarrollo del cultivo acercándonos a la realidad que vive el agricultor.

## 8. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. AGUIRRE, G. 1999. Evaluación de fuentes de fósforo en el rendimiento del cultivo de papa, con énfasis en roca fosfatada y fuentes orgánicas. *Anales Científicos UNALM* Vol. XXXIX. p. 223 – 232.
2. ALEGRE, J. 1977. Efecto de las enmiendas orgánicas sobre la agregación y estabilidad de los agregados, porosidad, humedad equivalente y CIC en un suelo de Costa. Tesis Ing. Agr. UNALM. Lima, Perú. 74pp.
3. ALFORD, A.R., F.A. Drummond, E.R. Gallandt, E. Groden, D.A. Lambert, M. Liebman, M.C. Marra, J.C. McBurnie, G.A. Porter and B. Salas. 1996. The ecology, economics, and management of potato cropping systems: A report of the first four years of the Maine potato ecosystem project. *Maine Agric. Exp. Stn. Bulletin* 843. **En:** STARK, J.C. and G.A. Porter. 2005. Potato nutrient management in sustainable cropping systems. *American Journal of Potato Research* (2005) 82: 329 – 338.
4. ALLEN, E.J and D.C.E. Wurr. 1992. p. 202 – 333. **En:** P.M. Harris (ed.) *The potato crop: The scientific basis for improvement*. Second edition. Chapman & Hall. London – United Kingdom. 909 p.
5. ALVAREZ, C. E., M Amin, E. Hernández and C. J González. 2006. Effect of compost, farmyard manure and/or chemical fertilizers on potato yield and tuber nutrient content. *Biological Agriculture and Horticulture*, 2006, Vol. 23, pp. 273 – 286.
6. ANGERS, D.A. and G.R. Mehuys. 1989. Effects of cropping on carbohydrate content and water stable aggregation on a clay soil. *Can. J. Soil Sci.* 69: 373 – 380. **En:** GRANDY, A.S.; G.A. Porter and M.S. Erich. 2002. Organic amendment and rotation crop effects on the recovery of soil organic matter and aggregation in potato cropping systems. *Soil Science Society of America Journal* 66: 1311 – 1319 (2002).

7. AÑAÑOS, V. R. 2001. Elaboración de criterios técnicos de calidad para la producción de compost. Tesis Ing. Agr. UNALM. Lima, Perú. 74p.
8. ASGHAR, A.; R. Abdur and A. H. Syed. 2003. Yield and nutrients profile on potato tubers at various stages of development. *Asian Journal of Plant Sciences* 2 (2) : 247 – 250, 2003.
9. AUGSTBURGER, F. 1985. Abonos orgánicos en el cultivo de papa en la zona andina de Bolivia. Universidad Mayor de San Ramón. AGRUCO (Agroecología Universidad Cochabamba).
10. BARKER, A.V. (1997). Composition and uses of compost. In: Rechcigl J.E., H.C. MacKinnon (eds) *Agricultural uses of by-products and wastes*. ACS Symposium Series No. 668. ACS, Washington, D.C. pp 140 – 162. **En:** GAGNON, B.; R. Lalande and S. Fahny. 2001. Organic matter and aggregation in a degraded potato soil as affected by raw and composted pulp residue. *Biol Fertil Soils* (2001) 24: 441 – 447.
11. BAVER, L.D., W. Gardner. 1980. Física de suelos. Unión Topográfica Editorial. México. 529pp.
12. BEAR, F.E. 1973. Suelos y fertilizantes. Ed. Omega. Barcelona. 458pp. **En:** CHUQUIRUNA A., S. M. 1980. Efecto de diversos abonos orgánicos sobre el mejoramiento de las propiedades del suelo y el rendimiento de papa (*Solanum tuberosum* L.) cv. Revolución. Tesis Ing. Agr. UNALM. Lima, Perú. 131pp.
13. BENDING, G.D., and M.K. Turner. 1999. Interaction of biochemical quality and particle size of crop residues and its effect on the microbial biomass and nitrogen dynamics following incorporation into soil. *Biol. Fertil. Soils*. 29: 319 – 327. **En:** PORTER G.A., G.B. Opena, W.B. Bradbury, J.C. McBurnie, and J.A. Sisson. 1999. Soil management and supplemental irrigation effects on potato: I. Soil properties, tuber yield, and quality. *Agron. J.* 91: 416 – 425.
14. BERNAL, M.P., A.F. Navarro, M.A. Sanchez-Monedero, A. Roig and J. Cegarra. 1998. Influence of sewage sludge compost stability and maturity on carbon and nitrogen mineralization in soil. *Soil Biology Biochemistry*. 30 (3), 305–313.

15. BODIN DRESBOLL, D., J. Magid and K. Thorup-Kristensen. 2006. Long-term stability and mineralization rate of compost is influenced by timing of nutrient application during composting of plant residues. *Compost Science & Utilization* 14, 215 – 221 (2006).
16. BOYD, N.S., R. Gordon; S.K. Asiedu and R.C. Martin. 2001. The effect of living mulches on tuber yield of potato (*Solanum tuberosum* L.). *Biological Agriculture & Horticulture*, 18, 203 – 220. **En:** ALVAREZ, C. E.; M Amin; E. Hernández and C. J González. 2006. Effect of compost, farmyard manure and/or chemical fertilizers on potato yield and tuber nutrient content. *Biological Agriculture and Horticulture*, 2006, Vol. 23, pp. 273 – 286.
17. BRAGATO, G. and F. Primavera. 1998. Manuring and soil type influence on spatial variation of soil organic matter properties. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 62: 1313 – 1319. **En:** STARK, J.C. and G.A. Porter. 2005. Potato nutrient management in sustainable cropping systems. *American Journal of Potato Research* (2005) 82: 329 – 338.
18. BREITENBECK, G. and D. Schellinger. 2004. Calculating the reduction in material mass and volume during composting. *Compost Science & Utilization*, 12, 365 – 371 (2004).
19. BRUCE, J., M. Frome, E. Haites, H. Janzen, R. Lal and K. Paustian. 1999. Carbon sequestration in soils. *Journal of Soil and Water Conservation* 54: 382 – 389 (1999).
20. BUCHANAN, M. and S.R. Gliessman. 1991. How compost fertilization affects soil nitrogen and crop yield. *BioCycle* 32(12):72–77.
21. CASTELLANOS J.Z., P.F. Pratt. 1981. Mineralization of manure nitrogen – correlation with laboratory indexes. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 45: 354 – 357. **En:** GAGNON, B.; R. Lalande and S. Fahny. 2001. Organic matter and aggregation in a degraded potato soil as affected by raw and composted pulp residue. *Biol Fertil Soils* (2001) 24: 441 – 447.

22. CHANEY K., and R.S. Swift. 1986. Studies in aggregate stability: II. The effect of humic substances on the stability of re-formed soil aggregates. *J. Soil Sci* 37: 337 – 343. En: STARK, J.C. and G.A. Porter. 2005. Potato nutrient management in sustainable cropping systems. *American Journal of Potato Research* (2005) 82: 329 – 338.
23. CHUQUIRUNA A., S. M. 1980. Efecto de diversos abonos orgánicos sobre el mejoramiento de las propiedades del suelo y el rendimiento de papa (*Solanum tuberosum* L.) Cv. Revolución. Tesis Ing. Agr. UNALM. Lima, Perú. 131pp.
24. DE FREITAS, P. L.; R. W. Zobel and V.A. Snyder. 1996. A method for studying the effects of soil aggregate size and density. *Soil Science Society of America Journal* 60: 288 – 290 (1996).
25. DÍAZ-MARCOTE, I. 1994. Aprovechamiento del compost de los residuos sólidos urbanos: estudio de su capacidad fertilizante y del efecto sobre las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo. Madrid: Universidad Politécnica de Madrid, Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos. 281p. Tesis Doctoral.
26. EDWARDS, L.; J.R. Burney; G. Richter and A.H. MacRae. 2000. Evaluation of compost and straw mulching on soil-loss characteristics in erosion plots of potatoes in Prince Edward island, Canada. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 81 (2000) 217 – 222.
27. EGUSQUIZA B. R. 2000. La Papa: producción, transformación y comercialización. Ministerio de Agricultura. Lima, Perú.
28. ERICH, M. S.; C. B. Fitzgerald and G. A Porter. 2002. The effect of organic amendments on phosphorous chemistry in a potato cropping system. *Agriculture Ecosystems and Environment* 88 (2002) 79 – 88.
29. FAIRLIE, T. E., A. Ortega. 1995. Efecto de la presencia de heladas simuladas en diferentes estados fenológicos y su impacto en el rendimiento de la papa cv. Ccompis: estudio preliminar. *Revista Latinoamericana de la Papa*. 1995. 7/8(1):86-93.

30. FAO. 2002. Captura de carbono en los suelos para un mejor manejo de la tierra. *Informes sobre recursos mundiales de suelos* 96. Roma, Italia.
31. GAGNON, B.; R. Lalande and S. Fahny. 2001. Organic matter and aggregation in a degraded potato soil as affected by raw and composted pulp residue. *Biol Fertil Soils* (2001) 24: 441 – 447.
32. GALLANDT E.R., E.B. Mallory, A.R. Alford, F.A. Drummond, E. Groden, M. Liebman, M.C. Marra, J.C. McBurnie, and G.A. Porter. 1998. Comparison of alternative pest and soil management strategies for Maine potato production systems. *Am. J. Alt. Agric.* 13: 146 – 161. **En:** STARK, J.C. and G.A. Porter. 2005. Potato nutrient management in sustainable cropping systems. *American Journal of Potato Research* (2005) 82: 329 – 338.
33. GASSER, M.O., A. N`Dayegamiye, and M.R. Laverdiere. 1995. Short-term effects of crop rotations and wood-residue amendments on potato yields and soil properties of a sandy loam soil. *Can. J. Soil Sci.* 75: 385 – 390. **En:** STARK, J.C. and G.A. Porter. 2005. Potato nutrient management in sustainable cropping systems. *American Journal of Potato Research* (2005) 82: 329 – 338.
34. GENEVINI, P.L., F. Adani, D. Borio. 1992. Caratterizzazione chimica della componente organica di compost verdi e valutazione degli indici di maturit\_a ed umificazione. *Atti Convegno Societ\_a di Chimica Agraria (Roma), 15–18 September, pp. 325–333.*
35. GRANDY, A.S. 1998. Soil amendment, rotation crop and irrigation effects on soil physical and chemical properties in a potato cropping system. MS Thesis, University of Maine, Orono. **En:** STARK, J.C. and G.A. Porter. 2005. Potato nutrient management in sustainable cropping systems. *American Journal of Potato Research* (2005) 82: 329 – 338.
36. GRANDY, A.S.; G.A. Porter and M.S. Erich. 2002. Organic amendment and rotation crop effects on the recovery of soil organic matter and aggregation in potato cropping systems. *Soil Science Society of America Journal* 66: 1311 – 1319 (2002).

37. GRIFFIN, T.S. y O.B. Hesterman. 1991. Potato response to legume and fertilizer nitrogen sources. *Agronomy Journal*, 83, 1004 – 1012. **En:** ALVAREZ, C. E.; M Amin; E. Hernández and C. J González. 2006. Effect of compost, farmyard manure and/or chemical fertilizers on potato yield and tuber nutrient content. *Biological Agriculture and Horticulture*, 2006, Vol. 23, pp. 273 – 286.
38. HARGREAVES, J.C., M.S. Adl y P.R. Warman. 2007. A review of the use of composted municipal solid waste in agriculture. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 123 (2008) 1 – 14.
39. HARTL, W., B. Putz y E. Erhart. 2003. Influence of rates and timing of biowaste compost application on rye yield and soil nitrate levels. *European Journal of Soil Biology* 39 (2003) 129 – 139.
40. HAWKES, J.G. 1992. Biosystematics of the potato, p. 13 – 64. **En:** P.M. Harris (ed.) The potato crop: The scientific basis for improvement. Second edition. Chapman & Hall. London – United Kingdom.
41. HAYNES, R. J., and R. S. Swift. 1990. Stability of soil aggregates in relation to organic constituents and soil water content. *J. Soil Sci.* 41: 73 – 83. **En:** GRANDY, A.S.; G.A. Porter and M.S. Erich. 2002. Organic amendment and rotation crop effects on the recovery of soil organic matter and aggregation in potato cropping systems. *Soil Science Society of America Journal* 66: 1311 – 1319 (2002).
42. HERNANDO, S., M. Lobo, A. Polo. 1989. Effect of the application of a municipal refuse compost on the physical and chemical properties of soils. *Science of the Total Environment* 81/82, 589 – 596.
43. HOOKER, W. J. 1980. Compendio de Enfermedades de la Papa. CIP. Lima, Perú. pp: 2 – 7. **En:** ROMERO L., M. R.; A. Trinidad S.; R. García-Espinosa y R. Ferrera-Cerrato, 2000. Producción de papa y biomasa microbiana en suelo con abonos orgánicos y minerales. *Agrociencia* 34: 261-269. 2000.
44. KONONOVA, M. 1982. Materia orgánica del suelo: Su naturaleza, propiedades y métodos de investigación. Ediciones Oikos-tau. Barcelona, España. 365p.

45. KULAKOVSKAYA, T. N. and I. Brysozovskii. 1984. Increasing potato yield and quality through fertilization. *Soviet Agricultural Sciences* (6): 1-4.
46. LAL, R., A.A. Mahboubi, and N.R. Fausey. 1994. Long-term tillage and rotation effects on properties of a central Ohio soil. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 58: 517 – 522. **En:** STARK, J.C. and G.A. Porter. 2005. Potato nutrient management in sustainable cropping systems. *American Journal of Potato Research* (2005) 82: 329 – 338.
47. LYNCH, D.H.; R.P. Voroney and P.R. Warman. 2005. Soil Physical Properties and Organic Matter fractions under forages receiving composts, manure or fertilizer. *Compost Science & Utilization*, (2005), Vol. 13. No. 4, 252 – 261.
48. MADER, P., L. Phiffner; A. Fliessbach; M. Von Luzow; J.C. Munch. 1996. Soil ecology – the impact of organic and conventional agriculture on soil bota and its influence on soil fertility. **En:** EDWARDS, L.; J.R. Burney; G. Richter and A.H. MacRae. 2000. Evaluation of compost and straw mulching on soil-loss characteristics in erosion plots of potatoes in Prince Edward island, Canada. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 81 (2000) 217 – 222.
49. MARTENS, D.A., and W.T. Frankenburger Jr. 1992. Modification of infiltration rates in an organic-amended irrigated soil. *Agron. J.* 84: 707 – 717. **En:** STARK, J.C. and G.A. Porter. 2005. Potato nutrient management in sustainable cropping systems. *American Journal of Potato Research* (2005) 82: 329 – 338.
50. MENDOZA, H. 2002. Producción y mejoramiento de la papa en el Perú, p. 289 – 314. **En:** Genética – Perú N°3. El mejoramiento genético de las plantas en el Perú. INIA. Lima, Perú.
51. MINISTERIO DE AGRICULTURA. Dirección General de Información Agraria (DGIA). 2006. Rentabilidad – Boletín del Estudio de la Rentabilidad. Edición Especial N°7. La papa: de los Andes para el Mundo. Lima, Perú. 28p.
52. MISRA, J.B., S.K. Anand and P. Chand. 1993. Changes in processing characteristics and protein content of potato tubers with crop maturity. *J. Indian Potato Assoc.*, 25: 95 – 102. **En:** ASGHAR, A.; R. Abdur and A. H. Syed. 2003.

Yield and nutrients profile on potato tubers at various stages of development. *Asian Journal of Plant Sciences* 2 (2) : 247 – 250, 2003.

53. MKHABELA, M. y P.R. Warman. 2005. The influence of municipal solid waste compost on yield, soil phosphorous availability and uptake by two vegetable crops, grow in a Pugwash sandy loam soil in Nova Scotia. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 106, 57 – 67.
54. MONDAL, S. S.; R.L. Kayak and R. K. Gosh. 1985. Influence of organic and inorganic source of nutrition on tuber yield of potato in alluvial soils of West Bengal. *Journal of the Indian Potato Association*, 12, 75 - 77. **En:** ALVAREZ, C. E.; M Amin; E. Hernández and C. J González. 2006. Effect of compost, farmyard manure and/or chemical fertilizers on potato yield and tuber nutrient content. *Biological Agriculture and Horticulture*, 2006, Vol. 23, pp. 273 – 286.
55. OKUMOTO, S. 2003. Uso de inoculante microbiano para la elaboración de abono orgánico. Escuela de Agricultura de la región tropical húmeda. San José – Costa Rica.
56. OPENA, G.B., and G.A. Porter. 1999. Soil management and supplemental irrigation effects on potato: II. *Root growth*. *Agron. J.* 91: 426 – 431. **En:** STARK, J.C. and G.A. Porter. 2005. Potato nutrient management in sustainable cropping systems. *American Journal of Potato Research* (2005) 82: 329 – 338.
57. PEÑA, L. 2000. Fisiología y manejo de tubérculos – semilla de papa. CORPOICA, CI. Obonuco. Boletín divulgativo. 9p.
58. PORTA C., J.; M. López y C. Roquero. 1994. Edafología para la agricultura y el medio ambiente. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España. 807p.
59. PORTER G.A., G.B. Opena, W.B. Bradbury, J.C. McBurnie, and J.A. Sisson. 1999. Soil management and supplemental irrigation effects on potato: I. Soil properties, tuber yield, and quality. *Agron. J.* 91: 416 – 425. **En:** STARK, J.C. and G.A. Porter. 2005. Potato nutrient management in sustainable cropping systems. *American Journal of Potato Research* (2005) 82: 329 – 338.

60. PORTER G.A., G.B. Opena, W.B. Bradbury, J.C. McBurnie, and J.A. Sisson. 1999. Soil management and supplemental irrigation effects on potato: I. Soil properties, tuber yield, and quality. *Agron. J.* 91: 416 – 425. **En:** GRANDY, A.S.; G.A. Porter and M.S. Erich. 2002. Organic amendment and rotation crop effects on the recovery of soil organic matter and aggregation in potato cropping systems. *Soil Science Society of America Journal* 66: 1311 – 1319 (2002).
61. ROBERTSON, G.P., E.A. Paul, and R.R. Hardwood. 2000. Greenhouse gases in intensive agriculture: contributions of the individual gases to the radiative forcing if the atmosphere. *Science (Washington, DC)* 289: 1922 – 1925.
62. ROBERTSON, G.P., J.R. Crum, and B.G. Ellis. 1993. The spatial variability of soil resources following long-term disturbance. *Oecologia* 96: 451 – 456. **En:** GRANDY, A.S.; G.A. Porter and M.S. Erich. 2002. Organic amendment and rotation crop effects on the recovery of soil organic matter and aggregation in potato cropping systems. *Soil Science Society of America Journal* 66: 1311 – 1319 (2002).
63. RODRIGUEZ – KABANA, R.; G. Morgan-Jones and I. Chet. 1987. Biological control of nematodes: Soil amendments and microbial antagonists. *Plant and Soil* 100, 237-247 (1987).
64. ROMERO - LIMA., M. R.; A. Trinidad S.; R. García-Espinosa y R. Ferrera-Cerrato, 2000. Producción de papa y biomasa microbiana en suelo con abonos orgánicos y minerales. *Agrociencia* 34: 261-269. 2000.
65. ROY S.K.; R.C Sharma and S.P. Trehan. 2001. Integrated nutrient management by using farmyard manure and fertilizers in potato-sunflower-paddy rice rotation in the Punjab. *Journal of Agricultural Science*, 137, 271 – 278. **En:** ALVAREZ, C. E.; M Amin; E. Hernández and C. J González. 2006. Effect of compost, farmyard manure and/or chemical fertilizers on potato yield and tuber nutrient content. *Biological Agriculture and Horticulture*, 2006, Vol. 23, pp. 273 – 286.
66. RUIZ R., A. 2005. Guía técnica para la formulación de planes de minimización de residuos sólidos y recolección segregada en el nivel municipal. CONAM. Lima, Perú.

67. RUSSEL, E.W. 1962. Soil conditions and plant growth. Longman. London, U.K. **En:** ALVAREZ, C. E.; M Amin; E. Hernández and C. J González. 2006. Effect of compost, farmyard manure and/or chemical fertilizers on potato yield and tuber nutrient content. *Biological Agriculture and Horticulture*, 2006, Vol. 23, pp. 273 – 286.
68. SANYAL, S.K., S.K. De Datta. 1991. Chemistry of phosphorous transformations in soil. *Adv. Soil Sci.* 16, 1 – 120.
69. SCURRAH, M.; E. Nuñez; E. Olivera and R. Ccanto. 2001. The last 40 years: changes in land use in Quilcas, a community in the Mantaro Valley in Central Peru. Paper presented to the SANREM CRSP Scientific Research Conference (November 28 – 30, 2001, Athens – Greece).
70. SHARMA, U.C. and B. R. Arora. 1986. The effect of nitrogen, phosphorous, potassium and farmyard manure and PK fertilizar on acid hill soil of Shimia. *Journal of Agricultural Science, Cambridge*, 107, 15 – 19. **En:** ALVAREZ, C. E.; M Amin; E. Hernández and C. J González. 2006. Effect of compost, farmyard manure and/or chemical fertilizers on potato yield and tuber nutrient content. *Biological Agriculture and Horticulture*, 2006, Vol. 23, pp. 273 – 286.
71. SHIGA, H. 1997. The decomposition of fresh and composted organic materials in soil. Food and Fertilizer Technology Center. Extension Bulletin 447. 14pp.
72. SIEGRIST, S., D. Schaub, L. Phiffner, P. Mader. 1998. Does organic agriculture reduce soil erodibility? The results of a long-term field study on loss in Switzerland. *Agric. Ecosyst. Environ.* 69, 253 – 264. **En:** EDWARDS, L.; J.R. Burney; G. Richter and A.H. MacRae. 2000. Evaluation of compost and straw mulching on soil-loss characteristics in erosion plots of potatoes in Prince Edward island, Canada. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 81 (2000) 217 – 222.
73. SIX, J., E.T. Elliot, K. Paustian, and J.W. Doran. 1998. Aggregation and soil organic matter accumulation in cultivated and native grassland soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 62: 1367 – 1377. **En:** GRANDY, A.S.; G.A. Porter and M.S. Erich. 2002. Organic amendment and rotation crop effects on the recovery of soil organic matter and

- aggregation in potato cropping systems. *Soil Science Society of America Journal* 66: 1311 – 1319 (2002).
74. SOUMARE, M., F. Tack, M. Verloo. 2003. Characterization of Malian and Belgian solid waste composts with respect to fertility and suitability for land application. *Waste Management* 23, 517-522.
75. STARK, J.C. and G.A. Porter. 2005. Potato nutrient management in sustainable cropping systems. *American Journal of Potato Research* (2005) 82: 329 – 338.
76. STUMPE, H.; L. Wittenmayer and W. Merbach. 2000. Effects and residual effects of straw, farmyard manuring, and mineral fertilization at field F of the long-term trial in Halle (Saale), Germany. *Journal of plant nutrition and Soil Science*, 163, 649-656. **En:** ALVAREZ, C. E.; M Amin; E. Hernández and C. J González. 2006. Effect of compost, farmyard manure and/or chemical fertilizers on potato yield and tuber nutrient content. *Biological Agriculture and Horticulture*, 2006, Vol. 23, pp. 273 – 286.
77. UNGER, P.W. 1992. Infiltration of simulated rainfall: tillage system and crop residue effects. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 56: 283 – 289. **En:** STARK, J.C. and G.A. Porter. 2005. Potato nutrient management in sustainable cropping systems. *American Journal of Potato Research* (2005) 82: 329 – 338.
78. USDA. 1996. Livestock manure: foe or fertilizer?. *Agricultural Outlook*. Pags 30 – 35. June 1996. Economic Research Service/USDA.
79. VILLAGARCIA, S.; O. Aguirre. 1994. Manual de uso de fertilizantes. UNALM. Lima-Perú.
80. WANDER, M.M., S.J. Traina, B.R. Stinner, and S.E. Peters. 1994. Organic and conventional management effects on biologically active soil organic matter pools. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 58: 1130 – 1139. **En:** GRANDY, A.S.; G.A. Porter and M.S. Erich. 2002. Organic amendment and rotation crop effects on the recovery of soil organic matter and aggregation in potato cropping systems. *Soil Science Society of America Journal* 66: 1311 – 1319 (2002).

81. WESTERMANN, D. T. 2005. Nutritional Requirements of Potatoes. *American Journal of Potato Research* (2005) 82:301-307.

# **ANEXOS**

**ANEXO 1: Parámetros biométricos evaluados de las muestras de plantas de papa cv. Canchán tomadas en campo (35 días antes de la cosecha).**

Block	Tratamiento	Altura Planta promedio (cm)	#tallos/metro	Peso Planta Total		%MS aerea	parte	AF (dm2/planta)	IAF (m2/m2)
				Peso fresco (g/m2)	Peso seco (g/m2)				
I	Testigo	39,2 C	12.0	812.50	127.49		16	37.34	0.93
I	Compost 1	49,6 AB	24.0	1130.00	145.92		13	48.97	1.22
I	Compost 2	50,6 AB	23.0	1240.00	176.30		14	56.45	1.41
I	Compost 3	46,8 BC	18.5	2047.50	258.96		13	59.79	1.49
I	Compost 4	56 A	11.5	2295.00	285.36		13	99.31	2.48
I	Compost 5	50,6 AB	24.5	1282.50	181.17		14	56.71	1.42
II	Testigo	42,8 C	16.0	878.75	133.96		15	38.83	0.97
II	Compost 1	48,6 AB	14.0	987.50	123.96		13	41.66	1.04
II	Compost 2	55,2 AB	24.0	1187.50	165.75		14	50.94	1.27
II	Compost 3	49,6 BC	16.5	1156.25	155.43		13	41.99	1.05
II	Compost 4	47,2 A	17.0	1553.75	186.10		12	70.35	1.76
II	Compost 5	48,8 AB	15.0	966.25	117.92		12	45.87	1.15
III	Testigo	38,2 C	7.0	1366.25	169.84		13	56.90	1.42
III	Compost 1	46,4 AB	25.5	916.25	123.32		13	43.83	1.10
III	Compost 2	44,6 AB	18.0	1838.75	236.73		13	81.28	2.03
III	Compost 3	40 BC	15.5	798.75	97.98		12	33.02	0.83
III	Compost 4	53,2 A	23.5	1106.25	126.76		12	50.28	1.26
III	Compost 5	46,4 AB	23.0	645.00	81.94		13	31.36	0.78

**ANEXO 2: Parámetros evaluados en relación a la calidad de las muestras de tubérculos de papa cv. Canchán tomadas en campo (considerando número de tubérculos cosechados)**

<b>NUMERO DE TUBERCULOS COSECHADOS</b>							
<b>Bloque</b>	<b>Tratamiento</b>	<b>Total Comercial/ m<sup>2</sup></b>	<b>No Comercial/ m<sup>2</sup></b>	<b>Total dañados/ m<sup>2</sup></b>	<b>Tub/m<sup>2</sup> (C+NC)</b>	<b>Total tub / m<sup>2</sup> (C+NC+D)</b>	
I	Testigo	0.00	75.00	2.50	75.00	77.50	
I	Compost 1	2.50	115.00	30.00	117.50	147.50	
I	Compost 2	5.00	77.50	32.50	82.50	115.00	
I	Compost 3	5.00	72.50	5.00	77.50	82.50	
I	Compost 4	7.50	107.50	20.00	115.00	135.00	
I	Compost 5	5.00	132.50	40.00	137.50	177.50	
II	Testigo	7.50	165.00	15.00	172.50	187.50	
II	Compost 1	5.00	127.50	30.00	132.50	162.50	
II	Compost 2	22.50	202.50	60.00	225.00	285.00	
II	Compost 3	17.50	155.00	57.50	172.50	230.00	
II	Compost 4	20.00	120.00	60.00	140.00	200.00	
II	Compost 5	15.00	95.00	35.00	110.00	145.00	
III	Testigo	12.50	40.00	12.50	52.50	65.00	
III	Compost 1	12.50	182.50	30.00	195.00	225.00	
III	Compost 2	12.50	110.00	25.00	122.50	147.50	
III	Compost 3	10.00	40.00	20.00	50.00	70.00	
III	Compost 4	22.50	87.50	25.00	110.00	135.00	
III	Compost 5	7.50	132.50	22.50	140.00	162.50	

**ANEXO 3: Parámetros evaluados en relación a la calidad de las muestras de tubérculos de papa cv. Cancán  
tomadas en campo (considerando el peso de los tubérculos cosechados).**

Block	Tratamiento	Rendimiento por Categorías (g/m <sup>2</sup> )						Rdto Com (g/m <sup>2</sup> )	Rdto No Com (g/m <sup>2</sup> )	Tubérculos dañados (g/m <sup>2</sup> )	R = (C + NC) (g/m <sup>2</sup> )	RT (g/m <sup>2</sup> ) (C + NC + D)	De los tubérculos		
		1ra	2da	3ra	4ta	5ta	6ta						PF (g/m <sup>2</sup> )	PS (g/m <sup>2</sup> )	%MS
I	Testigo	0.0	0.0	1312.5	150.0	350.0	187.5	0.0	2000.0	150.0	2000.0	2150.0	471.25	94.63	20
I	Compost 1	0.0	400.0	1725.0	1312.5	375.0	225.0	400.0	3637.5	1000.0	4037.5	5037.5	638.63	138.00	22
I	Compost 2	0.0	875.0	1937.5	875.0	150.0	125.0	875.0	3087.5	1212.5	3962.5	5175.0	698.63	146.25	21
I	Compost 3	0.0	750.0	1000.0	875.0	150.0	187.5	750.0	2212.5	250.0	2962.5	3212.5	543.50	73.63	14
I	Compost 4	0.0	1000.0	725.0	725.0	350.0	475.0	1000.0	2275.0	1312.5	3275.0	4587.5	642.25	129.13	20
I	Compost 5	0.0	625.0	1500.0	1375.0	600.0	225.0	625.0	3700.0	1737.5	4325.0	6062.5	504.00	128.88	26
II	Testigo	0.0	875.0	1875.0	2000.0	475.0	312.5	875.0	4662.5	287.5	5537.5	5825.0	679.75	144.63	21
II	Compost 1	0.0	750.0	1687.5	1000.0	625.0	225.0	750.0	3537.5	1187.5	4287.5	5475.0	744.38	139.63	19
II	Compost 2	500.0	2562.5	2062.5	750.0	187.5	350.0	3062.5	3350.0	1750.0	6412.5	8162.5	927.50	204.13	22
II	Compost 3	500.0	1375.0	875.0	812.5	650.0	250.0	1875.0	2587.5	1375.0	4462.5	5837.5	722.13	151.13	21
II	Compost 4	0.0	2062.5	750.0	875.0	312.5	150.0	2062.5	2087.5	2625.0	4150.0	6775.0	658.00	125.00	19
II	Compost 5	0.0	1625.0	1375.0	625.0	250.0	62.5	1625.0	2312.5	2000.0	3937.5	5937.5	809.75	144.75	18
III	Testigo	400.0	1212.5	687.5	250.0	225.0	62.5	1612.5	1225.0	1187.5	2837.5	4025.0	768.75	107.63	14
III	Compost 1	475.0	1125.0	2750.0	1375.0	475.0	250.0	1600.0	4850.0	1050.0	6450.0	7500.0	633.75	127.88	20
III	Compost 2	0.0	1500.0	1000.0	1000.0	600.0	312.5	1500.0	2912.5	975.0	4412.5	5387.5	616.88	116.63	19
III	Compost 3	0.0	1000.0	500.0	562.5	125.0	0.0	1000.0	1187.5	675.0	2187.5	2862.5	639.25	116.25	18
III	Compost 4	812.5	1750.0	1375.0	937.5	375.0	250.0	2562.5	2937.5	1025.0	5500.0	6525.0	715.63	156.25	22
III	Compost 5	0.0	1000.0	1250.0	375.0	375.0	375.0	1000.0	2375.0	500.0	3375.0	3875.0	647.25	80.50	12

**ANEXO 4: Parámetros evaluados en relación al Análisis Químico del follaje y tubérculos y al Análisis de las propiedades Físico-Químicas del Suelo**

Bloque	Tratamiento	Follaje	Tubérculos	Follaje	Tubérculos	C orgánico final	pH	CE
		N extraído (g/m <sup>2</sup> )	N extraído (g/m <sup>2</sup> )	C asimilado (g/m <sup>2</sup> )	C asimilado (g/m <sup>2</sup> )			
I	Testigo	4.64	0,85 A	41.18	43,24 A	2912 C	5,36 C	0.97
I	Compost 1	5.52	1,21 A	47.43	63,62 A	3976 BC	6,36 B	1.87
I	Compost 2	6.06	0,96 A	56.95	67,13 A	4116 AB	6,24 B	1.18
I	Compost 3	10.00	0,43 B	85.20	33,94 A	4088 A	6,79 AB	2.38
I	Compost 4	10.22	0,34 C	94.45	21,05 B	4200 AB	7,07 A	2.79
I	Compost 5	6.70	0,33 C	59.97	20,75 B	4144 BC	6,90 AB	2.19
II	Testigo	4.88	1,30 A	43.27	66,09 A	3080 C	6,24 C	0.91
II	Compost 1	4.69	1,22 A	40.29	64,37 A	4200 BC	6,75 B	1.42
II	Compost 2	5.70	1,34 A	53.54	93,69 A	4200 AB	6,69 B	1.27
II	Compost 3	6.00	0,88 B	51.14	69,67 A	4956 A	6,68 AB	2.05
II	Compost 4	6.66	0,33 C	61.60	20,38 B	4060 AB	7,36 A	1.32
II	Compost 5	4.36	0,37 C	39.03	23,30 B	3192 BC	6,73 AB	2.27
III	Testigo	6.18	0,96 A	54.86	49,18 A	3164 C	5,99 C	0.97
III	Compost 1	4.66	1,12 A	40.08	58,95 A	3612 BC	6,61 B	1.46
III	Compost 2	8.14	0,77 A	76.47	53,53 A	3864 AB	6,83 B	1.95
III	Compost 3	3.78	0,68 B	32.24	53,59 A	5992 A	7,02 AB	1.17
III	Compost 4	4.54	0,41 C	41.96	25,47 B	4200 AB	7,04 A	2.00
III	Compost 5	3.03	0,20 C	27.12	12,96 B	4452 BC	6,94 AB	1.55

**ANEXO 5: Análisis de variancia para el parámetro  
Altura de Planta (en cm.)**

Fuente de variación	GL	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Valor de F calculado	Pr > F
<b>Tratamientos</b>	5	268.393333	53.6786667	4.92	0.0157 **
<b>Bloques</b>	2	62.4400000	31.2200000	2.86	0.1042 Ns
<b>Error</b>	10	109.186666	10.9186667		
<b>Total</b>	17				

CV = 6.966284

Ns = No significativo

\* = Significativo

\*\* = Altamente significativo

**ANEXO 6: Prueba de Duncan para el parámetro  
Altura de Planta (en cm.)**

Agrupamiento Duncan	Promedios	N	Tratamientos
A	52.13	3	Compost 4
B A	50.13	3	Compost 2
B A	48.60	3	Compost 5
B A	48.20	3	Compost 1
B C	45.47	3	Compost 3
C	40.07	3	Testigo

**ANEXO 7: Análisis de variancia para el parámetro  
Número de Tallos por metro**

<b>Fuente de variación</b>	<b>GL</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>Cuadrados medios</b>	<b>Valor de F calculado</b>	<b>Pr &gt; F</b>
<b>Tratamientos</b>	5	219.13	43.83	1.71	0.220 Ns
<b>Bloques</b>	2	12.33	6.17	0.24	0.790 Ns
<b>Error</b>	10	256.17	25.62		
<b>Total</b>	17				

CV = 27.73309

Ns = No significativo

\* = Significativo

\*\* = Altamente significativo

**ANEXO 8: Análisis de variancia para el parámetro  
Número Total de Tubérculos Comerciales cosechados/m<sup>2</sup>**

<b>Fuente de variación</b>	<b>GL</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>Cuadrados medios</b>	<b>Valor de F calculado</b>	<b>Pr &gt; F</b>
<b>Tratamientos</b>	5	231.94	46.39	2.66	0.088 Ns.
<b>Bloques</b>	2	375.69	187.85	10.78	0.003**
<b>Error</b>	10	174.31	17.43		
<b>Total</b>	17				

CV = 39.55255

Ns = No significativo

\* = Significativo

\*\* = Altamente significativo

**ANEXO 9: Análisis de variancia para el parámetro  
Número Total de Tubérculos No Comerciales cosechados/m<sup>2</sup>**

Fuente de variación	GL	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Valor de F calculado	Pr > F
<b>Tratamientos</b>	5	11606.9444	2321.38888	0.96	0.4878 Ns
<b>Bloques</b>	2	18138.1944	9069.09722	3.73	0.0616 Ns
<b>Error</b>	10	24303.4722	2430.34722		
<b>Total</b>	17				

CV = 34.66304

Ns = No significativo

\* = Significativo

\*\* = Altamente significativo

**ANEXO 10: Análisis de variancia para el parámetro  
Número Total de tubérculos cosechados/m<sup>2</sup>**

Fuente de variación	GL	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Valor de F calculado	Pr > F
<b>Tratamientos</b>	5	12299	2460	0.95	0.493 Ns
<b>Bloques</b>	2	21919	10960	4.21	0.047*
<b>Error</b>	10	26018	2602		
<b>Total</b>	17				

CV = 33.38699

Ns = No significativo

\* = Significativo

\*\* = Altamente significativo

**ANEXO 11: Análisis de variancia para el parámetro  
Rendimiento Comercial en g/m<sup>2</sup>**

<b>Fuente de variación</b>	<b>GL</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>Cuadrados medios</b>	<b>Valor de F calculado</b>	<b>Pr &gt; F</b>
<b>Tratamientos</b>	5	3048958.33	609791.666	2.14	0.1438 Ns
<b>Bloques</b>	2	4230625.00	2115312.50	7.41	0.0106 *
<b>Error</b>	10	2855104.16	285510.416		
<b>Total</b>	17				

CV = 41.50149

Ns = No significativo

\* = Significativo

\*\* = Altamente significativo

**ANEXO 12: Análisis de variancia para el parámetro  
Rendimiento No Comercial en g/m<sup>2</sup>**

<b>Fuente de variación</b>	<b>GL</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>Cuadrados medios</b>	<b>Valor de F calculado</b>	<b>Pr &gt; F</b>
<b>Tratamientos</b>	5	10878168.4	2175633.68	2.54	0.0983 Ns
<b>Bloques</b>	2	4267204.86	2133602.43	2.49	0.1325 Ns
<b>Error</b>	10	8565295.14	856529.513		
<b>Total</b>	17				

CV = 23.38487

Ns = No significativo

\* = Significativo

\*\* = Altamente significativo

**ANEXO 13: Análisis de variancia para el parámetro  
Rendimiento Total en g/m<sup>2</sup>**

<b>Fuente de variación</b>	<b>GL</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>Cuadrados medios</b>	<b>Valor de F calculado</b>	<b>Pr &gt; F</b>
<b>Tratamientos</b>	5	15780564.236	3156112.847	2.11	0.1470 Ns
<b>Bloques</b>	2	11998559.027	5999279.513	4.02	0.0524 Ns
<b>Error</b>	10	14937482.638	1493748.263		
<b>Total</b>	17				

CV = 23.30138

Ns = No significativo

\* = Significativo

\*\* = Altamente significativo

**ANEXO 14: Análisis de variancia para el parámetro  
Porcentaje de Materia Seca de Tubérculos**

<b>Fuente de variación</b>	<b>GL</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>Cuadrados medios</b>	<b>Valor de F calculado</b>	<b>Pr &gt; F</b>
<b>Tratamientos</b>	5	23.2628128	4.65256258	0.35	0.8696 Ns
<b>Bloques</b>	2	26.3557157	13.1778578	1.00	0.4028 Ns
<b>Error</b>	10	132.138523	13.2138253		
<b>Total</b>	17				

CV = 18.84404

Ns = No significativo

\* = Significativo

\*\* = Altamente significativo

**ANEXO 15: Análisis de variancia para el parámetro  
Nitrógeno extraído por los tubérculos (gm<sup>2</sup>)**

Fuente de variación	GL	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Valor de F calculado	Pr > F
<b>Tratamientos</b>	5	2.11811111	0.42362222	19.69	0.0001**
<b>Bloques</b>	2	0.19071111	0.09535556	4.43	0.0419*
<b>Error</b>	10	0.21515556	0.02151556		
<b>Total</b>	17	2.52397778			

CV = 19.27206

Ns = No significativo

\* = Significativo

\*\* = Altamente significativo

**ANEXO 16: Prueba de Duncan para el parámetro  
Nitrógeno extraído por los tubérculos (gm<sup>2</sup>)**

Agrupamiento Duncan	Promedios	N	Tratamientos
A	1.18	3	Compost 1
A	1.04	3	Testigo
A	1.02	3	Compost 2
B	0.66	3	Compost 3
C	0.36	3	Compost 4
C	0.30	3	Compost 5

**ANEXO 17: Análisis de variancia para el parámetro  
Carbono asimilado por el follaje**

Fuente de variación	GL	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Valor de F calculado	Pr > F
Tratamientos	5	1609.62017	321.924035	1.23	0.3639 Ns
Bloques	2	1232.28434	616.142172	2.35	0.1453 Ns
Error	10	2618.01225	261.801225		
<b>Total</b>	<b>17</b>				

CV = 30.76162

Ns = No significativo

\* = Significativo

\*\* = Altamente significativo

**ANEXO 18: Análisis de variancia para el parámetro  
Carbono asimilado por los tubérculos (gm<sup>2</sup>)**

Fuente de variación	GL	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Valor de F calculado	Pr > F
Tratamientos	5	6866.852761	1373.370552	13.37	0.0004 **
Bloques	2	819.1648777	409.58243889	3.99	0.0533 Ns
Error	10	1027.381322	102.73813222		
<b>Total</b>	<b>17</b>				

CV = 21.69646

Ns = No significativo

\* = Significativo

\*\* = Altamente significativo

**ANEXO 19: Prueba de Duncan para el parámetro  
Carbono asimilado por los tubérculos (gm<sup>2</sup>)**

Agrupamiento Duncan	Promedios	N	Tratamientos
A	71.45	3	Compost 2
A	62.31	3	Compost 1
A	52.84	3	Testigo
A	52.40	3	Compost 3
B	22.30	3	Compost 4
B	19.00	3	Compost 5

**ANEXO 20: Análisis de variancia para el parámetro  
Carbono orgánico final**

<b>Fuente de variación</b>	<b>GL</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>Cuadrados medios</b>	<b>Valor de F calculado</b>	<b>Pr &gt; F</b>
<b>Tratamientos</b>	5	5870592.00	1174118.40	4.47	0.0213*
<b>Bloques</b>	2	334768.000	167384.000	0.64	0.5492 Ns
<b>Error</b>	10	2628752.00	262875.200		
<b>Total</b>	17				

CV = 12.74561

Ns = No significativo

\* = Significativo

\*\* = Altamente significativo

**ANEXO 21: Prueba de Duncan para el parámetro  
Carbono orgánico final**

<b>Agrupamiento Duncan</b>	<b>Promedios</b>	<b>N</b>	<b>Tratamientos</b>
A	5012.0	3	Compost 3
B A	4153.0	3	Compost 4
B A	4060.0	3	Compost 2
B C	3929.0	3	Compost 1
B C	3929.0	3	Compost 5
C	3052.0	3	Testigo

**ANEXO 22: Análisis de variancia para el parámetro  
pH del suelo**

<b>Fuente de variación</b>	<b>GL</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>Cuadrados medios</b>	<b>Valor de F calculado</b>	<b>Pr &gt; F</b>
<b>Tratamientos</b>	5	2.88111111	0.57622222	11.57	0.0007**
<b>Bloques</b>	2	0.32874444	0.16437222	3.30	0.0794 Ns
<b>Error</b>	10	0.49818889	0.04981889		
<b>Total</b>	17	3.70804444			

CV = 3.359219

Ns = No significativo

\* = Significativo

\*\* = Altamente significativo

**ANEXO 23: Prueba de Duncan para el parámetro  
pH del Suelo**

<b>Agrupamiento Duncan</b>	<b>Promedios</b>	<b>N</b>	<b>Tratamientos</b>
A	7.16	3	Compost 4
B A	6.86	3	Compost 5
B A	6.83	3	Compost 3
B	6.59	3	Compost 2
B	6.57	3	Compost 1
C	5.86	3	Testigo

**ANEXO 24: Análisis de variancia para el parámetro  
Conductividad Eléctrica (dS/m)**

<b>Fuente de variación</b>	<b>GL</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>Cuadrados medios</b>	<b>Valor de F calculado</b>	<b>Pr &gt; F</b>
<b>Tratamientos</b>	5	2.5480444	0.50960889	2.41	0.1107 Ns
<b>Bloques</b>	2	0.5443111	0.27215556	1.29	0.3179 Ns
<b>Error</b>	10	2.1130222	0.21130222		
<b>Total</b>	17				

CV = 27.84042

Ns = No significativo

\* = Significativo

\*\* = Altamente significativo