

UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURÍMAC

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROECOLÓGICA Y  
DESARROLLO RURAL



TESIS

Fertilización con humus de lombriz (*Eisenia foetida*) en la producción del cultivo de papa *Solanum tuberosum* l) Variedad Canchan INIA Chuquibambilla - Grau

Presentado por:

Analí Guillén Zevallos

Para optar el Título de Ingeniero Agroecólogo Rural

Vilcabamba, Perú

2022



UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURÍMAC  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROECOLÓGICA Y  
DESARROLLO RURAL



TESIS

**"FERTILIZACIÓN CON HUMUS DE LOMBRIZ (*Eisenia foetida*) EN LA PRODUCCIÓN DEL CULTIVO DE PAPA (*Solanum tuberosum* L) VARIEDAD CANCHAN INIA CHUQUIBAMBILLA - GRAU"**

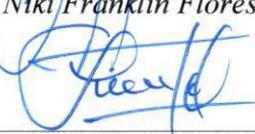
Presentado por **Análí Guillén Zevallos**, para optar el Título de:  
**INGENIERO AGROECÓLOGO RURAL**

Sustentado y aprobado el 17 de diciembre del 2021, ante el Jurado Evaluador:

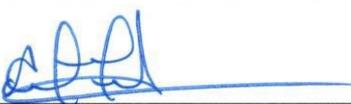
**Presidente:**

  
Ing. Niki Franklin Flores Pacheco

**Primer Miembro:**

  
Ph.D. José Luis Pimentel Flores

**Segundo Miembro:**

  
Mg. Aydee Kari Ferro

**Asesor:**

  
Mg. Celinda Álvarez Arias

## **Agradecimiento**

*La dedicación y el amor recibido y la paciencia con la que cada día se preocupaban mis padres y familiares por mi avance y desarrollo de esta tesis, es simplemente único y se refleja en la vida de una hija. Gracias a mi madre por ser la principal promotora de mis sueños, gracias a ella que día a día confío y cree en mí y en mis expectativas, gracias madre mía por estar dispuesta a acompañarme cada momento de mi vida.*

*Gracias por cada consejo y cada palabra que guiaron mi vida profesional, gracias a Dios por la vida de mi madre, también porque cada día bendices mi vida con la hermosa oportunidad de estar y disfrutar a lado de los seres que más amo en la vida. Gracias Dios por darme salud en estos tiempos difíciles de pandemia que nos encontramos.*



## Dedicatoria

*Dedico con todo mi corazón mi tesis a mi padre Valentín Guillen Palma que desde el Cielo me guía y me protege, a mi madre Alexandra D. Zevallos Luna, que día a día viene apoyándome con su bendición, que gracias a ella he logrado concluir esta etapa de mi vida profesional. Es por ello madre mía que te dedico mi trabajo.*

*Dedico con mucho amor a mi esposo, mis hijos Sebastián y Elyana quien día a día vinieron motivándome a seguir con éxito mi ejecución de tesis.*

*El presente trabajo dedico a mi Universidad UNAMBA, a sus docentes que en sus aulas me formaron profesionalmente, a mi asesora, Mg. Celinda Álvarez Arias, a mis hermanos que gracias a ellos pude encaminar mi trabajo de investigación.*



“Fertilización con humus de lombriz (*Eisenia foetida*) en la producción del cultivo de papa (*Solanum tuberosum L*) variedad Canchan INIA Chuquibambilla - Grau”

Línea de investigación: Recursos Hídricos, Agricultura, Silvicultura y Pecuaria Sostenible

Esta publicación está bajo una Licencia Creative Commons



# ÍNDICE

	<b>Pág.</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	1
<b>RESUMEN</b> .....	2
<b>ABSTRACT</b> .....	3
<b>CAPÍTULO I</b> .....	4
<b>PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b> .....	4
1.1 Descripción del problema. ....	4
1.2 Enunciado del problema. ....	5
1.2.1 Problema general. ....	5
1.2.2 Problemas específicos .....	5
1.3 Justificación de la investigación. ....	5
<b>CAPÍTULO II</b> .....	7
<b>OBJETIVOS E HIPÓTESIS</b> .....	7
2.1 Objetivos de la investigación .....	7
2.2.1 Objetivo general.....	7
2.2.2 Objetivos específicos .....	7
2.2 Hipótesis de la investigación .....	7
2.2.3 Hipótesis general.....	7
2.2.4 Hipótesis específicas.....	7
2.3 Operacionalización de variables .....	8
<b>CAPÍTULO III</b> .....	9
<b>MARCO TEÓRICO REFERENCIAL</b> .....	9
3.1 Antecedentes .....	9
3.2 Marco teórico .....	12
3.2.1 La Papa ( <i>Solanum tuberosum</i> L) .....	12
3.2.2 Papa variedad Canchan INIA .....	20
3.2.3 Cultivo de papa .....	27
3.2.4 Itinerario tecnológico del cultivo .....	31
3.2.5 Humus de lombriz o excreta de lombriz .....	41
3.3 Marco conceptual.....	48
<b>CAPÍTULO IV</b> .....	52
<b>METODOLOGÍA</b> .....	52



4.1 Tipo y nivel de investigación .....	52
4.1.1 Tipo de investigación.....	52
4.1.2 Nivel de investigación .....	52
4.2 Método de la investigación .....	52
4.3 Diseño de la investigación .....	53
4.4 Descripción ética de la investigación.....	56
4.5 Población y muestra:.....	56
4.6 Procedimiento de la investigación .....	57
4.7. Técnicas e instrumentos.....	60
4.8 Procesamiento y análisis de datos.....	63
4.9 Análisis estadístico .....	63
4.9.1 Cumplimiento de las condiciones necesarias del diseño experimental (Supuestos) ..	63
<b>CAPÍTULO V</b> .....	71
<b>RESULTADOS Y DISCUSIONES</b> .....	71
5.1 Análisis de resultados .....	71
5.1.1 Efecto de la fertilización localizada con humus de lombriz en el crecimiento vegetativo del cultivo de papa .....	71
5.1.2 Efecto de la fertilización localizada con humus de lombriz en el rendimiento del cultivo de papa.....	75
5.2 Contrastación de hipótesis .....	79
5.2.1 Efecto de la fertilización localizada con humus de lombriz en el crecimiento vegetativo del cultivo de papa .....	79
5.2.2 Efecto de la fertilización localizada con humus de lombriz en el rendimiento del cultivo de papa .....	89
5.3 Discusiones .....	96
<b>CAPÍTULO VI</b> .....	101
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b> .....	101
6.1 Conclusiones.....	101
6.2 Recomendaciones .....	102
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	103
<b>ANEXOS</b> .....	112



## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b> — Operacionalización de variables .....	8
<b>Tabla 2</b> — Clasificación taxonómica de la papa .....	13
<b>Tabla 3</b> — Especies de papa cultivada .....	14
<b>Tabla 4</b> — “Criterios de clasificación de los diferentes grupos de papa según sus características” .....	19
<b>Tabla 5</b> — Características agronómicas de la planta y tubérculo del cultivo de papa .....	20
<b>Tabla 6</b> — Calendario de cosecha de papa según regiones del Perú .....	26
<b>Tabla 7</b> — Número de plantas/ha en el cultivo de papa, según distancias de planta y surco..	33
<b>Tabla 8</b> — Peso se tubérculos semillas de 60 g. según las distancias más frecuentes .....	34
<b>Tabla 9</b> — Recomendaciones de niveles de fertilización en el cultivo de papa.....	35
<b>Tabla 10</b> — Efecto de la fertilización nitrogenada sobre el rendimiento total, comercial y de semilla de papa .....	41
<b>Tabla 11</b> — Indicadores de rendimiento de papa en el periodo 2015 al 2019 .....	41
<b>Tabla 12</b> — Composición del humus de lombriz en el departamento de San Martín .....	43
<b>Tabla 13</b> — Características químicas del humus de lombriz .....	43
<b>Tabla 14</b> — Composición del humus de lombriz .....	46
<b>Tabla 15</b> — Dosis de aplicación de humus de lombriz según cultivos .....	47
<b>Tabla 16</b> — Arreglo común de datos de un DCBA.....	54
<b>Tabla 17</b> — Prueba de normalidad .....	64
<b>Tabla 18</b> — Prueba de homogeneidad de varianza .....	65
<b>Tabla 19</b> — Estadísticos descriptivos de la emergencia y brotes laterales del cultivo de papa .....	71



<b>Tabla 20</b> — Estadísticos descriptivos de la altura de planta a los 30, 60 y 90 días según tratamientos .....	73
<b>Tabla 21</b> — Estadísticos descriptivos del número de tallos por planta a los 30, 60 y 90 días	74
<b>Tabla 22</b> — Estadísticos descriptivos de los parámetros de rendimiento .....	76
<b>Tabla 23</b> — Análisis de varianza de la emergencia y brotes laterales del cultivo de papa .....	79
<b>Tabla 24</b> — Comparación de promedios múltiples de la emergencia y el número de brotes laterales del cultivo de papa según Tukey .....	81
<b>Tabla 25</b> — Análisis de varianza de la altura de planta del cultivo de papa a los 30, 60 y 90 días .....	82
<b>Tabla 26</b> — Comparación de promedios múltiples de la altura de planta del cultivo de papa a los 30, 60 y 90 días según Tukey .....	85
<b>Tabla 27</b> — Análisis de varianza del número de tallos por planta del cultivo de papa a los 30, 60 y 90 días .....	86
<b>Tabla 28</b> — Comparación de promedios múltiples del número de tallos por planta del cultivo de papa a los 30, 60 y 90 días según Tukey .....	88
<b>Tabla 29</b> — Análisis de varianza de los parámetros del rendimiento del cultivo de papa .....	90
<b>Tabla 30</b> — Comparación de promedios múltiples de los parámetros de rendimiento del cultivo de papa según Tukey .....	94



## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> — Diagrama de evolución de las especies de papa cultivadas, sus relaciones genéticas y sus posibles ancestros silvestres según (Hawkes,1994) .....	14
<b>Figura 2</b> — “Morfología de la planta” .....	17
<b>Figura 3</b> — Ciclo vegetativo entre 120 – 135 días.....	23
<b>Figura 4</b> — Estacionalidad de la superficie sembrada de papa en el Perú.....	24
<b>Figura 5</b> — Estacionalidad de la superficie cosechada de papa en el Perú.....	24
<b>Figura 6</b> — Estacionalidad de la producción de papa en el Perú.....	25
<b>Figura 7</b> — Condiciones que determinan la calidad de la semilla. ....	30
<b>Figura 8</b> — Tubérculo semilla con brotes vigorosos de buena calidad.....	31
<b>Figura 9</b> — Secuencia de la siembra del cultivo de papa.....	33
<b>Figura 10</b> — Factores que establecen la oportunidad de la cosecha.....	40
<b>Figura 11</b> — Croquis del diseño experimental.....	55
<b>Figura 12</b> — Reporte de análisis de fertilidad y caracterización del suelo .....	58
<b>Figura 13</b> — Histograma de frecuencias de la emergencia y el porcentaje de brotes laterales en el cultivo de papa.....	72
<b>Figura 14</b> — Perfil histograma de la altura de planta a los 30, 60 y 90 días.....	74
<b>Figura 15</b> — Perfil histograma del número de tallos a los 30, 60 y 90 días .....	75
<b>Figura 16</b> — Histograma de frecuencias de los parámetros de rendimiento del cultivo de papa .....	77

## INTRODUCCIÓN

En nuestro país y otros países desarrollados, es un problema escondido para los agricultores, “el deterioro del suelo como resultado del monocultivo que ejercen sobre este recurso ocasionando la paulatina pérdida de su fertilidad, hecho que deviene en bajos niveles de producción en sus cultivos, particularmente de la papa. La fertilidad del suelo, está representada por el conjunto de características físicas, químicas y biológicas que determinan la capacidad de este para sostener el desarrollo de la vegetación. La fertilidad está muy asociada al contenido de materia orgánica”.

La necesidad de contar con investigación sobre la fertilización localizada con humus de lombriz en el cultivo de la papa, bajo condiciones de campo y con recursos disponibles en la zona, ha motivado realizar el trabajo de investigación para determinar el “efecto de la fertilización localizada con humus de lombriz (*Eisenia foetida*) en la producción del cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.), variedad Canchan INIA en Chuquibambilla, Grau”.

En Chuquibambilla el aprovechamiento de abonos orgánicos por los agricultores es muy confinado, debido a que necesitan añadir al suelo dosis significativas de enmiendas para lograr el requerimiento nutricional del cultivo de la papa. El uso continuo y permanente de fertilizantes es más pernicioso que beneficioso para el ambiente, hecho que contribuye a la degradación del suelo; debido al desequilibrio biológico y el consecuente deterioro de las características físico-químicas del mismo.

Los abonos orgánicos, como el humus de lombriz, constituyen un enfoque interesante como práctica de fertilización orgánica, una de las formas más importantes para mejorar la actividad biológica de los suelos.



## RESUMEN

Realice el experimento en un diseño de bloques completos al azar para evaluar la respuesta de la fertilización al voleo y la aplicación localizada de humus de lombriz en la producción del cultivo de papa variedad Canchan INIA, la investigación se realizó en la provincia de Grau del departamento de Apurímac (UTM: 8439792, 747578, 3320) en condiciones de temperatura media mensual de 11.9 °C, humedad relativa entre 46 a 60 % y precipitación promedio anual de 842 mm, los factores utilizados fueron T1. Aplicación al voleo de 2 Kg/m<sup>2</sup> de humus de lombriz, T2. Aplicación localizada de 0.5 Kg/planta de humus de lombriz y T3. Testigo los cuales se ha distribuido en cuatro bloques, las variables dependientes evaluadas fueron: i) crecimiento vegetativo del cultivo de papa representado por los indicadores: porcentaje de emergencia, porcentaje de brotes laterales, altura de planta entre los periodos de 30, 60 y 90 días después de la siembra y el número de tallos entre los periodos de 30, 60 y 90 días después de la siembra; ii) rendimiento del cultivo de papa (*Solanum tuberosum L.*), variedad Canchan INIA representado por los indicadores de peso de tubérculo por planta, peso de tubérculo, número de tubérculos por planta, diámetro de tubérculo y rendimiento, los resultados muestran que existe diferencias significativas (Sig.<0.05) entre los tratamientos siendo la aplicación localizada de humus de lombriz de 0.5 Kg/planta (T2) que adjudica los mayores promedios de emergencia con 91.25%; porcentaje de brotes laterales de 95%; alturas de planta entre 32.7575 cm a los 60 después de la siembra hasta 42.6275 cm a los 90 días después de la siembra y número de tallos entre 3.7750 (60 dds) y 3.75 (90 dds). Los resultados en los parámetros de rendimiento se reporta los mayores promedios para el T2, entre los que destaca el rendimiento de tubérculos de 32.1525 t/ha, peso de tubérculos por planta de 868.1375 g/planta, diámetros de tubérculos entre 36.58 mm a 42.7175 mm y 13.9625 tubérculos/planta, se concluye que la aplicación localizada de humus de lombriz de 0.5 Kg/planta tiene mejor efecto en los parámetros productivos del cultivo de papa frente a la aplicación al voleo de 2 Kg/m<sup>2</sup> de humus de lombriz en el cultivo de papa y frente al testigo sin humus de lombriz .

**Palabras clave:** *Cultivo de papa, rendimiento de la producción, crecimiento vegetal, humus de lombriz.*

## ABSTRACT

An experiment was conducted in a randomized complete block design to evaluate the response of the localized application of vermicompost humus in the production of potato crop variety Canchan INIA, the research was conducted in the province of Grau in the department of Apurímac (UTM: 8439792, 747578, 3320) under conditions of average monthly temperature of 11.9 °C, relative humidity between 46 to 60% and average annual rainfall of 842 mm, the factors used were T1. Broadcast application of 2 kg/m<sup>2</sup> of earthworm humus, T2. Localized application of 0.5 kg/plant of worm humus and T3. The dependent variables evaluated were: i) vegetative growth of the potato crop represented by the indicators: percentage of emergence, percentage of lateral shoots, plant height between 30, 60 and 90 days after planting and the number of stems between 30, 60 and 90 days after planting; ii) yield of potato (*Solanum tuberosum* L. ), variety Canchan INIA represented by the indicators of tuber weight per plant, tuber weight, number of tubers per plant, tuber diameter and yield, the results show that there are significant differences (Sig.<0.05) between treatments being the localized application of worm humus of 0.5 kg/plant (T2) that awarded the highest averages of emergence with 91.25%; percentage of lateral sprouts of 95%; plant heights between 32.7575 cm at 60 days after sowing to 42.6275 cm at 90 days after sowing and number of stems between 3.7750 (60 dds) and 3.75 (90 dds). The results in the yield parameters reported the highest averages for T2, among which the tuber yield of 32.1525 t/ha, tuber weight per plant of 868.1375 g/plant, tuber diameters between 36.58 mm to 42.7175 mm and 13.9625 tubers/plant, it is concluded that the localized application of vermicompost of 0.5 kg/plant has better effect on the productive parameters of the potato crop compared to the broadcast application of 2 kg/m<sup>2</sup> of vermicompost in the potato crop.

**Key words:** *potato crop, yield performance, plant growth, earthworm humus.*

## CAPÍTULO I

### PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

#### 1.1 Descripción del problema

El cultivo de variedades modernas de papa (*Solanum tuberosum*) que se realiza tradicionalmente bajo la agricultura de autosuficiencia y la necesidad de aportar mayor información acerca del efecto de la fertilización localizada con humus de lombriz en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum*) variedad Canchan INIA, bajo las condiciones climáticas de la zona de nuestra región y en un sistema de producción de bajos insumos es la que motiva el presente trabajo de investigación, a nivel de campo, el cual busca evaluar el efecto que tiene la fertilización localizada y la fertilización al voleo con humus de lombriz, sobre el rendimiento de papa (variedad Canchan INIA).

El humus de lombriz en relación a las enmiendas orgánicas (estiércoles) es material orgánico humificado por acción digestiva enzimática de la especie *Eisenia foetida*, un insumo orgánico inocuo para el suelo y los cultivos, que contiene elementos nutritivos de fácil absorción por las plantas, sin embargo, se conoce muy poco sobre las técnicas, momentos y dosis de aplicación a cultivos transitorios como la papa.

Un problema de importancia en la zona y la región es el desconocimiento de la producción y el uso del humus de lombriz en la producción de la papa. Por ello, a través de la fertilización localizada con humus de lombriz en el cultivo de papa variedad Canchan INIA, se pretende generar información ágil para pequeños agricultores, de manera puedan adoptar esta técnica de producción sana y a bajo costo, como una estrategia de generación de ingresos económicos para la familia. Frente a esta realidad en el entorno y con la finalidad de mejorar la misma, se plantea el problema de investigación siguiente:

## 1.2 Enunciado del problema

### 1.2.1 Problema general

¿Cuál será el efecto de la fertilización localizada con humus de lombriz (*Eisenia foetida*) en la producción del cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.), variedad Canchan INIA en Chuquibambilla, Grau?

### 1.2.2 Problemas específicos

- ¿Cuál es el efecto de la fertilización localizada con humus de lombriz (*Eisenia foetida*) en el crecimiento vegetativo del cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.), variedad Canchan INIA en Chuquibambilla, Grau?
- ¿Cuál es el efecto de la fertilización localizada con humus de lombriz (*Eisenia foetida*) en el rendimiento del cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.), variedad Canchan INIA en Chuquibambilla, Grau?

## 1.3 Justificación de la investigación

### Social

El cultivo de la papa de mayor importancia en la zona, es por ser el principal cultivo alimenticio para las familias campesinas y la población en general.

La papa es un cultivo andino considerado como la principal fuente de alimentación del poblador además de ser una fuente de ingreso económico.

Por otro lado, con esta investigación se beneficiarán los Investigadores, agricultores de la zona, puesto que tendrán mayor información sobre el efecto que causa el “humus de lombriz de forma localizada y la fertilización al voleo en el rendimiento del cultivo de la papa variedad Canchan INIA”.

### Ambiental

Con la investigación eludiré los fertilizantes sintéticos en la agricultura ecológica, es reducir el impacto ocasionado por los mismos, “con la incorporación del humus de lombriz al suelo contribuye en el mejoramiento de las propiedades fisicoquímicas del mismo, mejorando la estructura del suelo y gradualmente liberando varios nutrientes, lo que hace que el cultivo de la papa sea favorecido por el efecto del humus de lombriz en el suelo” y



contribuye a una mayor preservación del medio ambiente y en gran medida a la seguridad alimentaria familiar.

“En la zona y la región, no se tienen reportes sobre experiencias de producción orgánica de papa Canchan INIA, utilizando una fertilización localizada y al voleo con humus de lombriz”, es altamente beneficioso y así conseguir mejores rendimientos y aportar con la reducción del deterioro del medio ambiente. “El humus, aporta nutrientes al suelo (nitrógeno, fósforo y potasio), mejora su calidad física, química y biológica; contribuyendo a incrementar la producción y productividad de los cultivos” (FONCODES, 2014)

### **Económica**

La papa (*Solanum tuberosum*) variedad Canchan INIA, es el cultivo que está determinado para al mercado dando mayores ingresos económicos a los agricultores, es una variedad de corto periodo vegetativo que se cultiva en cualquier época del año.

En el Perú, en los últimos años la demanda de alimentos producidos orgánicamente, se ha incrementado considerablemente, puesto que la papa es el primer alimento del poblador andino, vinculando a pequeños agricultores a contribuir con la seguridad alimentaria, fuentes de ingresos económicos, es por ellos que propone desarrollar la investigación con la finalidad de conocer sobre el impacto que tiene la fertilización localizada con lombricompost en la producción y desarrollo del cultivo de la variedad Canchan INIA.

### **Metodológica**

El procedimiento de la investigación es cuantitativo y las hipótesis fueron contrastados mediante el análisis de varianza en un Diseño de Bloque Completamente al Azar (DBCA), la información (dato) fue obtenida mediante la observación y medición in-situ durante todo el desarrollo productivo.



## CAPÍTULO II OBJETIVOS E HIPÓTESIS

### 2.1 Objetivos de la investigación

#### 2.2.1 Objetivo general

Determinar el efecto de la fertilización localizada con humus de lombriz (*Eisenia foetida*) en la producción del cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.), variedad Canchan INIA en

#### 2.2.2 Objetivos específicos

- Determinar el efecto de la fertilización localizada con humus de lombriz (*Eisenia foetida*) en el crecimiento vegetativo del cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.), variedad Canchan INIA en Chuquibambilla, Grau
- Determinar el efecto de la fertilización localizada con humus de lombriz (*Eisenia foetida*) en el rendimiento del cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.), variedad Canchan INIA en Chuquibambilla, Grau

### 2.2 Hipótesis de la investigación

#### 2.2.3 Hipótesis general

La fertilización localizada con el humus de lombriz (*Eisenia foetida*) tiene efecto favorable en la producción del cultivo de la papa (*Solanum tuberosum* L.) variedad Canchan INIA en Chuquibambilla, Grau

#### 2.2.4 Hipótesis específicas

- La fertilización localizada con el humus de lombriz (*Eisenia foetida*) tiene efecto positivo en el crecimiento vegetativo del cultivo de la papa (*Solanum tuberosum* L.) variedad Canchan INIA en Chuquibambilla, Grau



- La fertilización localizada con el humus de lombriz (*Eisenia foetida*) tiene efecto positivo en el rendimiento del cultivo de la papa (*Solanum tuberosum* L.) variedad Canchan INIA en Chuquibambilla, Grau

### 2.3 Operacionalización de variables

Variable independiente: Fertilización localizada con el humus de lombriz (*Eisenia foetida*)

Variabes dependientes:

- Desarrollo vegetativo del cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.) variedad Canchan INIA
- Rendimiento del cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.) variedad Canchan INIA.

**Tabla 1 — Operacionalización de variables**

Variables	Dimensión	Indicador	Índice/escala
Fertilización con el humus de lombriz ( <i>Eisenia foetida</i> )	Abono y/o fertilizante orgánico	Fertilización del humus al voleo Fertilización del humus en forma localizada Testigo	T1: 2 Kg/m <sup>2</sup> T2: 0.50 Kg/planta T3: Testigo (control)
Rendimiento del cultivo de papa variedad Canchan INIA	Cantidad de tubérculos por unidad de superficie	Peso tubérculos por planta Diámetro de tubérculo Número de tubérculos por planta Rendimiento Peso de tubérculos	g. mm Cantidad de tubérculos/planta t/ha g.
Desarrollo vegetativo del cultivo de papa	Etapas del Desarrollo vegetativo	Porcentaje de emergencia Porcentaje de plantas con brotes laterales Altura de planta Numero de tallos	% % Cm Tallos/planta

## CAPÍTULO III

### MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

#### 3.1 Antecedentes

Según Luna et al 2016, investigó “la fertilización con abonos orgánicos gallinaza (2.50 t ha<sup>-1</sup>), estiércol bovino (10 t ha<sup>-1</sup>) y humus de lombriz (0.70 t ha<sup>-1</sup>) y los fertilizantes 10-30-10 y 15-15-15 (N, P y K, en porcentajes) mediante un Diseño de Bloques Completos al Azar en arreglo factorial 2x3x2 + dos testigos y tres repeticiones”, las variables evaluadas fueron “el diámetro de tubérculos, cantidad y peso de tubérculos por planta, rendimiento por parcela” y como resultado muestra que no hubo diferencia significativa entre los tratamientos evaluados, el investigador concluye que el cultivo de papa responde adecuadamente “a la aplicación de abonos orgánicos o la interacción abonos orgánicos y fertilizantes químicos”, siendo una alternativa propicia para reducir el consumo de fertilizantes sintéticos.

Por su parte Condori, Borda 2014, evaluó la “influencia del humus de lombriz en el rendimiento de la papa (*Solanum tuberosum*), variedad única, en la zona yunga - La Cantuta” a una altitud de 600 msnm y 19.8 °C de temperatura, el diseño utilizado fue el DBCA, con 5 tratamientos y 3 repeticiones, las dosis de aplicación fueron “T1 = 0 Kg/planta, T2 = 0.25 Kg/planta, T3 = 0.50 Kg/planta, T4 = 1.00 Kg/planta y T5 = 1.5 Kg/planta, como resultado reporta el mayor rendimiento de 20.31 t/ha para el tratamiento 5 frente al tratamiento testigo (T1) que alcanzó rendimientos de 11.89 t/ha.

Así mismo Benavides 2019 investigó la “respuesta de la papa (*Solanum tuberosum*, grupo *Phureja*) frente a la aplicación de 3 dosis de humus de lombriz (0, 10 y 15 t/ha) y 3 niveles de aplicación de “orgabiol” como abono foliar, las variables evaluadas fueron: “número y peso total de tubérculos por planta, número y peso de tubérculos comerciales por planta, altura de planta y número de tallos por planta”, como resultado se reporta diferencias significativas a la aplicación de humus de lombriz logrando rendimientos entre 11.4 t/ha a 18.2 t/ha, respecto a la interacción de humus y bioestimulante no se encontró diferencias significativas en las variables estudiadas.



Cutipa 2007 investigó el “efecto de excreta de lombriz y biol VS fertilizantes químicos sobre rendimiento y calidad de tubérculos de papa nativa (*Solanum tuberosum spp andigena*)” con el objetivo de “determinar los niveles apropiados de aplicación de abonos orgánicos (excreta de lombriz y biol) en el rendimiento de tubérculos de papa, el experimento se llevó a cabo en el “Diseño Central Compuesto Rotable con 13 tratamientos y tres repeticiones, como resultado reporta un mayor rendimiento de 23.5 t/ha en la variedad Imilla blanca con la incorporación de 1.751 t/ha de humus de lombriz y 191.63 L/ha de Biol, sin embargo, dicho rendimiento es inferior a los obtenidos con la fertilización química cuya fórmula 160-140-100 de NPK produjo un rendimiento de 43 t/ha, lo mismo ocurre con la variable número de tubérculos por planta que reporta 35.8 tubérculos/planta para la fertilización química frente a 23.3 tubérculos/planta para la fertilización orgánica. “También existe mayor número de tallos y altura de planta con fertilizantes químicos”.

De acuerdo a Lujan 2018, realizó la tesis “efecto de tres dosis de humus de lombriz (*Eisenia foetida*) y tres dosis de estiércol de Vacuno Bos taurus (Bovidae) en el rendimiento del cultivo de la papa *Solanum tuberosum* L. (Solanaceae) var. Serranita en la Provincia Otuzco - Región La Libertad – Perú”, en un DBCA con 7 tratamientos y 3 repeticiones, la densidad de siembra fue de 0.3 x 0.83 cm, la mezcla de fertilización fue de 100-100-100 kg/ha de N-P-K; el objetivo de la investigación fue “lograr el incremento de la producción del cultivo de papa, así también determinar el efecto de tres dosis de humus de lombriz y tres dosis de estiércol de vacuno”, Los resultados muestran que “la mayor altura de planta es de 93.97 cm, mayor número de hojas 50 unid, mayor número de tallos con 4 unid y mayor peso de tubérculo de 34.78 g” los cuales se obtienen cuando se aplican la mezcla de 3 t/ha de humus de lombriz y estiércol de vacuno a razón de 3 t/ha.

Sin embargo Pérez et al. 2016, sembró 15 cultivares de papa nativa en un diseño de DBCA con arreglo factorial para evaluar la respuesta de bioinsumos a sequía, los factores fueron i) Bioinsumos: “Gallinaza a razón de 10 t/ha; humus de lombriz a razón de 3 t/ha + Mibac 10 kg/ha y humus de lombriz a razón de 3 t/ha; ii) Cultivares de papa nativa: 6 tetraploides y 9 diploides y iii) sequia: sin sequía y con sequía, luego, durante el ensayo las variables de respuesta fueron la resistencia a la sequía, rendimiento y contenido de clorofila, como resultado se reporta que el bioinsumo gallinaza “reduce la severidad e incrementa la recuperación y el rendimiento bajo sequía en mayor proporción ( $P < 0,01$ ) que el humus de lombriz y el Humus de lombriz + Mibac” del “análisis de correlación de Pearson” se concluye que la “gallinaza” produce plantas con “mayor diámetro de tallo”, “menor

severidad” y “mayor contenido de clorofila” así también, mayor rendimiento de la producción en condiciones de sequía.

Por otro lado Jiménez 2013, investigó la aplicación de humus de lombriz en diferentes dosis: “1) Humus de lombriz 100%, 2) Humus de lombriz 85% + Zeolita 15%, 3) Humus de lombriz 70% + Zeolita 30%, 4) Humus de lombriz 55% + Zeolita 45%, 5) Zeolita 100%” en mini tubérculos de papa, evaluando como variables el “índice del crecimiento en plantación (0 días), a los 15, 30 y 45 días del ciclo vegetativo, el número de mini tubérculos y masa fresca de los tubérculos por planta en la cosecha a los 90 días de cultivo”, como resultados se obtiene que la aplicación de la “combinación de humus de lombriz 85% + zeolita 15%” tienen mejor efecto sobre el crecimiento de las plantaciones favoreciendo la mayor producción de “materia seca en las plantas de papa”.

Díaz y Otros 2019, investigaron el efecto de distintas mezclas de “zeolita natural con fertilizantes de fórmula completa”, sobre la variable “respuesta agronómica del cultivo de la papa (*Solanum tuberosum* L.) variedad Desirée”. Se aplicaron 4 tratamientos: “control o testigo (sin fertilización), fórmula completa 8-9-14, fórmula completa 6-7-10 (75 % de nutrientes y 25 % de zeolita natural) y fórmula completa 4-4,5-7 con un 50 % de nutrientes y 50 % de zeolita natural, todas a una dosis de 1490 kg/ha, entre las variables observadas fueron “altura de las plantas, el número de tubérculos por planta, el rendimiento promedio por planta (kg/planta) y el rendimiento agrícola del cultivo (t/ha), entre los resultados se tiene que la incorporación de “zeolita natural al 25 y 50 % a la fórmula completa” aumentó “la altura de la planta”, mientras que el mejor rendimiento es obtenido con “la aplicación de fertilizantes y zeolita en la dosis de 75 % de fórmula completa y 25 % de zeolita” con valores por encima de 29.46 t/ha.

Abreu et al. 2017, evaluaron la combinación de fertilización química NPK con Herba Green como “fertilizante ecológico foliar” en 4 tratamientos “25, 50, 75 y 100 % de la dosis de NPK más la aplicación del producto Herba Green a una dosis de 1 kg/ha en 200 L de agua, además del control (100 % de NPK sin el fertilizante ecológico)”, como resultado de tres repeticiones muestran que la aplicación de “100 % de NPK más el producto Herba Green favorece los rendimientos de manera significativas sobre los demás tratamientos evaluados.

Por su parte Mora et al. 2021, estudiaron el efecto de la mezcla de biofertilización mediante bacterias que solubilizan el fósforo (Fosfotíc) y el uso de “hongos micorrízicos

arbusculares” (Safer Micorriza) en la respuesta del cultivo de papa, “cv. Superchola, en suelos Andisoles del Carchi, Ecuador” para ello utilizaron un área de 360 m<sup>2</sup>, distribuidos en 6 tratamientos a una densidad de siembra de 1 x 0.5 m. Entre las variables evaluadas fueron “longitud de tallo, número de tallos brotados, número total de tubérculos por planta y su clasificación por calibre, así como el rendimiento total y por calibre” luego de las evaluaciones reportan como resultados que el tratamiento con “el 100 % de la fertilización a base de NK+75 % P+Fosfotico+Safer Micorrizas y con 100 % de la fertilización a base de NK+25 % P+Safer Micorrizas” tienen mayor efecto sobre las variables de respuesta.

## 3.2 Marco teórico

### 3.2.1 La Papa (*Solanum tuberosum* L)

#### 3.2.1.1 Origen

Según Morales 2007, de acuerdo a los “últimos estudios moleculares sobre la taxonomía de la papa (*Solanum tuberosum*), el origen y domesticación de esta especie tuvo lugar en la sierra del Perú”, posiblemente entre los departamentos de “Huánuco, Cerro de Pasco, Junín, Huancavelica, Apurímac, Ayacucho, Cuzco y Puno”. Pero la papa se cultivó por primera vez de manera intensa en la región del “Lago Titicaca” por la cultura Tiyawanaku, a partir de allí se propagó a las culturas de “Pucará y Wari”, también en “Argentina y Chile”, posteriormente el cultivo se expande “durante la creación del imperio Inca del Tawantinsuyo, el cual se extendió desde el sur de Colombia hasta la zona central de Chile”, pero la papa ya se cultivaba en los andes de Colombia y Ecuador.

Rodríguez, Pérez 2010, manifiesta que la mayor “variabilidad genética” de la papa se encuentra entre Perú y Bolivia por el “Lago Titicaca” y es el soporte alimentario de los andes peruanos, desde allí, el cultivo de papa se extendió hacia Ecuador, Colombia y Chile, posteriormente se extendió a Europa en el año 1573, luego a Italia en 1596, Alemania e Inglaterra en 1601, la papa representa el cuarto lugar en el sistema alimentario mundial.

### 3.2.1.2 Taxonomía

Según Marquez, Salomón 2020, la papa (*Solanum tuberosum* L), es de la “familia *Solanaceae*”, tiene características de ser una planta “herbácea, dicotiledónea, provista de un sistema aéreo y otro subterráneo de naturaleza rizomatosa” de donde provienen los “tubérculos”, la planta dependiendo de sus “variedades” puede tener crecimiento “erecto o semierecto”, la papa presenta la clasificación taxonómica de la tabla 2.

**Tabla 2 — Clasificación taxonómica de la papa**

Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Subclase	Asteridae
Familia	Solanaceae
Género	Solanum
Subgénero	Potatoe
Sección	Petota
Serie	Tuberosa

Extraído de (Márquez, Salomón 2020)

### 3.2.1.3 Especies de papa cultivada

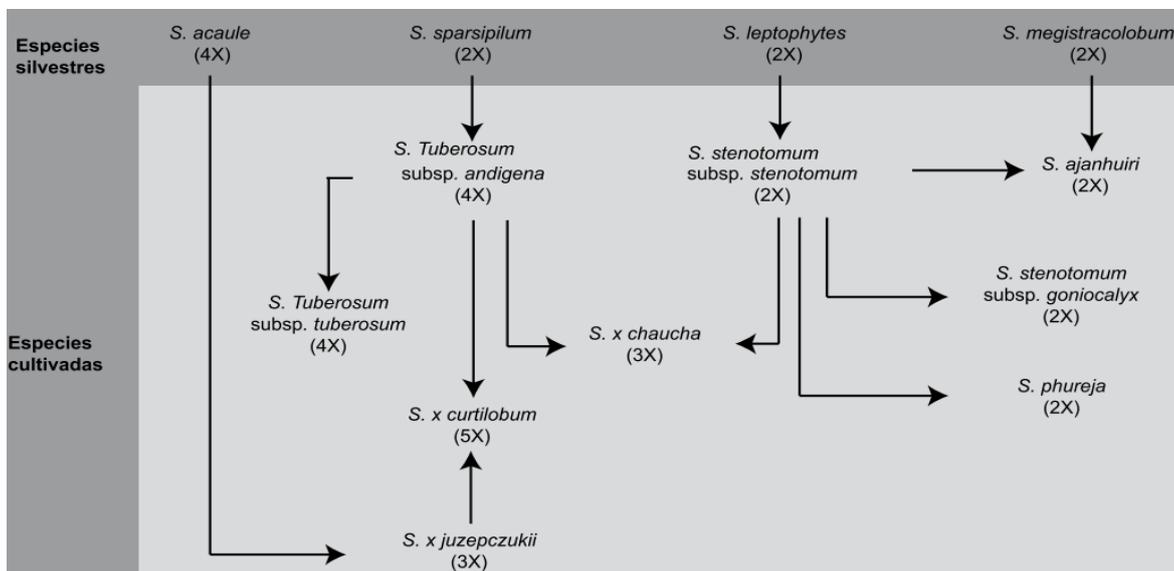
Torres et al. 2019, citando a Hawkes 1990 y Spooner et al. 2004, indica que existe alrededor de doscientas especies del género *Solanum* dentro de la sección Petota” y están distribuidas en los andes entre Perú, Bolivia y el norte de Argentina. Existen 7 especies de *Solanum tuberosum* L., domesticadas en la región del lago Titicaca y según “estudios recientes de genómica” se han identificado alrededor de 20 especies silvestres, entre ellos: “*S. candolleanum*, *S. medians* y *S. raphanifolium*, nativas de Perú, así como *S. brevicaule*, *S. leptophyes* y *S. microdontum* nativas de Bolivia y *S. berthaultii*, *S. chacoense*, *S. gourlayi*, *S. kurtzianum*, *S. microdontum*, *S. spagazzinii* y *S. vernei* de Argentina”, en las variedades cultivadas de *S. tuberosum* según (MINAM, 2019) existen 8 especies.

**Tabla 3 — Especies de papa cultivada**

Diploides	$2n = 2x = 24$	<i>Solanum stenotomun</i> <i>Solanum phureja</i> <i>Solanum gonicalyx</i> <i>Solanum x ajanhuiri</i>
Triploides	$2n = 3x = 36$	<i>Solanum x juzepczukii</i> <i>Solanum x chaucha</i>
Tetraploides	$2n = 4x = 48$	<i>Solanum tuberosum</i> : ssp. tuberosa ssp. andígena
Pentaploides	$2n = 5x = 60$	<i>Solanum x curtilobum</i>

Extraído: (MINAM, 2019)

Según Soto et al. 2014, las especies de la tabla 3 originan las papas nativas amargas y no amargas y “el cruce de éstas origina a las variedades modernas”.



**Figura 1 — Diagrama de evolución de las especies de papa cultivadas, sus relaciones genéticas y sus posibles ancestros silvestres según (Hawkes, 1994)**

Extraído de (Soto et al. 2014, p. 8)



#### 3.2.1.4 Clasificación botánica

Livisi 2017, afirma que “la papa es una planta suculenta, herbácea y anual por su parte aérea, y perenne por sus tubérculos (...) posee un tallo principal, y a veces varios tallos, según el número de yemas que hayan brotado del tubérculo”. (p.19)

Según Egusquiza 2000, citado por Livisi 2017 las partes principales de la planta de papa son: “el brote, el tallo, la raíz, las hojas, la flor, el fruto, la semilla, el estolón y el tubérculo”. (p. 20)

Luna et al.2016 y Soto et al. 2014, coinciden que la papa es de la familia de la “Solanáceas, es una planta dicotiledónea, herbácea, anual, aunque puede ser considerada como perenne debido a su capacidad de reproducirse vegetativamente por medio de tubérculos”. La parte comercial del cultivo constituye “los tubérculos, son tallos subterráneos acortados y engrosados con yemas que almacenan nutrientes”, la papa es “pariente del tomate, ají, pimentón, berenjena, tabaco, petunia, mandrágora, belladona, por nombrar alguna de las más de 2000 especies presentes en esta familia. Actualmente, la *Solanum tuberosum*, es la especie más cultivada y consumida a nivel mundial”, y según Vásquez et al. 2019 existen “ocho especies cultivadas” de las cuales en el mundo se cultivan la “subespecie *tuberosum*”.

#### 3.2.1.5 Morfología

Díaz 2018, citando a Pardave 2004, reporta la siguiente información sobre morfología de la papa:

“Tubérculo.- Son tallos subterráneos modificados provistos de yemas u ojos y en cada ojo existen normalmente tres yemas (...), los ojos del tubérculo morfológicamente corresponden a los nudos de los tallos, las cejas representan a las hojas y las yemas del ojo representan a las yemas axilares” (Pardave, 2004) Citado por (Díaz, 2018, p. 24)

“Brotos.- Se originan de las yemas de los tubérculos y son de color blanco o coloreados, el extremo basal del brote forma la parte subterránea del tallo, después de la siembra esta parte produce rápidamente raíces y luego

estolones, el extremo apical da origen al tallo y hojas” (Pardave 2004)  
Citado por (Díaz 2018, p. 24)

“Estolones.- Son tallos laterales y crecen horizontalmente a partir de las yemas, estos se alargan con varios entrenudos y terminan en una hinchazón que es el futuro tubérculo. Sin embargo, no todos llegan a formar tubérculos, un estolón no cubierto en el suelo puede desarrollarse en un tallo vertical con follaje normal” (Pardave, 2004) Citado por (Díaz 2018, p. 24)

“Raíces.- Las plantas de papa pueden desarrollarse a partir de una semilla o de un tubérculo, las plantas nacidas de semilla, forman una delicada raíz principal con ramificaciones laterales. La planta originada de un tubérculo es un clon, no tiene raíz principal, forma raíces adventistas, primero en la base de cada brote y luego encima de los nudos en la parte subterránea de cada tallo, ocasionalmente de los nudos de los estolones nacen grupos de 3 a 4 raíces adventistas” (Pardave, 2004) Citado por (Díaz 2018, p. 24)

“Tallos.- El sistema de tallos de la papa consta de tallos aéreos, estolones y tubérculos, la planta proveniente de semilla, tiene un solo tallo principal, mientras que las que provienen de tubérculos puede producir varios tallos principales. Las yemas que se forman en el tallo principal a la altura de las axilas de las hojas, pueden desarrollarse para llegar a formar tallos laterales secundarios, estolones e inflorescencia” (Pardave, 2004) Citado por (Díaz 2018, p. 24)

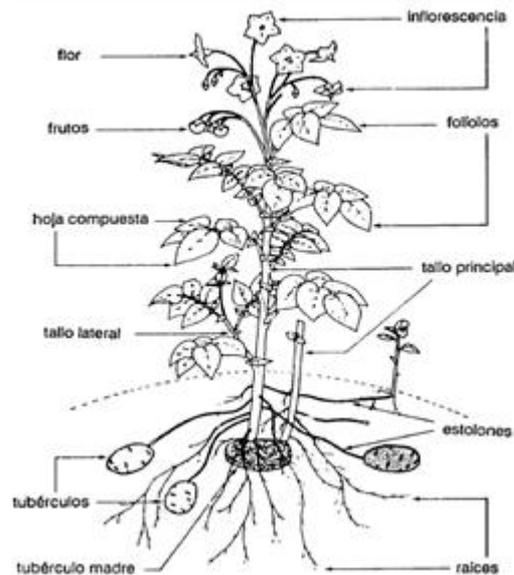
“Hojas.- Las hojas son alternas compuestas formadas por raquis, foliolos, pecíolo y peciolulo, cada raquis lleva varios pares de foliolos laterales primarios y un foliolo terminal, están provistas de pelos de diversos tipos que se encuentran también presentes en las demás partes aéreas de la planta” (Pardave, 2004) Citado por (Díaz 2018, p. 24)

“Inflorescencia-flor.- Está dividida generalmente en dos ramas, cada una de las cuales se subdividen en otras ramas, de esta manera se forma una inflorescencia llamada cimosa. Las flores son hermafroditas, el cáliz consta de cinco sépalos que se unen parcialmente en la base, la corola tiene cinco pétalos fusionados en la base para formar un tubo corto, el androceo consta



de cinco estambres y el gineceo tiene un solo pistilo” (Pardave, 2004)  
Citado por (Díaz, 2018, p. 24)

Fruto-Semilla: El fruto es una baya de forma redonda, alargada ovalada o cónica de color verde, este puede contener de ninguna a 300 o 400 semillas. Las semillas son amarillas o castaño-amarillentas, pequeñas ovaladas o uniformes (Pardave, 2004) (Citado por Díaz Chilcon 2018, p. 25)



**Figura 2 — “Morfología de la planta”**

Extraído de (Gutiérrez, 2016)

### 3.2.1.6 Ciclo vegetativo de cultivo de papa

Salas 2005, citado por Livisi 2017, menciona que el “ciclo vegetativo del cultivo de la papa” varía entre 3 a 7 meses en función de la variedad, de acuerdo con ello las papas pueden clasificarse en “variedades precoces, semi tardías y tardías”, el ciclo vegetativo está relacionado con el clima, manejo agronómico y factores productivos entre los que destaca el riego y fertilización.

Livisi 2017, citando a Egúsqiza 2000, reporta de manera resumida la descripción de las “fases fenológicas del cultivo de la papa”:

“Fase de emergencia: referida a la aparición de las primeras hojas sobre la superficie del suelo”.

“Fase de formación de estolones: empieza cuando las yemas de la parte subterránea de los tallos inician su crecimiento horizontal en forma de ramificación lateral” (Livisi, 2017)

“Fase de inicio de floración: durante esta fase aparecen los primeros botones florales. El pedúnculo floral y la inflorescencia crecen cuando el tallo principal ha finalizado su crecimiento y da inicio a la floración. En algunas variedades el inicio de la floración coincide con el inicio de la tuberización”. (Livisi, 2017)

“Fase de plena floración: se inicia con la apertura de los primeros botones florales emitiendo flores. Existen variedades con abundante floración, así como también existen variedades que no florecen” (Livisi, 2017)

“Fase de tuberización: esta fase se inicia a partir del engrosamiento de los tubérculos ubicados en los estolones. Se da debido a la asimilación de los azúcares en forma de almidón” (Livisi, 2017) “Fase de maduración: se inicia cuando el follaje de la planta alcanza su máximo desarrollo. La planta está naturalmente madura cuando la mayor parte de las hojas muestran color amarillento, cuando ha perdido la totalidad de hojas o cuando no muestra follaje verde. La papa está madura cuando al ser presionada con la yema de los dedos no pierde su cáscara. La maduración podría estar asociada con el final de la floración” (Livisi 2017, p. 24)

Por su parte Gutiérrez 2016, menciona que la fenología del cultivo de la papa inicia con el “brotamiento del tubérculo y finaliza con la madurez fisiológica del cultivo”, indicador para la cosecha, durante el ciclo vegetativo la planta sufre cambios a nivel sus “órganos vegetativos y reproductivos referidos a la aparición, transformación y caída de estos”.

### **3.2.1.7 Grupos de variedades de papa**

Torres et al. 2019, manifiesta que la papa esta representado entre 3000 y 4000 variedades, las cuales fueron caracterizadas mediante descriptores morfológicos, las variedades comunmente se identifican de manera práctica según su origen, color y forma de uso.

**Tabla 4 — “Criterios de clasificación de los diferentes grupos de papa según sus características”.**

Criterios	Grupos	Características
Por su origen	Nativas	Harinosas, se consume cocidas
	Modernas	Menos harinosas, se consume cocidos o fritos
Por su color	Blancos	Cáscara blanquecina, crema o cremosa
	De color	Cáscara color rojo, rojizo, morado o negro
Por su uso	Amargas	Para elaborar moraya o tunta
	Amarillas	Para sopas, papillas o puré
	Industriales	Para hojuelas (chips), para fritos y otros

Extraído de (Livisi 2017)

Las papas pueden ser clasificadas en modernas y nativas Luna et al. 2016, las variedades modernas son caracterizadas por su potencial en rendimiento, en tanto que las papas nativas son caracterizadas por su resistencia a plagas e inclemencias del tiempo, según Eguzquiza 2000, citado por Andrade y Castro 2008, las primeras variedades modernas fueron Renacimiento y Mantaro creadas en el año 1952 y a partir de dicho año se liberaron 56 variedades, muchos de las cuales ya no se siembran en la actualidad.

Según Egúsqiza 2000, “la variedad de papa, es una característica agrícola favorable, como capacidad de producción y susceptibilidad a algún tipo de factor desfavorable” (Soto, et al. 2014)

De acuerdo a Gutiérrez 2016, define como variedad al “conjunto de plantas idénticas en tamaño, color de flores, tallos y en la forma y color de sus tubérculos”, además las variedades son idénticas en cuanto a su ciclo vegetativo y resistencia a plagas y enfermedades.

En el Perú, existe la mayor diversidad de papas en el mundo, debido a su variedad de pisos ecológicos existentes, alberga a “ocho especies nativas domesticadas y mas de tres mil variedades, de las cinco mil existentes en Latinoamérica” (Andrade y Castro, 2008)

Según el (INIA, 2012) citado en Benavides 2019 en el Perú, se produce papa en diecinueve departamentos de los veinticuatro existentes, evidenciando su gran poder de adaptación.

### 3.2.2 Papa variedad Canchan INIA

Luján 2018, la variedad canchan también es conocida como la “Rosada por el color de su cáscara” esta variedad esta adaptada a la sierra y a la costa central del Perú es resistente a la racha.

La papa Canchán proviene del “cruzamiento (BI-1)2 como progenitor femenino, cuya resistencia deriva de Black (*Solanum tuberosum* x *Solanum demisum*) y la variedad Libertas (*Solanum tuberosum*) y el progenitor masculino Murillo III-80 que proviene del cruzamiento de dos cultivares nativos (*Solanum ajanhuiri* y *Solanum andígena*) que aportan tolerancia a heladas y resistencia de campo a la racha” (INIA, 2012 p. 1)

Se adapta a altitudes comprendidas entre 2000 a 3500 msnm en la sierra del Perú, pero también es cultivado en la costa central entre los 1000 msnm con rendimientos entre 30 a 35 t/ha (Huamán, et al 2017)

(INIA, 2012) reporta las siguientes características:

**Tabla 5 — Características agronómicas de la planta y tubérculo del cultivo de papa**

<b>Características agronómicas:</b>
Vigor de la planta: Bueno
Altura media: 90 cm
Número de tallos/planta: 4 – 6
Color del tallo: Verde claro
Tamaño de hoja: Mediano
Color de hoja: Verde claro
Color de la flor: Lila; escasa floración
Bayas: Escasas
Raíz: Buen desarrollo, con estolones cortos
Período vegetativo: 120 días

<b>Características del tubérculo</b>
Forma del tubérculo: Redondo
Número de tubérculos/planta : 14 - 25
Tamaño: Mediano a grande
Profundidad de ojos: Superficial
Color de piel: Rojo
Color de pulpa: Blanco
Contenido de materia seca: 25%
Peso específico: 1,1

Extraído de (INIA, 2012 p. 1-2)

Las características mencionadas en la tabla 5, coinciden los reportados por Egúsquiza 2000 que fuera citado por Huamán et al. 2017 al describir a la planta de “tamaño mediano, con flores de color violetas, de escasa producción de frutos, los tubérculos son redondeados de piel roja clara, ojos superficiales, pulpa blanca con brotes rojizos y de buena calidad comercial con periodo vegetativo corto entre 120 a 135 días”.

La variedad Canchan INIA, tiene “resistencia horizontal o de campo a la ranchara (*Phytophthora infestans*), con una infección foliar no mayor de 15%, variando este porcentaje de acuerdo a la presión de la enfermedad en la zona donde se está cultivando, también muestra una susceptibilidad mediana a *Rhizoctonia* y *Erwinia*” ( INIA ,2012)

El rendimiento nacional de la papa variedad Canchan INIA, es de 13.3 t/ha Huamán et al. 2017 en condiciones experimentales llega entre 40 a 50 t/ha y 1.5 kg/planta y en condiciones de campo de agricultores se han llegado hasta 30 t/ha (INIA, 2012)

La papa Canchan fue lanzada como variedad comercial en 1990, actualmente tiene 31 años de vida útil en manos de los agricultores.

### **3.2.2.1 Fenología de la variedad Canchan**

Según Tapia 2017, menciona que la fenología del cultivo “se determina mediante las fases sucesivas del desarrollo de una planta, desde el brotamiento del tubérculo, hasta la producción de nueva semilla”. (p. 12)



Román y Hurtado 2002, Molina et al. 2006, fueron citados por Tapia 2017 y reportan que el “cultivo de papa presenta diversas fases o etapas”:

- a) “Dormancia o reposo de la semilla”: periodo comprendido entre “la cosecha y la brotación. Para el tubérculo semilla esta etapa dura 2 a 3 meses, y para la semilla sexual, 4 a 6 meses”.
- b) “Brotación”: Sucede cuando inicia la emergencia de las “yemas de los tubérculos; dura de 2 a 3 meses”, la papa está lista para sembrarse cuando el tubérculo semilla presenta por los menos 3 brotes cortos y fuertes de 0.5 a 1 cm de longitud.
- c) “Emergencia: Los brotes emergen a los 10 a 12 días en tubérculos, y de 8 a 10 días en semilla sexual” siempre en cuando el suelo, posee las condiciones adecuadas de temperatura y humedad.
- d) “Desarrollo de tallos”: se visualiza el crecimiento del follaje y raíces de manera simultánea, este periodo tiene una duración de 20 a 30 días.
- e) “Tuberización y floración”: etapa que dura 30 días, en variedades precoces la tuberización se da inicio a los 30 días después de la siembra, en variedades intermedias entre 35 a 45 días y en variedades tardías entre los 50 a 60 días, la floración es un indicador que la papa, ha iniciado el estolonamiento.
- f) “Desarrollo de los tubérculos: Los tubérculos alcanzan la madurez fisiológica a los 75 días, en entradas precoces, 90 días para intermedias y más de 120 días para entradas tardías”.

El (MINAGRI, 2017) citado por Díaz 2018, describe 5 fases para la fenología del cultivo de papa:

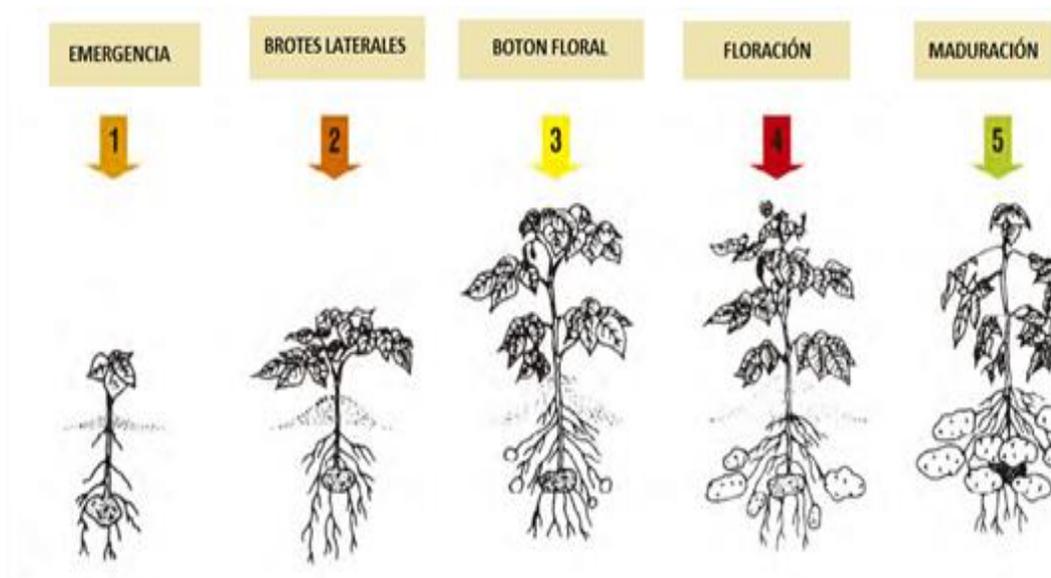
- a) Emergencia. Se da inicio a entre los 15 a 20 días después de la siembra, en esta etapa ocurre “la formación y crecimiento de raíces y tallos” (Díaz, 2018)
- b) Brote lateral. Inicia a los 25 a 35 días después de la siembra, el tallo principal se ramifica y dan lugar al follaje, las raíces crecen y dan lugar a

rizomas que posteriormente engrosan para la formación de tubérculos. (Díaz, 2018)

c) Botón floral. Coincide con la emisión de estolones y la aparición de las primeras inflorescencias que se ven desde el tallo principal, el periodo dura entre 60 a 70 días (Díaz, 2018)

d) Floración. Dura entre 80 a 95 días después de la siembra, en esta fase se abren las primeras flores(Díaz, 2018)

e) Maduración. Se inicia entre los 100 a 120 días, comprende la maduración de bayas, caída de hojas, los tubérculos se maduran siendo un indicador que la “piel está bien adherida y no se desprende” (Díaz, 2018)



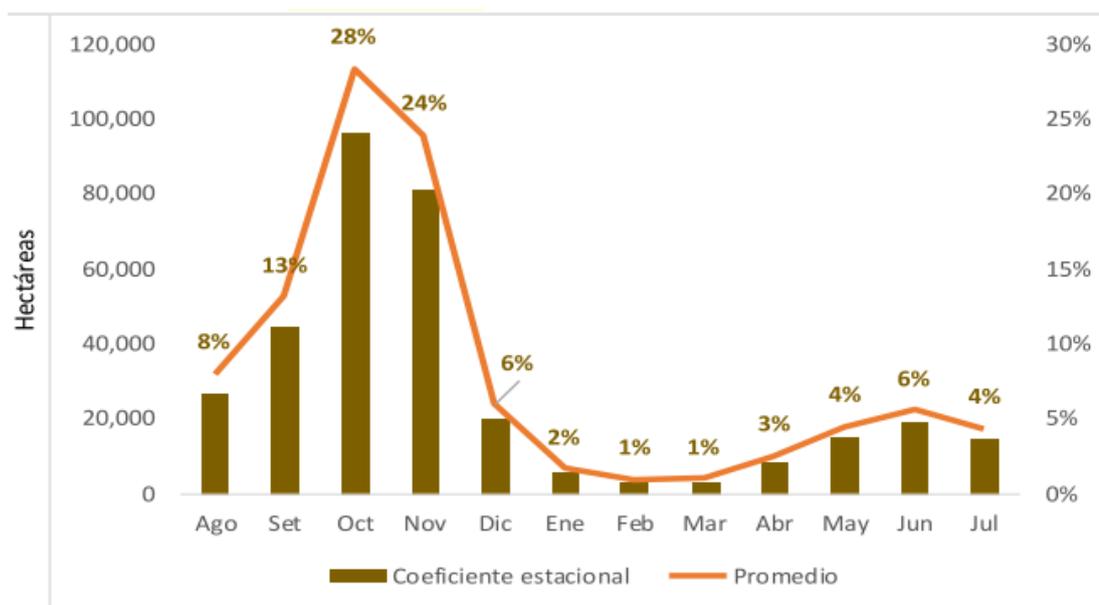
**Figura 3 — Ciclo vegetativo entre 120 – 135 días**

Extraído de (MINAGRI, 2017 citado por Díaz, 2018)

### 3.2.2.2 Estacionalidad del rendimiento de la papa

Según el (MINAGRI, 2020) “la estacionalidad del cultivo de papa está relacionada a los meses del año en que se efectúa la siembra” para el Perú la siembra es todo el año que es favorecido por la geografía y diversidad de pisos ecológicos. “Las zonas que se encuentran entre los 3,500 y 4,100 m.s.n.m. tienen cosechas en los meses de abril, mayo y junio. En regiones con altitudes de 2,300 a 3,500 m.s.n.m. (piso ecológico quechua), cosechan

desde marzo a junio. Por otra parte, las cosechas entre septiembre y agosto son típicas de zonas que están en los 500 a 2,300 m.s.n.m. Las zonas de menos de 500 m.s.n.m. hay cosechas de agosto a enero”. (p. 84)



**Figura 4 — Estacionalidad de la superficie sembrada de papa en el Perú**

Extraído del (MINAGRI, 2020 p. 14)

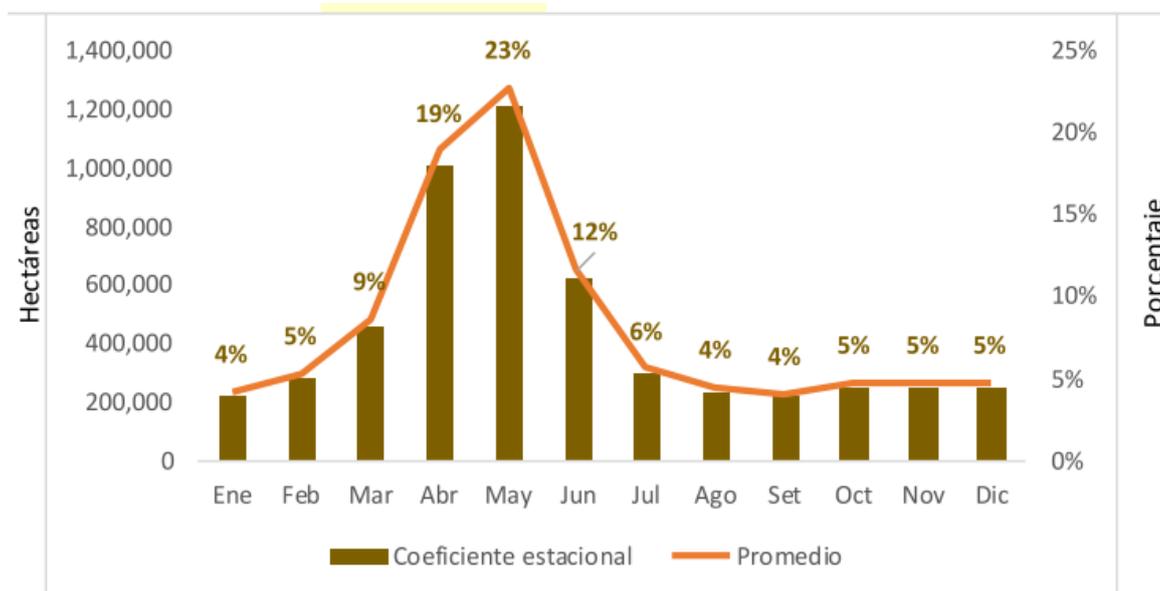
La cosecha de la papa se concentra en un 77% entre los meses de enero a junio lo cual está condicionado a diferentes factores entre ellos el clima, la fertilización y el riego, manejo agronómico y las variedades cultivadas.



**Figura 5 — Estacionalidad de la superficie cosechada de papa en el Perú**

Extraído de (MINAGRI, 2020 p. 14)

En relación a la “estacionalidad de producción”, en el Perú el “mayor volumen se da durante el primer semestre del año, concentrando el 72% de la producción total de papa, siendo el mes de mayo donde se obtiene mayor volumen de producción” (MINAGRI, 2020 P. 15).



**Figura 6 — Estacionalidad de la producción de papa en el Perú**

Extraído de (MINAGRI, 2020 p. 15)

Cuando se evalúa la estacionalidad de la producción según regiones, se observa que Puno reúne el 94% de la producción entre los meses de marzo a mayo, Apurímac entre abril a agosto y Huánuco en dos campañas entre enero y febrero y setiembre a diciembre, finalmente en Junín y La Libertad concentra la mayor producción entre los meses de enero y junio (MINAGRI, 2020)

Tabla 6 — Calendario de cosecha de papa según regiones del Perú

Departamento	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Agt.	Set.	Oct.	Nov.	Dic.
Puno												
Huánuco												
Apurímac												
Huancavelica												
Cajamarca												
Ayacucho												
Junín												
Cusco												
Ancash												
Pasco												
La Libertad												
Lima												
Arequipa												
Ica												
Moquegua												
Piura												
Tacna												
Amazonas												
Leyenda:												
	Mayores cosechas											
	Cosechas normales											
	Cosechas escasas											

Extraído de (MINAGRI, 2020)

Según señala (MINAGRI, 2020) “existe una marcada concentración en los meses de abril y mayo, periodo en el que se cosecha un poco más del 40% de la producción nacional. Esta producción; así como la de los meses previos corresponde a áreas cultivadas que se ubican a lo largo de toda la Sierra y corresponden a agricultura bajo secano; mientras tanto, la producción disminuye en el segundo semestre, debido a que esta corresponde principalmente, a los valles costeros de las regiones de Lima, Ica y



Arequipa; así como también a los valles inter andinos de algunas partes de la Sierra”, en la figura 6, se observa que más del 70% de la producción nacional se da en el primer semestre en contraste al segundo semestre que se produce cerca del 28% de la producción nacional.

### 3.2.3 Cultivo de papa

La papa es un cultivo exigente de suelos francos, arenosos y ricos en materia orgánica, el piso ecológico más favorable está entre los 2400 a 3700 msnm Suquilanda 2009, en cuanto a la temperatura, requiere entre los 6 °C a 14 °C Otiniano 2017, sin embargo el MINAGRI 2020 menciona que la temperatura ideal para una mejor producción es entre 18 °C a 20 °C, las precipitaciones adecuadas para el cultivo de papa oscilan entre 700 mm a 1200 mm anuales (Otiniano, 2017)

#### 3.2.3.1 Requerimiento clima y suelos

##### a) Requerimiento de clima

##### Temperatura

Egúsquiza 2000, citado por Martínez 2009, p. 55 “menciona que para una adecuada producción de papa el clima debe ser frío. En la zona en la que desea sembrar papa debe existir por lo menos dos meses en los que las temperaturas promedio diarias deben ser menores de 25 °C”.

Por tanto Lima 2015, menciona que la papa requiere entre 15 a 20 °C para la formación de tubérculos y su correspondiente crecimiento, “la papa es considerada una planta termo periódica, lo que significa que es necesario una variación, entre la temperatura diurna y la nocturna, de por lo menos 10 °C. Si la diferencia es menor, el crecimiento y tuberización se ven afectados” .

Las temperaturas altas son ideales para el desarrollo del follaje pero inhiben la tuberización, la temperatura también tiene relación directa con la brotación de los tubérculos semillas, asimilación de nutrientes y evapotranspiración de la planta.

## Luz

Según Lima 2015, menciona que el cultivo de la papa tiene mejor respuesta en periodos entre 8 a 12 horas luz, la luminosidad juega un papel importante en la fisiología de la planta ya que, la luz con intervención del agua tiene función con los cloroplastos captura el dióxido de carbono y libera oxígeno, elabora azúcares que finalmente son traslocados en los órganos de reserva (tubérculos), como refiere Lifoncio 2013, el requerimiento de horas luz puede variar entre 12 a 16 horas de acuerdo a la especie cultivada, además el Ministerio del ambiente (MINAM 2019) señala que la luz interceptada depende de factores como follaje de la planta, edad de las hojas y área foliar.

La luz también influye sobre el crecimiento del follaje, en días largos se motiva al crecimiento vegetativo y los tallos tienen a elongarse mientras que en días cortos los tallos retrasan su crecimiento y se producen tallos cortos (Bustillos, et al 2018)

## Altitud

Sanabria 2019 menciona que la duración de las fases fenológicas del cultivo depende de los factores ambientales entre ellos la altitud que se relaciona con la temperatura y la presencia de precipitaciones, Egúsqiza 2008, citado por Lima 2015, menciona que la papa prospera en las “zonas agroecológicas” siguientes:

Costa o chala	: (0 a 500 m.s.n.m)
Yunga marítima	: (500 a 2300 m.s.n.m)
Fluvial	: (800 a 2300 m.s.n.m)
Quechua	: (2300 a 3500 m.s.n.m)
Suni o jalca	: (3500 a 4000 m.s.n.m)



## **Humedad**

Lima 1015, Suquilanda 2009 y Sanabria 2019 coinciden que los requerimientos de humedad para la producción de papa es entre 70 a 90% de humedad relativa, la demanda de agua durante todo el ciclo vegetativo del cultivo es entre 800 a 1120 mm distribuidos adecuadamente, la mayor demanda de humedad se registra en la etapa de germinación y crecimiento de tubérculos, la presencia de precipitaciones deben ser moderadas entre 400 mm a 1200 mm por año.

El (MINAGRI, 2020) reporta que el “cultivo en un periodo de 120 a 150 días consume entre 500 a 700 mm de agua por planta por campaña” la reducción del 50% en la disponibilidad de agua reduce en más del 50% la producción, por el contrario, un exceso de humedad inhibe el crecimiento de las raíces por la falta de oxígeno y la presencia de enfermedades foliares como la rancha y alternaria.

La presencia de la humedad durante la floración influye el peso de la materia seca del tubérculo (Muñoz y Cruz 1984)

### **b) Requerimiento de suelo**

La papa “se adapta a un rango muy amplio de variedad de suelos”, pero es preferible suelos ricos en materia orgánica, profundos a moderadamente profundos entre “francos y arenosos” con buen drenaje (Suquilanda Valdivieso 2009; Sanabria 2019; Otiniano 2017)

El suelo, para la instalación del cultivo de papa debe estar “bien preparado con profundidad adecuada y alto contenido de enmiendas orgánicas” con pH entre 5.5 – 6.4 Muñoz y Cruz 1984; (INIA, 2012)

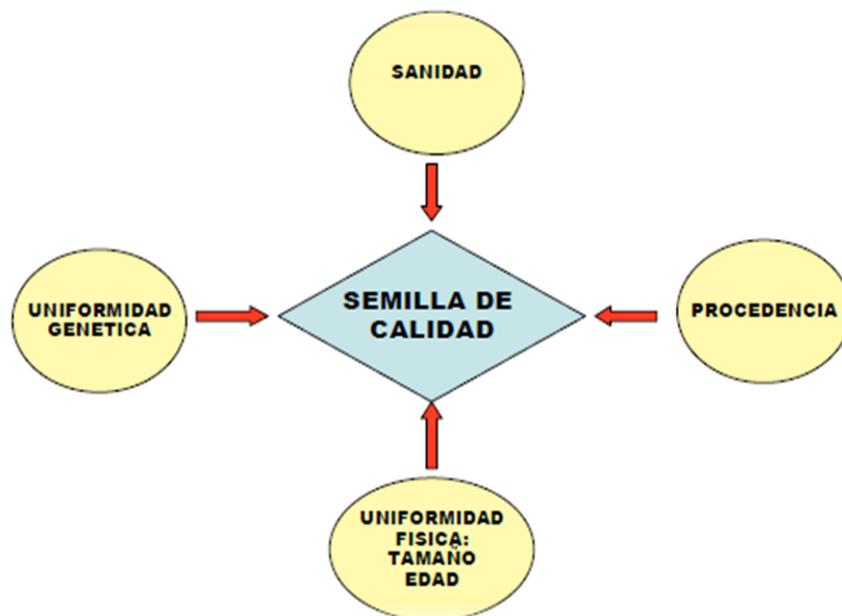
### **3.2.3.2 Tubérculo semilla**

Son “pequeños tubérculos o fragmentos de éstos”, se depositan en el suelo a una profundidad entre 5 a 10 cm, la pureza varietal y condiciones de sanidad aseguran el 50% de la producción. (Andrade, Contreras y Castro, 2008)

El tuberculo semilla, “debe estar libre de enfermedades, tener buenos brotes y pesar de 30 a 40 gr. El uso de semilla comercial de buena calidad puede aumentar la producción del 30 % al 50 %, en comparación con la semilla del agricultor, pero las ganancias previstas deben compensar el costo más elevado”. (MINAGRI 2017)

Según Horton 1992, citado en Cutipa 2007, en países desarrollados “la escasez y el costo alto de los tubérculos-semillas de buena calidad constituye una restricción seria a la producción de papa, su rendimiento se ve afectado por el número de tallos principales por hectárea, lo cual depende a su vez del número de brotes que se formen de los ojos de los tubérculos-semillas. El número de ojos en un tubérculo varía, dependiendo de la variedad, tamaño del tubérculo y de las condiciones ambientales”.

Según MINAGRI 2017, el índice por el uso de “semilla certificada” no supera 0.2%, por tanto, en un 99.8% de los casos, el cultivo de papa se instala con semilla propia de los agricultores proveniente de las campañas anteriores.



**Figura 7— Condiciones que determinan la calidad de la semilla.**

Extraído de (Egúsqiza y otros 2011)

Para la producción de papa, se puede utilizar dos tipos de semilla: i) la semilla botánica proveniente de las bayas y ii) la semilla tuberculo, en el

caso que la papa que instale con semilla asexual los tuberculo semillas deben cumplir las siguientes características:

- El peso debe de estar de 45 a 65 gr/tubérculo.
- El tamaño tiene que ser lo más uniforme posible.
- Los tubérculos deben de tener 3 a 5 mm de brotes y que sean bien turgentes.
- Tienen que estar verdeados en luz difusa.
- Utilizar semillas desinfectadas y con algún tipo de bioestimulantes reguladores de crecimiento.



**Figura 8 — Tubérculo semilla con brotes vigorosos de buena calidad.**

Extraído de (Orrego y otros 2011)

### **3.2.4 Itinerario tecnológico del cultivo**

#### **3.2.4.1 Preparación de suelo**

Suquilanda 2009, menciona que la preparación del suelo para el cultivo de papa comprende las actividades de arada y rastra, drenajes y formación de surcos, en la actividad de arado se incluye la limpieza del terreno, la roturación se practica mediante el uso de tractor agrícola, yunta o chaquitacla.

“La preparación del suelo debe efectuarse entre el tercer día de luna menguante y el tercer día de luna nueva (novilunio o noche oscura), para evitar la posterior presencia de plagas en el cultivo” (Suquilanda, 2009 p. 84).

Según Muñoz y Cruz 1984, una buena preparación del suelo, brindará las siguientes condiciones favorables al cultivo:

- a) Contar con suelos ligeros con buena ventilación de O<sub>2</sub> y CO<sub>2</sub>
- b) Humedad, para lograr la asimilación de los nutrientes logrando su rápido desarrollo fisiológico del cultivo.
- c) Temperatura, que regula la emergencia del tubérculo semilla.
- d) Contar con macro y micro nutrientes, las raíces de los tubérculos aprovechan en forma de iones.

La preparación del suelo influye en la calidad y rendimiento del cultivo Cutipa 2007, las actividades de desterronado favorecen la aireación y disponibilidad de nutrientes para la planta, también influirá en la retención de la humedad que en conjunto promoverá el desarrollo de los brotes laterales y las raíces.

#### **3.2.4.2 Siembra**

La siembra se realiza en “surcos distanciados a 0,9 m y entre plantas a 0,3 m” INIA 2012, la siembra se realiza, generalmente con tubérculo semilla de 30 a 40 g. se introduce en los surcos a una profundidad entre 5 a 10 cm, luego se tapa con suelo suelto Díaz 2018, una buena siembra, produce brotación uniforme y en menor tiempo aproximadamente entre 15 a 30 días de instalado (Andrade, Contreras y Castro, 2008)

Durante la siembra, se recomienda incorporar abonos orgánicos y fertilizantes para mejorar las propiedades físicas y químicas del suelo respectivamente (Abreu, et al 2017).





**Figura 9 — Secuencia de la siembra del cultivo de papa**

Extraído de (Egúsqüiza, 2012)

### 3.2.4.3 Densidad de plantación

Suquilanda 2009, manifiesta que la distancia entre surcos se relaciona con la variedad, la pendiente del terreno y la finalidad del cultivo, normalmente las variedades nativas demandan mayor distancia entre surcos en comparación con las variedades mejoradas debido a su mayor radio de área foliar.

La producción de papa para consumo, requiere mayor distancia entre surcos, en comparación a la producción de semilla, del mismo modo, cuando la pendiente del terreno es pronunciado requiere de mayor distancia entre surcos que en terrenos planos, en las tablas 7 y 8 se muestran la densidad de plantas para una hectárea de terreno según los distanciamientos mas frecuentes y el peso en semillas respectivamente

**Tabla 7 — Número de plantas/ha en el cultivo de papa, según distancias de planta y surco**

Distancia entre plantas (m)	Distancias entre surcos (m)		
	1.00	1.20	1.40
0.30	33300	27639	23643
0.35	28500	23655	20235
0.40	25000	20750	17750

Extraído de (Suquilanda 2009).



Tabla 8 — Peso se tubérculos semillas de 60 g, según las distancias más frecuentes

Distancia entre plantas (m)	Distancias entre surcos (m) y peso en Kg/ha y qq/ha					
	1.00		1.20		1.40	
	Kg/ha	qq/ha	Kg/ha	qq/ha	Kg/ha	qq/ha
0.30	2000	44.00	1659	36.50	1418	31.20
0.35	1709	37.60	1418	31.20	1214	26.70
0.40	1500	33.00	1245	27.40	1064	23.40

Extraído de (Suquilanda, 2009)

Segun Tapia 2017, dice que para la obtención de campos semilleros, el distanciamiento recomendado es de 0.80 a 0.90 metros entre surcos y de 0.15 a 0.25 metros entre plantas, para la producción de campos comerciales la densidad recomendada es de 0.90 a 1.20 m entre surcos y 0.30 a 0.40 m. entre plantas según la variedad.

Para Inostroza 2009, citado por Trujillo 2017, la población apropiada de plantas, disminuyen la competencia por agua, nutrientes, luz y la presencia de plagas y enfermedades.

#### 3.2.4.4 Abonamiento/fertilización

El INIA 2012, recomienda “la fórmula de abonamiento de 120 -120 -100 de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O. Suquilanda 2009, recomienda abonar con 8 a 12 t/ha de estiercol porveniente de ganado bovino, 6 t/ha si es con gallinaza, la incorporación debe realizarse al suelo dos meses antes de la siembra para ello el abono debe estar descompuesto, también se puede utilizar la dosis de 300 g/planta, Martínez 2009, reporta que en los laymes de Compañía Labranaza y San Isidro en Ecuador utilizan entre 2 a 3 sacos de abono orgánico por cada 2 quintales de semilla de papa.

Los niveles de fertilización recomendados según el análisis del suelo se muestra en la tabla 7.

**Tabla 9 — Recomendaciones de niveles de fertilización en el cultivo de papa**

Interpretación del análisis del suelo	Niveles de fertilización en Kg/ha		
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
Bajo	200	300	150
Medio	150	150	100
Alto	50	80	40

Extraído de (Muñoz y Cruz 1984)

La incorporación de abonos orgánicos descompuestos mejoran las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, favorece la retención del agua y la disponibilidad de nutrientes para la planta, mejora los rendimientos de la producción por unidad de superficie cultivada “y es una gran opción que permite cambiar los sistemas agrícolas para ser más sustentables desde una mirada productiva ecológica y social”, la papa responde mejor a la aplicación de humus, puesto que se logra mayor cosecha de papa y de calidad (Trujillo 2017; MINAGRI [sin fecha]; Otiniano 2017; Suquilanda 2009; Condori y Borda 2014)

Según Cutipa 2007, la incorporación de materia orgánica al suelo es por las siguientes razones:

- a) Agregar los nutrientes del suelo que se encuentran deficientes para las plantas.
- b) Acrecentar las cualidades fisicoquímicas y biológicas del suelo.
- c) Aumentar la productividad del cultivo
- d) Restablecer el micro y macro nutrientes que fueron absorbidos por cultivos de campañas anteriores.

#### 3.2.4.5 Manejo de malezas

Tapia 2017, menciona que el control de maleza es permanente en el cultivo de papa, consiste en la eliminación de malezas de porte alto que compiten

con la planta en nutrientes, agua y sol, se recomienda realizar evaluaciones cada 27 días después de la siembra.

Suquilanda 2009, recomienda realizar el desmalezado a partir “del tercer día de la luna menguante hasta el tercer día de la luna nueva” en este periodo las malezas habrán perdido sus reservas en las raíces y al ser cortadas tardan en recuperarse, en climas templados se recomienda realizar dos deshierbas, una en luna creciente y la otra en luna menguante.

Martínez 2009 y Jiménez et al. 2013, recomiendan realizar el desmalezado a partir de los 50 días después de la siembra, dicha labor puede ser mecanizada o manual.

Según Cárdenas 1986, Inostroza et al. 2017, la presencia de maleza “entre los 20 a 30 días después de la emergencia del cultivo de papa” pueden ocasionar los siguientes inconvenientes: i) disminución de la calidad de la producción; ii) depreciación de los suelos agrícolas; iii) aumento en los costos de producción y iv) las malezas son huéspedes de las enfermedades fungosas para el cultivo.

#### **3.2.4.6 Aporques**

Luján 2018, conceptúa el aporque como el proceso de arrimar tierra a la planta para “favorecer el desarrollo de los estolones que se producen en los tallos laterales”, Díaz 2018, menciona que el aporque favorece el soporte de la planta, la aireación del suelo, eliminar malezas que compiten por nutrientes con la planta, mantener la humedad del suelo en condiciones favorables.

Existe un acuerdo común entre autores que el aporque se realiza dos veces durante el ciclo fenológico de la planta, el primer aporque se lleva a cabo entre los 60 a 80 días después de la siembra, el segundo aporque coincide con el inicio de la floración aproximadamente a los 90 dds, según las variedades (Díaz 2018; Morales et al. 2015; Andrade, Contreras y Castro 2008; MINAM 2019; Lifoncio 2013)

Cutipa 2007, manifiesta que el cultivo de papa precisa de dos aporques, la primera se lleva a cabo cuando las plantas tiene entre 15 a 20 cm (aproximadamente entre 60 a 70 dds), el segundo aporque se realiza cuando la planta tiene 45 a 50 cm de altura (aproximadamente 20 a 25 después del primer aporque)

El aporque se realiza con la finalidad de evitar el acame de las plantas, esta labor se realiza a los 90 días después de la siembra (Martínez, 2009)

Egúsquiza et al. 2011, citado en Luján 2018 mencionan que los aporques son para lograr los siguientes resultados:

- a) “Evitar daño de los tubérculos por gusaneras”
- b) “Reducir el daño de la papa por (*Phytophthora infestans*) que se desplaza desde el área foliar”
- c) “Cubrir la planta de la papa de las altas precipitaciones pluviales”
- d) “Evitar daño de los tubérculos por pudriciones causadas por bacterias”
- e) “Proteger con tierra los tubérculos para reducir el verdeado”
- f) “Proteger con tierra la segunda mitad de la dosis de fertilización nitrogenada”
- i) “Disminuir la cantidad de arvenses entro del cultivo”
- j) “Prevenir el tendido o encame del follaje sobre el suelo”
- k) “Incrementar la oxigenación de las raíces de los tubérculos”
- l) “Acrecentar beneficios para el buen desarrollo del cultivo”

#### 3.2.4.7 Riegos

Según Suquilanda 2009, establecer riegos racionales al cultivo de papa trae beneficios en el aumento de la producción de tubérculos, normalmente en los andes se acostumbra realizar un riego pesado antes de la siembra para lograr la capacidad de campo del suelo y facilitar la siembra, posteriormente,

se aplica el primer riego cuando las plantas han brotado aproximadamente entre 20 a 30 días después de la siembra, los riegos sucesivos se deben realizar cada 12 a 15 días dependiendo del tipo de suelo y requerimiento de la planta, esto se prolonga hasta la floración del cultivo y cuando la planta ha dejado de desarrollarse normalmente, después de la floración los riegos deben ser mas frecuentes entre 8 a 10 días ya que la planta inicia el proceso de tuberización y requiere para el llenado del tubérculo. A los 3000 msnm, la planta demanda entre 600 a 700 mm de agua en todo su ciclo vegetativo, es decir, demanda un gasto de agua entre 6000 a 7000 m<sup>3</sup>/ha.

La falta de agua ejerce presión sobre los estomas que actúa como componente de ahorro de agua con consecuencias desfavorables entre ellos: disminución en la fotosíntesis, aumento de la temperatura interna de la planta, disminución de la entrada de CO<sub>2</sub>, acelera el proceso de “maduración precoz” de la planta que en conjunto impactan en la disminución del rendimiento (Inostroza, et al. 2017)

El sistema de riego puede ser de dos maneras: i) por aspersión y ii) por gravedad, cuando se aplica por aspersión se debe realizar en horas de la mañana o por la tarde sin presencia del sol para evitar la presencia de hongos, cuando el riego es por gravedad se debe cuidar de no asfixiar a las plantas por exceso de humedad (Díaz, 2018)

#### 3.2.4.8 Plagas y enfermedades

Las plagas clave en el cultivo de papa se tiene: “Gusano blanco de la papa” (*Premnotrypes vorax*); “Polilla” (*Tecia solanivora*); “Pulgón” (*Myzus persicae* y *Macrosiphun euphorbiae*); “Pulguilla” (*Epitrix spp.*); “Trips” (*Frankliniella tuberosi*); “Mosca minadora” (*Liriomyza huidobrensis*); “Gusano tungurahua” (*Copitarsia sp.*) (Martínez 2009, p. 49), el MINAGRI 2017) el Perú es el centro “de la presencia de plagas y enfermedades para el cultivo de la papa”, la presencia e intensidad de daño varía de acuerdo a la zona agroecológica para la zona sur del Perú el gorgojo de los andes, la polilla de la papa y el nemátodo del quiste son de importancia económica, mientras que la presencia de enfermedades frecuentes son “la ranchara, hongos de suelos y manchas foliares”.

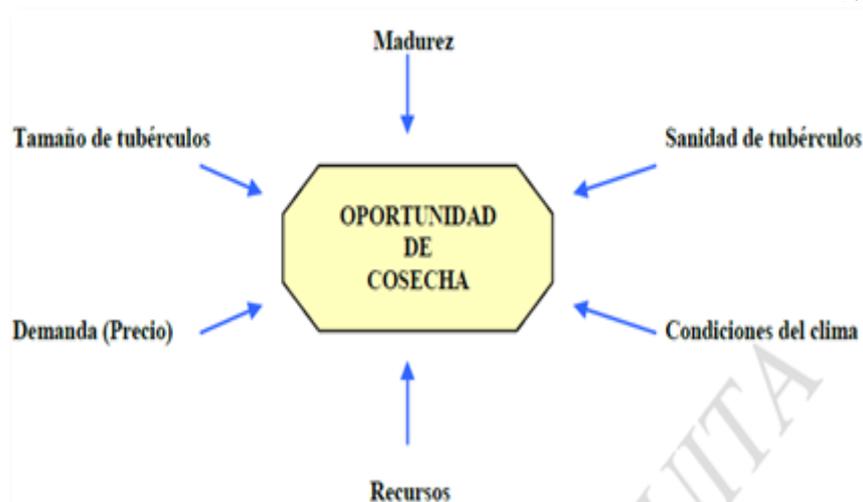
Martínez 2009 citando a Oyarzún et al. 1998 reporta las siguientes enfermedades causadas por hongos: “Lancha tardía” (*Phytophthora infestans*); “Lancha temprana” (*Alternaria solani*); “Oidiosis, oidium o mildiu polvoso” (*Erysiphe chichoracearum*); “Roya” (*Puccinia pittieriana*); “Septoriosis” (*Septoria lycopersici*); “Moho gris” (*Botrytis cinerea*), las enfermedades causados por hongos son del suelos son: “Carbón” (*Thecaphora solani*); “Lanosa o torbo” (*Rosellinia sp.*); “Rhizoctoniasis o costra negra” (*Rhizoctonia solani kuhn*); “Pudrición seca” (*Fusarium solani*); “Marchitez” (*Fusarium spp.*); “Marchitez por verticillium” (*Verticillium dahlia, V. Albo-atrum*); “pudrición basal” (*Sclerotium rolfsii*); “Esclerotiniosis” (*Esclerotinia sclerotiorum*); “Roña o sarna polvorienta” (*Spongospora subterranea*); “Pudrición acuosa” (*Pythium spp.*).

(MINAGRI 2017) reporta que las aplicaciones frecuentes y en dosis inadecuadas de agroquímicos para controlar las plagas y enfermedades, aumentan la resistencia de las plagas, por lo que, recomienda realizar “rotación de cultivos y el uso de semillas certificadas libres de patógenos”

#### 3.2.4.9 Cosecha

Se debe “cosechar a la madurez fisiológica del cultivo, el método de cosecha depende de la topografía del suelo, pudiendo ser manual, a tracción mecánica o animal” (INIA, 2012)p. 2. Posteriormente o durante la cosecha debe realizarse la selección de los tubérculos de acuerdo a las exigencias del mercado (Otiniano, 2017)

La cosecha para comercialización debe realizarse cuando el follaje de las plantas ha cambiado de coloración a verde amarillento, en esta etapa “los tubérculos se desprenden con facilidad de los estolones”, si es para almacenar se deja en el suelo hasta que la piel tenga consistencia gruesa y no se desprende (Rodríguez 2010)



**Figura 10 — Factores que establecen la oportunidad de la cosecha**

Extraído de (Egúsqiza, 2012)

#### 3.2.4.10 Rendimiento

Según el INIA 2012, reporta rendimientos de hasta “1.5 Kg/planta y de 40 a 50 t/ha en condiciones experimentales” en condiciones de campo se han obtenido rendimientos de hasta 30 t/ha, Lima 2015 reporta rendimientos de 12.525 t/ha para la región de Puno mientras que Cutipa 2007 para la misma región reporta rendimientos de 20 t/ha con abonamiento de humus de lombriz.

Jiménez 2013, en condiciones experimentales obtuvo rendimientos de 23.8 t/ha con 100% de abonamiento con humus de lombriz, Luna et al. 2016, citando a Lima et al. 2000, menciona que para cada tonelada de aplicación de gallinaza los rendimientos de papa aumentan “en 1.468 t por encima de las 40.752 t”, autores como Ramírez, Mejía y Fernández 2017, obtienen rendimientos de 32.020 t/ha para la variedad perricholi, 27.979 t/ha para Kori INIA y 19.374 t/ha para la variedad Huayro, dichos rendimientos se obtuvieron con fertilización de 180-180-120 de NPK más la incorporación de 3 t/ha de guano de corral de vacuno.

Como se puede observar en la revisión de literatura, los rendimientos de la producción de papa son variables y según los niveles de fertilización nitrogenada Inostroza et al. 2017, reporta la información de la tabla 10.



**Tabla 10 — Efecto de la fertilización nitrogenada sobre el rendimiento total, comercial y de semilla de papa**

Fertilización	Rendimiento t/ha		
	Total	Semilla	Comercial
N 0	41.8	7.5	37.4
N 100	48.7	31.0	42.9
N 200	43.9	27.6	36.9

Extraído de (Inostroza, et al. 2017)

El MINAGRI 2020, reporta para el Perú los indicadores de rendimiento según la tabla 11.

**Tabla 11 — Indicadores de rendimiento de papa en el periodo 2015 al 2019**

Año	Superficie cosechada (miles. Ha)	Producción (miles de toneladas)	Rendimiento (t/ha)
2015	316.5	4715.9	14.899
2016	310.7	4514.2	14.529
2017	310.4	4776.3	15.388
2018	325.6	5131.5	15.761
2019	330.0	5331.1	16.156
Tasa de crecimiento anual	de 1.2%	2.2%	1.0%

Extraído del (MINAGRI, 2020)

Como se puede observar en la tabla 11. Los rendimientos del cultivo de papa distan mucho de los rendimientos obtenidos en los ensayos experimentales, lo cual demuestra la brecha existente en transferencia tecnológica, infraestructura productiva y manejo tecnológico en el cultivo de papa.

### 3.2.5 Humus de lombriz o excreta de lombriz

El “humus de lombriz” es obtenido mediante la digestión de “residuos orgánicos de la lombriz roja o de California” Valeriano 2021, al tratarse de la excreta de las

lombrices es una sustancia inodora, de color marrón oscuro y puede ser incorporado en el abonamiento de cualquier cultivo (Tupayachi, 2021)

El humus de lombriz es un abono “muy estable, no se pudre, no se fermenta”, es nutriente directamente disponible para la planta, favorece el desarrollo radicular de las plantas, su duración en el suelo es de 5 años y retiene la humedad en 16 veces su peso Valeriano 2021, “es rico en enzimas que actúan sobre la materia orgánica, regenerando los suelo, tiene elevado contenido de ácidos húmicos, fúlvicos y carga microbiana, restaura la actividad biológica del suelo” (Amacifuén, 2012)

El humus contribuye mejorando “la estructura del suelo, haciéndolo más permeable al agua y al aire, favorece la retención de agua, libera los nutrientes requeridos por las plantas en forma sana y equilibrada. Cuenta con pH neutro, se puede aplicar en cualquier dosis sin ningún riesgo de quemar las planta” (Amasifuen, 2003)

Existen muchos autores que estudiaron los beneficios del humus de lombriz en los cultivos y como denominador común aceveran que incorporado al suelo como enmienda mejora las propiedades físico, químico y microbiológico del suelo y aumentan los rendimientos de los cultivos (Amasifuen 2003; Mendoza 2017; Ojeda et al. 2020; Amacifuén 2012; Mozombite 2012; Tupayachi 2021; Valeriano 2021)

El humus de lombriz es “el último proceso de putrefacción de la materia orgánica, se puede producir desde el nivel del mar hasta 3800 msnm”. (Astorga ,2021)

### **3.2.5.1 Características del lombricompost**

Según Mamani 2011, citado en Valeriano 2021, menciona que “el humus de lombriz está compuesto principalmente por el carbono, oxígeno, nitrógeno e hidrógeno, encontrándose también una gran cantidad de microorganismos” (p. 18) su calidad depende de la calidad de materia orgánica ingestada por las lombrices.

Según Amacifuén 2012, la composición del humus de lombriz tiene las características mencionadas en la tabla 12.

**Tabla 12 — Composición del humus de lombriz en el departamento de San Martín**

Elemento	Contenido
pH	7.18
Porcentaje de materia orgánica (%)	27.20
Porcentaje de nitrógeno (%)	2.00
% de fósforo (%)	2.40
% de potasio (%)	1.36
Presencia de calcio meq/100 Ca	6.40
Presencia de magnesio meq/100 Mg	1.80

Extraído de (Amacifuén 2012, p. 31)

Los valores en la composición del humus de lombriz puede variar dependiendo de la temperatura y tipo de alimento suministrado a las lombrices (“estiércol, rastrojo u otros desechos”) tal como se muestra en la tabla 13 (Pantoja Medina 2020), las enzimas digestivas de las lombrices liberan el N, P y K y otros oligoelementos.

El lombricompost posee una serie de microorganismos benéficos. El humus tiene que mantenerse con una humedad de 50 a 60 %, así mismo tiene sustancias de crecimiento vegetal como las fitohormonas. (Santoyo et al. 2017), es sabido que “1 mg/L de humus equivale a la actividad de 0.01mg/L de A.I.A” (Campos, et al. 2020).

**Tabla 13 — Características químicas del humus de lombriz**

Tipo de lombricomposta	N (%)	P (%)	K (%)	Ca (%)	Mg (%)	Fe (ppm)	Zn (ppm)	Mn (ppm)
E. de bovino	2.02	0.8	0.5	2.04	0.85	1.07	217	408
E. de cabra	1.31	0.71	1.77	5.01	0.55	2.55	129	236
E. de conejo	1.5	1.2	0.2	2.86	0.65	2.61	124	776
E. gallina	1.33	1.66	0.08	10.2	0.6	1.31	644	901

Extraído de (Pantoja, 2020 p. 30)

Según COMPONERSE 2003, citado en Pantoja 2020, “El humus de lombriz está compuesta por la siguiente composición mineralógica: Nitrógeno total 1.6-2.3%, fósforo total 1.4-1.9%, potasio total 1.4-1.9%, Calcio 1.3-6.9%, pH neutro 7.0-7.2, humedad máxima 40, Magnesio, hierro, sodio, cobre, manganeso, etc. que permite a las plantas tener un desarrollo normal”. (p. 31)

Estudios realizados en la “Unidad Científica de Base Suelos en Cuba”, por Ojeda et al. 2020, reporta que el “humus de lombriz” contiene “0,99, 0,47 y 0,36% de N, P y K, respectivamente, y 21,11% de materia orgánica” y Zea Rojas 2017, menciona que existe distintos valores para las características químicas del humus de lombriz por ejemplo en “la Estación Experimental ILLPA – Puno en el 2005” se registró por gramo de humus una humedad de 58,52%, sustancias orgánicas 45%, nitrógeno 2,1%, fósforo 1,42%, potasio 1,44%, calcio, 6,74%, pH entre 7,1 y 7,5 y carga bacteriana de  $2 \times 10^{10}$ ”.

Para Zea 2017, refiere que los valores de las características químicas difieren en otras regiones de América Latina, los análisis físico, bacteriológico de “el Manual práctico para la lombricultura de la FAMA” el “humus de lombriz presenta un pH entre 6,8 y 7,5, humedad de 30 a 40%, nitrógeno 1,5 a 5 gramos, fósforo 1,5 a 5 gramos, potasio 1,5 a 305 gramos, CE de 3 a 4 mmhos/cm, fracción orgánica de 20 a 50% (Brechelt); mientras que en el Manual lombricultura de la SAGARPA de México” reporta “pH 6,8 a 7,2, nitrógeno 1,5 a 3,35%, fósforo 700 a 2 500 ppm y potasio 4 400 a 7 700 ppm (SAGARPA)”

### 3.2.5.2 Propiedades del lombricompost

Sarmineto 2019, sostiene que el humus, aumenta la retención de humedad en el suelo, “favoreciendo las características físicas y biológicas dentro del suelo”, neutraliza la disponibilidad de agentes contagiosos de insumos químicos por su elevada asimilación que posee.

Astorga 2021, reporta las propiedades que aporta al suelo: i) “mejoran la estructura y aireación”; ii) “proporcionan un mayor número de nutrientes”, iii) “consiguen retener más agua”; iv) “aumentan la flora microbiana”; v) “favorecen la absorción de nutrientes en las plantas” y vi) “reducen hasta un

50% el uso de fertilizantes químicos”, mientras en las plantas aumenta la producción, mejora el cuajado de los frutos, favorecen el enraizamiento por el contenido de fitohormonas, aumentan el “contenido de azúcares en los frutos”.

Según Valeriano 2021, p. 19 la incorporación del humus al suelo influye de la siguiente forma:

**a) Propiedades químicas**

- Aumenta la disponibilidad de N, P y K, especialmente N orgánico
- Aumenta “la eficiencia de la fertilización”, especialmente N
- Asegura la reacción del suelo, por su “alto poder tampón”
- Inhibe el efecto residual de “plaguicidas” por su “capacidad de absorción”
- Disminuye el desarrollo de “hongos y bacterias” perjudiciales para las plantas.

**b) Propiedades Físicas**

Mejora “la estructura del suelo”, proporcionando soltura a los suelos arcillosos y mejora la porosidad

Mejora la filtración y ventilación

- Disminuye el deterioro del suelo
- Aumenta la “capacidad de retención de humedad”
- Modifica el color del suelo a un color oscuro que favorece la retención del calor

**c) Propiedades biológicas**

- “Es fuente de energía la cual incentiva a la actividad microbiana”

- “Al existir condiciones óptimas de aireación, permeabilidad, pH y otros se incrementa y diversifica la flora microbiana”

**d) Contenido de nutrientes**

Existe diversidad de información para el contenido de nutrientes del humus de lombriz y tiene relación con la calidad de la materia orgánica ingestada por la lombriz y factores como temperatura y tiempo de humificación, según reportes del laboratorio de la facultad de agronomía y zootecnia de la UNSAAC citado por Tupayachi (2021) reporta el contenido del humus de lombriz en la tabla 14

**Tabla 14 — Composición del humus de lombriz**

<b>Composición</b>	<b>Cantidad</b>
pH	± 7
Sustancias orgánicas	44 a 46%
Nitrógeno	1.7 a 2 %
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> soluble	1.4 a 2 %
K <sub>2</sub> O intercambiable	1.4 a 2 %
Humedad media	56 a 60 %
Calcio (Ca)	2 a 3.5 %
Cenizas	27.79 %
Magnesio (Mg)	0.4 %
Hierro (Fe)	210.90 ppm
Manganeso (Mn)	77.3 ppm
Cobre (Cu)	12.4 ppm
Boro (B)	3.1 ppm
Ácido húmico	2.7 %
Ácido fúlvico	4.10 %
Bacterias	2 x 10 UFC/g

Extraído de (Vitorino 1993. Laboratorio FAZ- UNSAAC, citado por Tupayachi, 2021 p. 28)



### 3.2.5.4 Aplicación del humus de lombriz

El humus de lombriz puede ser utilizado directamente a la planta como abono o en mezcla con fertilizantes, sustratos, hormonas Mozombite 2012. La sobredosis no genera problemas de fitotoxicidad a las plantas (Pantoja, 2020)

Amacifuén 2012, recomienda la incorporación de 4 t/ha durante la fase vegetativa de semilleros en tomate, Ramírez et al. 2004 citado por Luna et al. 2016 “sostienen que la fertilización nitrogenada a las dosis 100 y 150 kg/ha de N produce mayor tuberización y rendimiento en el cultivo de papa” ante ello recomienda el abonamiento con 0.7 t/ha de humus de lombriz, por su parte Lujan 2018, recomienda la incorporación mayor a 3 t/ha para el cultivo de papa, Condori y Borda 2014, para la zona yunga recomiendan la dosis de entre 0.25 y 0.50 kg/planta en el cultivo de papa y Cutipa 2007, recomienda la dosis de 1.750 t/ha.

**Tabla 15 — Dosis de aplicación de humus de lombriz según cultivos**

Cultivos	Aplicación
Praderas	800 g/m <sup>2</sup>
Frutales	2 Kg/árbol
Hortalizas	1 Kg/m <sup>2</sup>
Césped	0.5-1 Kg/m <sup>2</sup>
Ornamentales	150 g/planta
Semilleros	20%
Abonado de fondo	160-200 L/m <sup>2</sup>
Trasplante	0.5-2 Kg/árbol
Recuperación de terrenos	2500-3000 L/ha

Extraído de (Barbado, 2004)

### 3.3 Marco conceptual

- a) **Agricultura:** Es la actividad de la labranza de la tierra con la finalidad de realizar las labores culturales de un cultivo y alcanzar su productividad.
- b) **Abono orgánico:** Se llama abono al nutriente que proviene de los vegetales y animales u otras fuentes.
- c) **Aporque:** Amontonar tierra en el cuello o base de la planta con fines diverso según el cultivo.
- d) **Aplicación:** Consiste en aplicar el fertilizante de manera directa, en la base de la planta, para que los nutrientes se encuentren presentes lo más cercano a sus raíces y éste pueda ser aprovechado por la planta.
- e) **Calidad productiva:** Es el grado o capacidad de una producción de un cultivo por unidad de superficie de tierra cultivada.
- f) **Características agronómicas:** Son conjuntos de cualidades extrínsecas e intrínsecas que determinan la naturaleza óptima de un cultivo.
- g) **Calibre:** Los calibres se utilizan para visualizar una única métrica dentro de un contexto cuantitativo definido por valores mínimo y máximo.
- h) **Crecimiento:** Es el aumento de la masa aun cuando se acompaña de un desarrollo lento o imperfecto.
- i) **Cultivo:** son las plantas domesticadas y cultivadas que el hombre agrupa en un determinado el espacio, con la finalidad de suministrar condiciones óptimas logrando así mayores rendimientos.
- j) **Desarrollo:** Es la serie de transformaciones morfológicas y fisiológicas que son solución de continuidad de su ciclo biológico desde la germinación y desde el momento que brota la planta hasta la maduración completa de los frutos o de las semillas.
- k) **Desarrollo Vegetativo:** Proceso mediante el cual las plantas pasa por las diferentes fases de crecimiento y diferenciación celular. Comprende todas las etapas del



crecimiento del vegetal, donde la planta no desarrolla órganos o estructuras reproductivas de origen sexual.

- l) **Densidad de siembra:** Es la cantidad de plantas que se cultivan en un espacio determinado.
- m) **Distanciamiento:** Está relacionado a la separación entre líneas y entre plantas dentro de un marco de plantación.
- n) ***Eisenia foetida*:** Es el nombre binomial de la lombriz roja Californiana, que después de un proceso de excavación que ocurre en el suelo y a medida que come, deposita sus deyecciones, convirtiéndole el terreno más fértil.
- o) **Etapas:** Es la etapa del desarrollo de las plantas desde la semilla sembrada, hasta la maduración de los frutos.
- p) **Efecto favorable:** En los sistemas de producción buscan optimizar su rendimiento minimizando todas las posibles fuentes de desperdicio en la cadena de valor sobre la que actúan. Una fuente de desperdicio clásica son los defectos. Para disminuir la tasa de defectos y como consecuencia aumentar el rendimiento de los sistemas de producción.
- q) **Eludir:** Evitar una dificultad, obligación, etc. con algún artificio. Hacer vana o hacer que no tenga efecto una cosa por medio de algún artificio.
- r) **Fases:** Es el proceso de transformación de los diferentes órganos vegetativos.
- s) **Fertilización:** Proceso que consiste en la preparación de la tierra y la incorporación de abonos orgánicos, que tienen por objeto mejorar la fertilidad de los suelos a la hora de la siembra y plantación de semillas.
- t) **Fertilización Localizada:** Llamado abonamiento de fondo que se realiza en forma adecuada y al pie o sistema radicular de la planta, y a medida de su incorporación pasa a formar parte de la tierra.
- u) **Fertilización al Voleo:** La aplicación al voleo de un abono puede ser de forma manual o con máquina fertilizadora. Una vez repartido, este fertilizante puede ser incorporado al terreno mediante arado, rastras o simplemente dejado en superficie o cobertura.

- v) **Floración:** considerada así a la acción de florecer de las plantas, en el caso la papa tiene flores pentámeras y de coloración muy variada.
- w) **Genotipo:** Conjunto de factores hereditarios de una especie o un individuo. Está representado por los genes y por la herencia citoplasmática cuando esta se encuentra involucrada en la herencia de un carácter.
- x) **Humus:** Materia que se origina de los desechos de las lombrices y el arduo trabajo de la descomposición de microorganismos presentes en el suelo.
- y) **Humus de lombriz:** Es un producto resultado del proceso de descomposición natural realizada por lombrices rojas californianas, a partir de un sustrato orgánico.
- z) **Materia orgánica:** Residuos de vegetales y animales en sus diferentes grados de (alteración o descomposición, sintetizadas por seres vivos microorganismos presentes en el suelo).
- aa) **Manejo agronómico:** Conjunto de prácticas y técnicas agrícolas aplicadas a los cultivos.
- bb) **Nutrientes:** Son los componentes macro y micro nutrientes que las plantas logran asimilar para alcanzar su máximo desarrollo fenológico.
- cc) **Producción:** Es definido como la cantidad total de la producción de un cultivo en un área determinado.
- dd) **Productividad:** Capacidad de uso de la tierra destinada a la producción de un cultivo, aplicando diversas tecnologías, definido por factores como el sistema de uso, clima, fertilidad del suelo. Sus unidades de expresión son igual a rendimiento.
- ee) **Rendimiento:** Es el resultado final de un producto agrícola cosechado por unidad de superficie cultivada.
- ff) **Semilla.** (Contextura botánica destinada a la reproducción sexual o asexual de una especie), con atributos agronómicos como fito sanidad, pureza, y alto potencial de rendimiento.



- gg) Senescencia:** Es el desarrollo de las plantas cumpliendo todo su desarrollo fisiológico por completo, desde la germinación de la semilla, desarrollo, maduración de los frutos, envejecimiento (muerte del cultivo).
- hh) Testigo:** Es el tratamiento de comparación adicional con otros tratamientos, en estudio, por ejemplo, si tenemos 3 tratamientos que incluyen fertilización entonces, el cuarto sería el tratamiento sin fertilización que vendría a ser el testigo.
- ii) Variedad:** Es la población de plantas de una misma especie, con características morfológicas semejantes o en común.
- jj) Variedad moderna:** Si bien la **papa** cultivada internacionalmente pertenece a una única especie botánica, (*Solanum tuberosum*), existen miles de **variedades** con grandes diferencias de tamaño, forma, color, textura, cualidades y sabor, quiere decir que han sido modificadas genéticamente. La más conocida entre estas es la canchán, por ejemplo, mientras que del lado de las nativas las más conocidas son: tumbay, huamantanga, huayro y amarilla.

## **CAPÍTULO IV METODOLOGÍA**

### **4.1 Tipo y nivel de investigación**

#### **4.1.1 Tipo de investigación**

La investigación fue de enfoque cuantitativo ya que las variables son evaluadas en el sistema internacional de unidades y la investigación se centra en la prueba de hipótesis mediante el uso del análisis de variancia, es de tipo aplicativo porque los resultados de la investigación están orientados a resolver los problemas existentes en los bajos niveles de producción del cultivo de la papa, la investigación también es transversal porque los datos fueron recogidos en un determinado momento del tiempo (campaña agrícola 2018 – 2019)

#### **4.1.2 Nivel de investigación**

La investigación fue de nivel experimental puro debido a que se manipuló deliberadamente la variable fertilización localizada para medir sus efectos sobre la producción del cultivo de papa, fue explicativo, porque tiene como propósito medir el efecto de la variable independiente (fertilización localizada) sobre la variable dependiente (producción del cultivo de papa)

### **4.2 Método de la investigación**

#### **a) Acondicionamiento de los materiales, insumo y equipos**

El humus de lombriz fue adquirido de la finca agroecológica Llañukancha del distrito de Abancay, la semilla de papa fue adquirida de la Estación Experimental del Instituto Nacional de Investigación – INIA de Andahuaylas, Apurímac, los insumos y herramientas manuales para la conducción del cultivo fueron de origen local, los equipos utilizados fueron la balanza, vernier, flexómetro con los cuales se logró obtener la data, según los indicadores mostrados en la tabla 1.

## b) Ejecución y sistematización de la investigación

La ejecución fue realizada cumpliendo el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac, la conducción de la parte experimental de la investigación se realizó entre los meses de enero a mayo del 2021; en el distrito de Chuquibambilla a 3320 msnm, con temperatura promedio anual de 11.9 °C, humedad relativa promedio anual entre 46% a 60% y precipitación promedio anual de 842 mm, los datos fueron obtenidos mediante la utilización de vernier, flexómetro y balanza de precisión luego se codificaron de acuerdo a las variables e indicadores, después se realizó el análisis estadístico utilizando el software SPSS 24, la presentación y análisis de los resultados se realizó en tablas y gráficos con los cuales se da respuesta a los objetivos y la prueba de hipótesis de la investigación. (Behar, 2008).

### 4.3 Diseño de la investigación

Según Spiegel y Stephens 2017, el diseño de investigación correspondió al de post test con grupo control en un diseño de bloques completos al azar. el diseño correspondiente es el siguiente:

RUE1 X1 O1

RUE2 X2 O2

RUE3 --- O3

Dónde:

R: Asignación aleatoria, es decir que las unidades elementales serán asignadas de manera aleatoria a las unidades experimentales

UEi: Unidades experimentales

Xi: Tratamiento

--- Ausencia de tratamiento

Oi: Una medición de las variables de respuesta (desarrollo vegetativo y rendimiento) de las unidades elementales después de la manipulación de las dosis de aplicación localizada de humus de lombriz (*Eisenia Foetida*).



El diseño experimental, se realizó en cuatro bloques y con tres tratamientos cada uno, por tanto, los factores fueron los siguientes:

T1: 2 Kg/m<sup>2</sup> de humus de lombriz al voleo

T2: 0.50 Kg/planta de humus de lombriz localizado

El modelo lineal del diseño experimental fue:

$$Y_{ijk} = \mu + \tau_i + \beta_j + e_{ijk}$$

$Y_{ijk}$  = Es el k eximo elemento perteneciente al j eximo tratamiento al i eximo bloque.

$\mu$  = es la media general

$\tau_i$  = es el efecto debido al i-écimo tratamiento

$\beta_j$  = es el efecto debido al j-écimo bloque.

$e_{ijk}$  = error experimental del i-écimo tratamiento en el j-écimo bloque

Para el procesamiento de datos, se calculó previamente los promedios de cada uno de las variables según la tabla 1, y se realizó el arreglo común siguiente:

**Tabla 16 — Arreglo común de datos de un DCBA**

Bloques	Tratamientos			Promedios
	T1	T2	T3	
I	Y <sub>11</sub>	Y <sub>21</sub>	Y <sub>31</sub>	Y <sub>.1</sub>
II	Y <sub>12</sub>	Y <sub>22</sub>	Y <sub>32</sub>	Y <sub>.2</sub>
III	Y <sub>13</sub>	Y <sub>32</sub>	Y <sub>33</sub>	Y <sub>.3</sub>
IV	Y <sub>14</sub>	Y <sub>42</sub>	Y <sub>43</sub>	Y <sub>.4</sub>
Promedios	Y <sub>1.</sub>	Y <sub>2.</sub>	Y <sub>3.</sub>	Y <sub>..</sub>



Características de las unidades experimentales

Numero de Bloques:	4
Nº de Tratamientos / bloque:	3
Largo de U.E:	4.20 m.
Ancho de U.E:	3.60 m
Área total de U.E:	15.12 m <sup>2</sup>
Longitud de bloque:	10.80 m
Ancho de bloque:	4.20 m
Área por bloque:	45.36m <sup>2</sup>
Área total bloques (4):	482.76 m <sup>2</sup>
Total, unidades elementales:	576

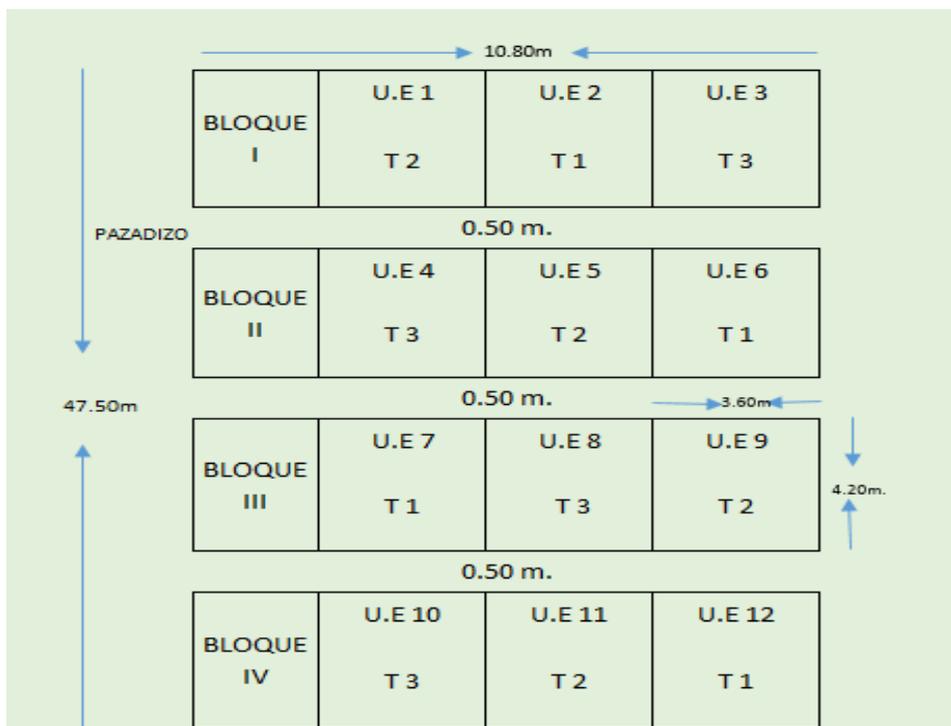


Figura 11— Croquis del diseño experimental

#### 4.4 Descripción ética de la investigación

La investigación en su etapa de diseño, se guió por principios de eficiencia es decir producir resultados adecuados optimizando los recursos disponibles, en la etapa de ejecución experimental las unidades elementales fueron tratadas de la misma forma, se ha protegido el perímetro de la parcela experimental para evitar daños a las unidades experimentales y distorsionar los resultados, en la selección de los tratamientos, se ha ponderado no hacer daño al medio ambiente, la diversidad biológica y su correspondiente proceso ecológico ya que la aplicación del humus de lombriz no daña el medio ambiente. En la etapa de redacción se cuidó dar el crédito correspondiente al aporte de otros investigadores, la obtención de los datos y su tratamiento estadístico obedecen a la tabla de operacionalización de variables que tienen sustento teórico en investigaciones ya realizadas, los datos no fueron manipulados deliberadamente y el análisis e interpretación son producto de los hallazgos y no de ideas predeterminadas, finalmente se alcanza la redacción cumpliendo el formato del Reglamento de grados y títulos de la UNAMBA.

#### 4.5 Población y muestra

Población

Constituido por 576 plantas de papa de la variedad Canchan INIA

Muestra

Constituida por 240 plantas de papa de la variedad Canchan INIA

Técnicas de muestreo

Se realizó la evaluación de las variables, en los surcos centrales de cada unidad experimental tomando al azar 20 plantas de papa.

Tamaño y cálculo de la muestra

El cálculo del tamaño de la muestra fue por el método probabilístico con la fórmula para población finita a un nivel de 95 % de probabilidades y 5 % de error, para minimizar el error tipo I y II se asumió  $p = q = 0.5$

$$n = \frac{z^2 * p * q * N}{N * e^2 + z^2 * p * q}$$

Dónde:

Z: nivel de confianza para el 95 % de probabilidades es 1.96

p=q: variabilidad positiva y negativa para optimizar los errores tipo I y II e igual al 50 %.

N: población en estudio 576 plantas de papa Canchan INIA.

e: error igual al 5 %

Reemplazando los valores se determina 240 unidades elementales (plantas de papa canchan INIA).

Muestreo

Se utilizó el método probabilístico del Muestreo al Azar Simple (MAS), muestreando 20 plantas en los surcos centrales de cada unidad experimental.

#### **4.6 Procedimiento de la investigación**

La disposición de los tratamientos en las unidades experimentales fue realizada de manera aleatoria, la aplicación fue realizada el mismo día (20/01/2021), la selección de los tubérculos semillas fueron entre 50 a 60 g/tubérculo y con tres a cuatro brotes vigorosos.

La investigación fue conducida de manera sistemática y secuencial como se describe a continuación:

Etapa I. Preparación de terreno

La preparación del terreno se realizó de manera manual mediante las siguientes actividades:

a) Limpieza del terreno

Consistió en retirar rastrojos, piedras y restos de la cosecha anterior (cultivo de maíz), posteriormente se removió el suelo con el uso de Chakitaqlla, se realizó el desterroneo y nivelado con pico y rastrillo.

b) Muestreo de suelos

Se tomó seis puntos en zigzag, luego se realizó el corte en forma de “V” a una profundidad de 30 cm, luego se procedió a extraer una tajada entre dos a tres centímetros desde la superficie hasta el fondo del suelo, después de mezclar las muestras de los seis puntos se extrajo una muestra de un kilo, el cual se encargó el análisis al laboratorio de análisis químico, físico de suelos, aguas y plantas (fig. 12)



**Figura 12 — Reporte de análisis de fertilidad y caracterización del suelo**

Extraído del Laboratorio de Análisis Químico, Físico de Suelos, Aguas y Plantas (2021)

c) Riego

Se realizó mínimamente tres días antes de la preparación del terreno (17/01/2021) con el propósito de brindar buena aireación, y conseguir la capacidad de campo del suelo para un brotamiento uniforme de la semilla tubérculo.

d) Arada, rastrada y surcado

Se realizó con la utilización de Chaquitaqlla apoyado con herramientas manuales (picos y lampas) la actividad se realizó a una profundidad de 20 cm y concluyó con el surcado de las parcelas experimentales a un distanciamiento de 0.9 m entre surcos (18/01/2021).

e) Trazado de bloques y parcelas experimentales

Labor que se realizó una vez surcado la parcela, el trazado consistió en distribuir el área experimental en sub parcelas (unidades experimentales) de igual tamaño ( $45.36 \text{ m}^2/\text{UE}$ ) en esta etapa se utilizaron herramientas manuales e insumos como: wincha de 50 metros, estacas, cordeles y yeso (19/01/2021).

Etapa II. Siembra y labores culturales

a) Siembra

Fue manual, se colocó el tubérculo semilla a 15 cm en el fondo del surco, luego se realizó el tapado con tierra, el distanciamiento entre semillas fue de 0.35 m y entre surco de 0.90 m, esta labor fue ejecutado el 20/01/2021

b) Abonamiento / Fertilización

Se realizó juntamente con la siembra, en las unidades experimentales para el tratamiento T1 ( $2 \text{ Kg/m}^2$  de humus de lombriz al voleo) se incorporó 90.72 kg de humus de lombriz por unidad experimental y para el tratamiento T2 (0.5 Kg/planta de humus de lombriz localizado) se incorporó el humus de lombriz depositando en el fondo del surco, sobre el cual se colocó las semillas, para el tratamiento T3 (testigo) no se incorporó ningún abonamiento, esta labor fue realizada el 20/01/2021

1er. Aporque

Se realizó cuando las plantas alcanzaron un tamaño promedio 0.15 m, consistió en formar camellones arrumando tierra hacia el tallo de la planta con la finalidad de favorecer el crecimiento radicular y el crecimiento de la planta, esta actividad fue realizada a los 55 días después de la siembra (16/03/2021).

## 2do. Aporque

Consistió en arrumar suelo a la planta para favorecer el desarrollo de los estolones, esta labor se realizó a los 90 días después de la siembra (20/04/2021) cuando las plantas tenían una altura de 30 cm.

## c) Control de malezas

Fue realizado dos veces durante el experimento los cuales fueron conjuntamente con el primer y segundo aporque

## d) Frecuencia de Riegos

Debido a la presencia de lluvias en la zona de la investigación no se aplicaron riegos al cultivo durante su periodo vegetativo.

## e) Control de plagas y enfermedades

No se realizaron controles para plagas o enfermedades debido a que en el campo experimental en la campaña anterior se cultivó el maíz y en la zona de investigación no se cultivó papa, sin embargo, se observó la presencia de plagas como mosca minadora y epitrix pero su daño no ocasionó daños al follaje de la planta.

## f) Cosecha

Se realizó de forma manual cuando el follaje de la planta ha terminado el “amarillamiento” los tubérculos han alcanzado su madurez (la piel está bien adherida al tubérculo), la cosecha se realizó a los 129 días después de la siembra (29/05/2021)

## 4.7 Técnicas e instrumentos

Se utilizó el método científico, la técnica experimental y para la colecta de datos se utilizó la técnica de la observación y medición, en el desarrollo de la investigación se utilizaron los siguientes materiales:



## a) Materiales de investigación

### De Campo

- Terreno agrícola
- Estacas
- Cordeles (piolas)
- Yeso
- Palas
- Picos
- Lampas
- Fumigadoras (15 Lt)
- Sacos
- Mantillas
- Humus de lombriz
- Balanza manual

### Biológico

#### Humus de lombriz

Tubérculos (semilla de papa Vr. Canchan INIA)

### De Oficina

Libreta de campo	Computador
Material bibliográfico	Impresora
Lápiz, lapicero	Papel Bond A4
Borradores	Memoria de almacenamiento
CDs	Calculadora
Marcadores	Cámara fotográfica (digital)
Etiquetas	Regla milimetrada (Bernier)

## b) Evaluaciones

Fue permanente desde la siembra hasta la cosecha, los indicadores propuestos en la tabla 1.

### Emergencia

Se evaluó a partir de los 15 hasta los 30 días después de la siembra, en este periodo se ha observado que más del 70% de las plantas han brotado, los datos se registraron en las fichas elaboradas previamente contando el número de plántulas sobre la superficie respecto del número de tubérculos instalados en cada bloque



#### Altura de planta

Se midió con una wincha de 3 m, desde la unión del tallo con el camellón del suelo hasta el ápice de la planta, las mediciones fueron realizadas en las plantas de los surcos centrales a los 30, 60 y 90 días después de la siembra. Los datos fueron promediados y registrados en las fichas elaboradas previamente.

#### Número de tallos

Las evaluaciones se llevaron a cabo conjuntamente con la altura de planta (30, 60 y 90 dds) consistió en contar la cantidad de tallos principales brotados por cada tubérculo semilla

#### Brotos laterales

Se evaluaron a los 35 días, se contabilizó y se registró el número de brotes del tallo principal

#### Cantidad de tubérculos por planta

Se realizó en la cosecha tomando las plantas de los surcos centrales, se utilizó la técnica de la observación y conteo a los 129 dds.

#### Peso de tubérculo por planta

Se realizó durante la cosecha (129 dds), el método fue la observación y medición, el instrumento utilizado fue la balanza de precisión, los datos fueron registrados como el promedio de las mediciones por unidad experimental en las fichas elaboradas previamente.

#### Rendimiento

Fue obtenido por cálculo considerando el peso de tubérculos por planta y el área instalada, el cual fue homogenizada para una hectárea de terreno, sus valores fueron expresados en fichas elaboradas previamente.

#### Peso por tubérculo

Se calculó el promedio del peso del tubérculo por planta sobre el número de tubérculos por planta, registrando su valor en las fichas correspondientes.

Número de tubérculos

Se realizó durante la cosecha (129 dds), el método fue la observación y conteo, los datos fueron registrados como el promedio de las mediciones por unidad experimental en las fichas elaboradas

Diámetro de tubérculo.

Fue evaluado durante la cosecha, para ello se utilizó el vernier, registrando los datos como el promedio de las mediciones por unidad experimental.

#### **4.8 Procesamiento y análisis de datos**

“El procedimiento estadístico que se aplicará en el procesamiento y análisis de datos consistirá en una secuencia de procedimientos relacionados con el manejo de los datos obtenidos en la investigación y comprenderá la siguiente secuencia”: a) recolección de datos (medición); b) recuento (cómputo); c) presentación; d) descripción y e) análisis.

#### **4.9 Análisis estadístico**

##### **4.9.1 Cumplimiento de las condiciones necesarias del diseño experimental (Supuestos)**

###### a) Normalidad

Se verificó mediante el estadístico de Shapiro Wilk ( $n \leq 50$ ) el cual prueba la hipótesis que los datos provienen de poblaciones normales. La regla para rechazar la hipótesis de normalidad ( $H_0$ ), fue si el valor p (Sig.) es menor que 0.05 indica que los datos no provienen de una distribución normal, los resultados se muestran en la tabla 17.

Tabla 17 — Prueba de normalidad

Variables	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
Emergencia	,929	12	,366
Altura de planta a los 30 días	,922	12	,304
Altura de planta a los 60 días	,950	12	,643
Altura de planta a los 90 días	,980	12	,984
Número de tallos a los 30 días	,519	12	,000
Número de tallos a los 60 días	,619	12	,000
Número de tallos a los 90 días	,552	12	,000
Porcentaje de plantas con brotes laterales	,920	12	,288
Peso de tubérculos por planta	,886	12	,104
Diámetro de los tubérculos	,926	12	,341
Número de tubérculos por planta	,948	12	,603
Rendimiento estimando	,886	12	,103
Peso de tubérculo estimado	,925	12	,334

Los valores de la significancia son mayores que 0.05, a excepción de la variable número de tallos, por tanto, los datos provienen de una distribución normal, cumpliendo una de las condiciones necesarias en el campo de la estadística paramétrica.

#### b) Homogeneidad de varianzas

Se examinó mediante el estadístico de Levene, que consiste en probar una hipótesis de cada uno de los factores considerando la diferencia de la puntuación individual respecto de la media de su grupo (tratamiento). La regla para rechazar la hipótesis, fue si el valor p (Sig.) es menor que 0.05, indica que los datos no tienen varianzas homogéneas.

Tabla 18 — Prueba de homogeneidad de varianza

	Estadístico de			
	Levene	df1	df2	Sig.
Emergencia	,939	2	9	,426
Altura de planta a los 30 días	,927	2	9	,430
Altura de planta a los 60 días	,213	2	9	,812
Altura de planta a los 90 días	,007	2	9	,993
Número de tallos a los 30 días	,890	2	9	,444
Número de tallos a los 60 días	,780	1	6	,411
Número de tallos a los 90 días	. <sup>d</sup>			
Porcentaje de plantas con brotes laterales	1,195	2	9	,346
Peso de tubérculos por planta	2,279	2	9	,158
Diámetro de los tubérculos	2,588	2	9	,129
Número de tubérculos por planta	,040	2	9	,961
Rendimiento estimando	2,284	2	9	,158
Peso de tubérculo estimado	,230	2	9	,799
d. No hay suficientes parejas de dispersión/nivel exclusivas para calcular el estadístico de Levene.				

Según los resultados de la tabla 18, se observa que los niveles de significancia son mayores que 0.05, por tanto, se cumple la condición de homogeneidad de varianza de la estadística paramétrica lo que conlleva a realizar las pruebas de hipótesis mediante el estadístico de Fisher del análisis de varianza (ANOVA)

## CAPÍTULO V

### RESULTADOS Y DISCUSIONES

#### 5.1 Análisis de resultados

##### 5.1.1 Efecto de la fertilización localizada con humus de lombriz en el crecimiento vegetativo del cultivo de papa

El crecimiento vegetativo del cultivo de papa fue determinado mediante el porcentaje de emergencia, número de brotes laterales, altura de planta y número de tallos, los resultados después de procesar los datos se describen a continuación.

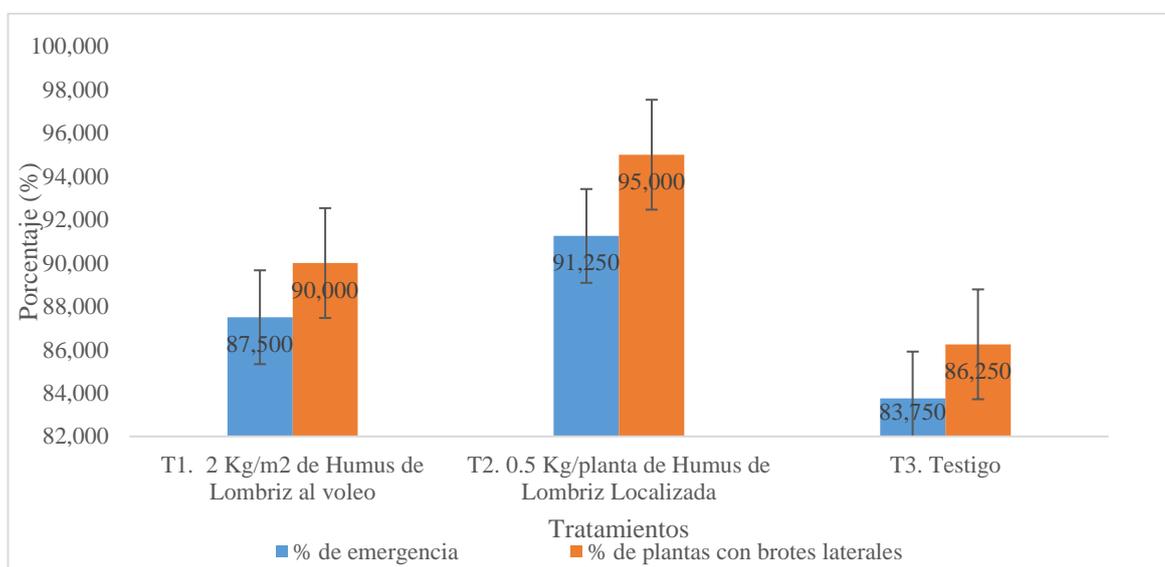
**Tabla 19 — Estadísticos descriptivos de la emergencia y brotes laterales del cultivo de papa**

Tratamientos	% de emergencia		% de plantas con brotes laterales	
	Promedio	Desviación estándar	Promedio	Desviación estándar
T1. 2 Kg/m <sup>2</sup> de Humus de Lombriz al voleo	87.500	10.408	90.000	10.801
T2. 0.5 Kg/planta de Humus de Lombriz localizada	91.250	4.787	95.000	4.082
T3. Testigo	83.750	6.292	86.250	6.292

Según la tabla 19 y gráfico 13, se puede observar que el mayor porcentaje de emergencia se logró con la aplicación de 0.5 Kg/planta de humus de lombriz (T2 aplicación localizada), con un valor de 91.250%, luego el tratamiento T1 con 2 Kg/m<sup>2</sup> de humus de lombriz (T1 aplicación al voleo) con 87.500% dichos porcentajes de

emergencia son mayores comparado con el tratamiento testigo (T3. Sin aplicación de humus de lombriz) que alcanzó el 83.750% de emergencia en el cultivo de papa, también se puede indicar que la mayor homogeneidad en la emergencia fue para el tratamiento T2 con ( $\pm 4.787\%$ ) y el que logró mayor dispersión fue el tratamiento T3 ( $\pm 10.480\%$ ).

La aplicación de 0.5 Kg/planta de humus de lombriz en forma localizada mostró mayor porcentaje de brotes laterales con un 95% y una dispersión de  $\pm 4.082\%$  lo que indicaría que induce a mayor brotación y más homogénea en comparación con el tratamiento T1 (2 Kg/m<sup>2</sup> de humus de lombriz al voleo) que alcanzó 90% de brotes laterales con una dispersión de  $\pm 10.801\%$ , a su vez, éste tratamiento sería mejor que el testigo que obtuvo 86.250% de brotes laterales con una dispersión de  $\pm 6.292\%$ .



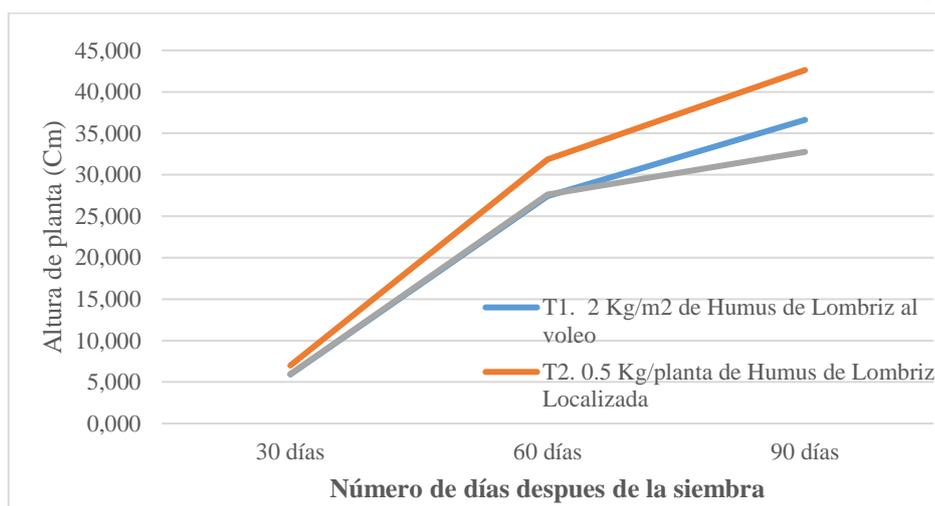
**Figura 13 — Histograma de frecuencias de la emergencia y el porcentaje de brotes laterales en el cultivo de papa**

La altura de planta fue evaluada entre momentos durante el periodo vegetativo del cultivo de papa, se tomó la distancia desde la unión del tallo con el camellón hasta el ápice de la planta, los resultados se muestran en la tabla 20 y gráfico 14.

**Tabla 20 — Estadísticos descriptivos de la altura de planta a los 30, 60 y 90 días según tratamientos**

Tratamientos	Altura de planta (cm)					
	30 días		60 días		90 días	
	Promedio	Desviación estándar	Promedio	Desviación estándar	Promedio	Desviación estándar
T1. 2 Kg/m <sup>2</sup> de Humus de Lombriz al voleo	5.923	1.751	27.413	2.463	36.623	6.824
T2. 0.5 Kg/planta de Humus de Lombriz Localizada	6.993	1.240	31.878	3.246	42.628	6.705
T3. Testigo	5.953	0.840	27.630	2.358	32.758	7.230

Según la tabla 20, la mayor altura de planta se obtiene al aplicar 0.5 Kg/planta de humus de lombriz en forma localizada (T2) el cual se mantiene también para los 60 y 90 días con valores de 6.993 cm, 31.878 cm y 42.628 cm respectivamente, además dichas alturas son más homogéneas que varían desde  $\pm 1.240$  cm a  $\pm 6.705$  cm, la aplicación de humus de lombriz a razón de 2 Kg/m<sup>2</sup> al voleo (T1), inducen similar crecimiento de plantas que el tratamiento testigo (T3) hasta los 60 días después de la siembra (Fig. 14), a partir del cual se diferencia siendo el tratamiento T1, que logra mayor altura de plantas (36.623 cm) comparado con el testigo (T3) cuyo valor alcanza a 32.758 cm a los 90 días después de la siembra.



**Figura 14 — Perfil histograma de la altura de planta a los 30, 60 y 90 días**

Respecto al número de tallos, se observa en la tabla 21 y figura 15, que la aplicación de 0.5 Kg/m<sup>2</sup> de humus de lombriz de manera localizada se diferencia con mayor número de tallos promedio incrementándose desde 1.950 a los 30 días a 3.775 a los 60 días y 3.750 a los 90 días después de la siembra.

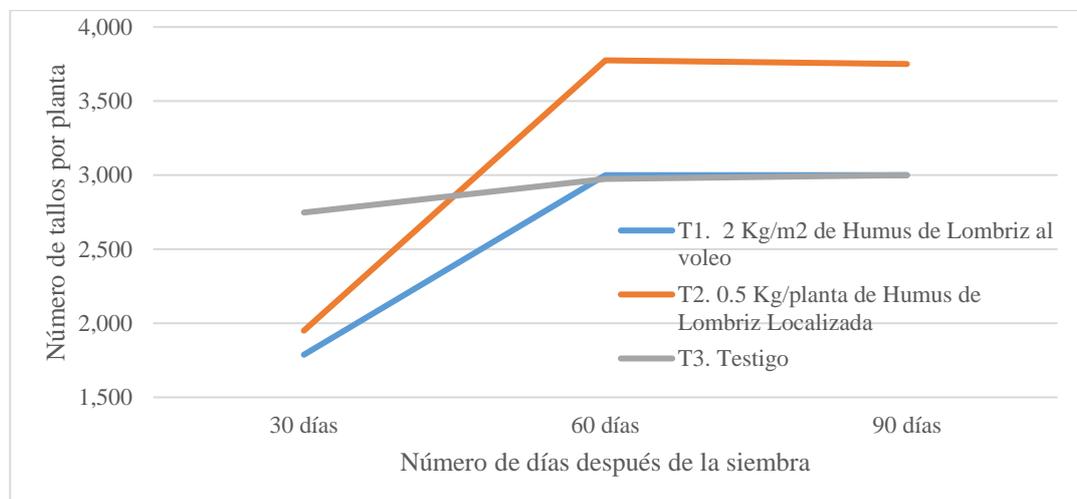
**Tabla 21 — Estadísticos descriptivos del número de tallos por planta a los 30, 60 y 90 días**

Tratamientos	Número de tallos por planta					
	30 días		60 días		90 días	
	Promedio	Desviación estándar	Promedio	Desviación estándar	Promedio	Desviación estándar
T1. 2 Kg/m <sup>2</sup> de Humus de Lombriz al voleo	1.788	0.352	3.000	0.000	3.000	0.000
T2. 0.5 Kg/planta de Humus de Lombriz Localizada	1.950	0.235	3.775	0.450	3.750	0.500
T3. Testigo	2.748	2.099	2.975	0.050	3.000	0.000

La aplicación del humus de lombriz a razón de 2 Kg/m<sup>2</sup> al voleo (T1) induce a semejante cantidad de tallos que el tratamiento testigo (T3) a los 60 y 90 días después



de la siembra (Fig. 15), a su vez que su comportamiento es más homogéneo al juzgar por las desviaciones estándar que van desde 0.00 desviaciones estándar hasta  $\pm 0.352$  desviaciones estándar en el tratamiento T1 y desde 0.00 hasta 2.099 desviaciones estándar en el tratamiento T3.



**Figura 15 — Perfil histograma del número de tallos a los 30, 60 y 90 días**

### **5.1.2 Efecto de la fertilización localizada con humus de lombriz en el rendimiento del cultivo de papa**

El rendimiento del cultivo de papa está representado por el peso del tubérculo por planta, diámetro del tubérculo, número de tubérculos por planta, rendimiento estimando y peso de tubérculo estimado, los resultados según los tratamientos evaluados se muestran en la tabla 22 y figura 16.

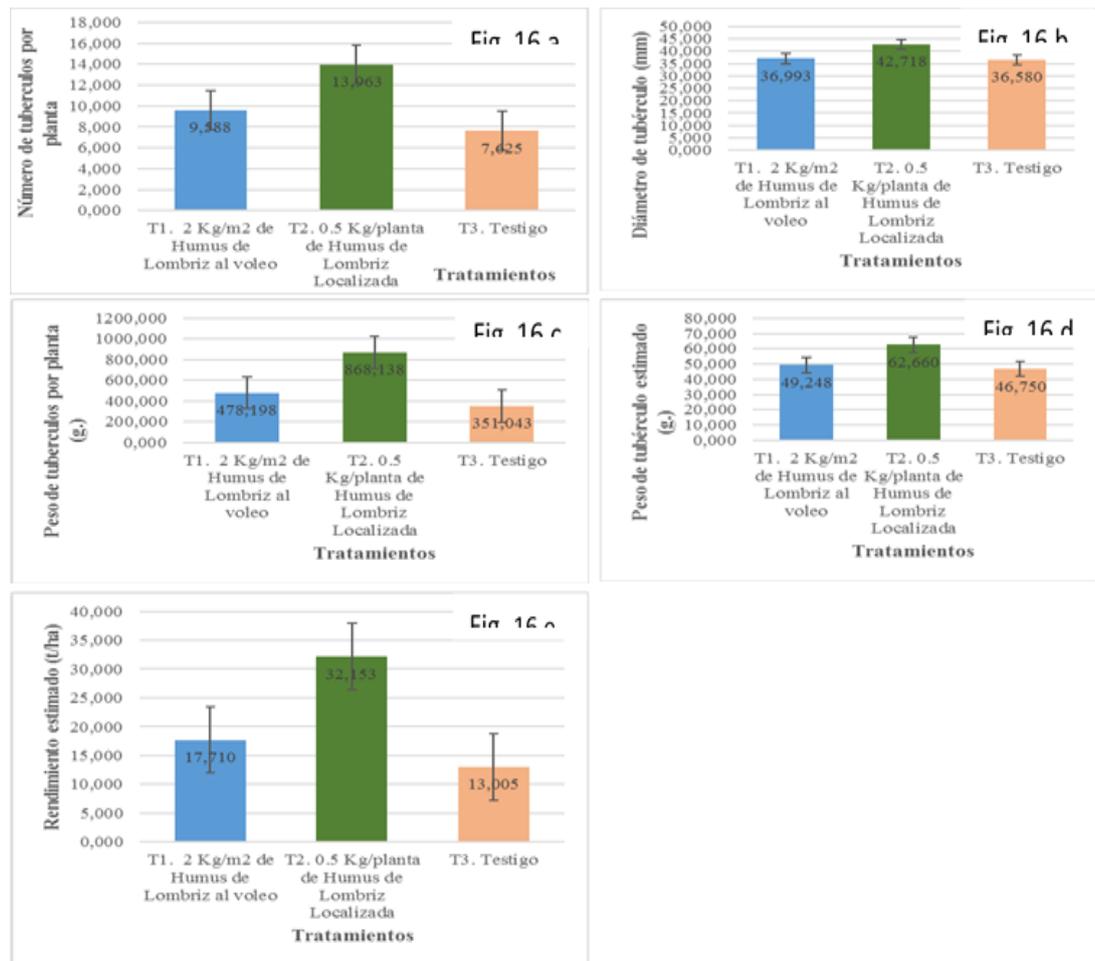


Tabla 22 — Estadísticos descriptivos de los parámetros de rendimiento

Tratamientos	Peso de tubérculos por planta (g.)		Diámetro de tubérculo (mm)		Número de tubérculos por planta		Rendimiento estimado (t/ha)		Peso de tubérculo estimado (g.)	
	$\bar{X}$	$\sigma$	$\bar{X}$	$\sigma$	$\bar{X}$	$\sigma$	$\bar{X}$	$\sigma$	$\bar{X}$	$\sigma$
T1. 2 Kg/m <sup>2</sup> de Humus de Lombriz al voleo	478.198	127.120	36.993	2.854	9.588	1.132	17.710	4.710	49.248	8.157
T2. 0.5 Kg/planta de Humus de Lombriz Localizada	868.138	87.574	42.718	1.601	13.963	1.534	32.153	3.242	62.66	8.595
T3. Testigo	351.043	44.361	36.580	3.082	7.625	1.321	13.005	1.643	6.750	7.764

#### Peso del tubérculo

El mayor peso del tubérculo fue obtenido con la aplicación localizada de 0.5 Kg/planta de humus de lombriz (T2) alcanzando pesos promedios de 868.138 g/planta y en orden decreciente se tiene al tratamiento T1 con la aplicación al voleo de 2 Kg/m<sup>2</sup> de humus de lombriz que logró un promedio de 478.198 g/planta dichos tratamientos se diferencian respecto del peso promedio alcanzado por el tratamiento testigo (T3) cuyo peso fue de 351.043 g/planta.



**Figura 16 — Histograma de frecuencias de los parámetros de rendimiento del cultivo de papa**

### Diámetro de tubérculo

Según la tabla 22 y figura 16.b) el mayor diámetro del tubérculo fue obtenido con la aplicación localizada de 0.5 Kg/planta de humus de lombriz (T2) alcanzando promedios de diámetros de 42.718 mm a su vez que dichos diámetros son más homogéneos con valores de  $\pm 1.601$  mm, luego en orden decreciente sigue el tratamiento T1 con la aplicación al voleo de 2 Kg/m<sup>2</sup> de humus de lombriz que logró un diámetro de tubérculo promedio de 36.993 mm, ( $\pm 2.854$  mm) el comportamiento de dichos tratamientos son más homogéneos respecto del diámetro promedio alcanzado por el tratamiento testigo (T3) cuyo valor fue de 36.580 mm variando entre  $\pm 3.082$  mm. Conforme se puede observar en la fig. 16.b) los tratamientos T3 y T1 no alcanzan a diferenciarse significativamente.

### Número de tubérculos por planta

Según la tabla 22 y figura 16.a) el mayor número de tubérculos por planta fue obtenido con la aplicación localizada de 0.5 Kg/planta de humus de lombriz (T2) alcanzando promedias de 13.963 tubérculos/planta, dichos promedios varían entre  $\pm 1.534$  tubérculos/planta, después en orden decreciente sigue el tratamiento T1 con la aplicación al voleo de 2 Kg/m<sup>2</sup> de humus de lombriz que logró promedios de 9.588 tubérculos/planta con una dispersión de  $\pm 1.132$  tubérculos/planta, finalmente el tratamiento T3 (testigo) logró alcanza en promedio 7.625 tubérculos/planta con una dispersión de  $\pm 1.321$  tubérculos/planta.

### Rendimiento estimado

Fue calculado por el producto de la variable peso promedio de tubérculos por planta y el número de plantas, el cual fue homogenizada para una hectárea y expresando su valor en t/ha, según la tabla 22 y figura 16.e) se tiene que, el mayor rendimiento fue obtenido con la aplicación localizada de 0.5 Kg/planta de humus de lombriz (T2), que alcanzo un promedio de 32.153 t/ha con una variación de  $\pm 3.242$  t/ha, en segundo lugar ocupa el tratamiento T1 que alcanzó un rendimiento promedio de 17.710 t/ha y una dispersión de  $\pm 4.710$  t/ha finalmente con el tratamiento testigo se logró un rendimiento promedio de 13.005 t/ha con una variabilidad de  $\pm 1.643$  t/ha, se puede mencionar el rendimiento más homogéneo es para el tratamiento T3.

### Peso de tubérculos estimado

Fue calculado por el cociente del peso del tubérculo por planta sobre el número de tubérculos por planta, expresando su valor en g/tubérculo, según la tabla 22 y figura 16.d) se tiene que, el mayor peso de tubérculo obtenido fue con la aplicación localizada de 0.5 Kg/planta de humus de lombriz (T2), que alcanzo un promedio de 62.660 g, con una variación de  $\pm 8.595$  g, luego en orden decreciente se tiene al tratamiento T1 (aplicación al voleo de 2 Kg/m<sup>2</sup> de humus de lombriz) con un promedio de 49.248 g y una dispersión de  $\pm 8.157$  g, finalmente con el tratamiento testigo se logró un peso promedio de 46.750 g y una variabilidad de  $\pm 7.764$  g, como se observa en la figura 16.d) no existe diferencia apreciable entre los resultados de los tratamientos T1 y T3.



## 5.2 Contrastación de hipótesis

### 5.2.1 Efecto de la fertilización localizada con humus de lombriz en el crecimiento vegetativo del cultivo de papa

Para determinar si existe diferencias significativas entre los tratamientos evaluados sobre las variables de crecimiento vegetativo se realizó la prueba de análisis de varianza con el nivel de confianza de 5%, para ello se ha planteado las siguientes hipótesis estadísticas:

Ho: No existe efecto atribuible a los tratamientos sobre las variables de respuesta evaluadas

H1: Existe efecto atribuible a los tratamientos sobre las variables de respuesta evaluadas

Se tomo el valor de alfa ( $\alpha=0.05$ ) por tanto el criterio para rechazar la hipótesis nula (Ho) fue cuando el valor de la significancia es menor que 0.05 (Sig < 0.05).

Luego para identificar el mejor tratamiento, se realizó la comparación múltiple de los promedios mediante el método de Tukey también a un nivel de confianza de 5% los resultados de la prueba se muestran en las tablas siguientes:

**Tabla 23 — Análisis de varianza de la emergencia y brotes laterales del cultivo de papa**

Variable	Origen	Tipo III de suma de cuadrados	Gl	Cuadrático promedio	F	Sig.
Emergencia	Modelo	92062.500 <sup>a</sup>	6	15343.750	210.429	.000
	Tratamientos	112.500	2	56.250	.771	.503
	Bloques	75.000	3	25.000	.343	.796
	Error	437.500	6	72.917		
	Total	92500.000	12			
Brotes laterales	Modelo	98362,500 <sup>b</sup>	6	16393.750	238.455	.000
	Tratamientos	154.167	2	77.083	1.121	.386
	Bloques	106.250	3	35.417	.515	.687
	Error	412.500	6	68.750		
	Total	98775.000	12			
a. R al cuadrado = ,995 (R al cuadrado ajustada = ,991), CV = 9.76%						
b. R al cuadrado = ,996 (R al cuadrado ajustada = ,992) CV = 9.17%						



## Emergencia

Según la tabla 23 se observa que la variabilidad en la emergencia del cultivo de papa está correlacionada en 99.91% ( $R^2_{Ajd} = 0.991$ ) por las condiciones experimentales a las cuales las unidades experimentales fueron expuestas, el coeficiente de variabilidad de 9.76% indica la variación existe en el porcentaje de emergencia del cultivo de papa entre los tratamientos evaluados.

Para los tratamientos evaluados, según el estadístico F de Fisher de 0.771 y su correspondiente valor de la significancia de 0.503 resulta ser mayor al nivel de confianza 0.05 (Sig. > 0.05) por tanto, se acepta la hipótesis nula ( $H_0$ ) y se rechaza la hipótesis alterna ( $H_1$ ) concluyendo a un nivel de probabilidades de 95% no existió efecto atribuible a la aplicación de humus de lombriz (tratamientos) sobre la emergencia del cultivo de papa, del mismo modo, según el valor F igual a 0.343 y su correspondiente valor de la significancia de 0.796 resulta ser mayor que alfa ( $\alpha=0.05$ ) por tanto se afirma a un nivel de probabilidad de 95% que no existe diferencia significativas (Sig. > 0.05) de los bloques sobre la emergencia del cultivo de papa.

## Brotos laterales

La tabla 23, muestra que la variabilidad del número de brotes laterales del cultivo de papa está relacionada en 99.2% ( $R^2_{Ajd} = 0.992$ ) por las condiciones experimentales a las cuales las unidades experimentales fueron expuestas y entre los resultados del número de brotes laterales existe una variabilidad de 9.17% producto de la aplicación de los tratamientos (humus de lombriz).

Para los tratamientos evaluados, según el estadístico F de Fisher de 1.21 y su correspondiente valor de la significancia de 0.386 resulta ser mayor al nivel de confianza 0.05 (Sig. > 0.05) por tanto, se acepta la hipótesis nula ( $H_0$ ) y se rechaza la hipótesis alterna ( $H_1$ ) concluyendo a un nivel de probabilidades de 95%, que no existió efecto atribuible a la aplicación de humus de lombriz (tratamientos) sobre el número de brotes laterales del cultivo de papa, del mismo modo, según el valor F igual a 0.515 y su correspondiente valor de la significancia de 0.687 resulta ser mayor que alfa ( $\alpha=0.05$ ) por tanto se afirma a un nivel de probabilidad de 95% que no existe efecto atribuible (Sig. > 0.05) de los bloques sobre el número de brotes laterales del cultivo de papa.



Los resultados de la tabla 24, ratifican la no existencia de efecto atribuible a los tratamientos sobre las variables porcentaje de emergencia y número de brotes laterales, debido a que los promedios en comparación pertenecen a un mismo conjunto homogéneo tanto a nivel de los tratamientos como en los bloques.

**Tabla 24 — Comparación de promedios múltiples de la emergencia y el número de brotes laterales del cultivo de papa según Tukey**

HSD Tukey <sub>a,b</sub>	N	Emergencia (%)		Brotes laterales (%)	
		Subconjunto homogéneo	Subconjunto homogéneo	Subconjunto homogéneo	Subconjunto homogéneo
<b>Tratamientos</b>					
T3. Testigo	4	83.7500	a	86.2500	b
T1. 2 Kg/m <sup>2</sup> de Humus de Lombriz al voleo	4	87.5000	a	90.0000	b
T2. 0.5 Kg/planta de Humus de Lombriz Localizada	4	91.2500	a	95.0000	b
Sig.		.474		.359	
<b>Bloques</b>					
Bloque III	3	85.0000	a	86.6667	b
Bloque II	3	86.6667	a	90.0000	b
Bloque IV	3	86.6667	a	90.0000	b
Bloque I	3	91.6667	a	95.0000	b
Sig.		.778		.632	
Promedios con letras no comunes en una misma columna difieren significativamente para $p < 0.05$ según la prueba de Tukey					

La prueba de Tukey al 95% de probabilidades (tabla 24) muestra en la columna de porcentaje de emergencia que comparten una misma letra (a) tanto en los tratamientos como en los bloques, por tanto, se afirma que no existe evidencia estadística suficiente para concluir que la aplicación de los tratamientos hayan tenido efecto significativo sobre la emergencia del cultivo de papa, igualmente ocurre con la variable porcentaje de brotes laterales, donde a nivel de tratamientos y bloques comparten una misma letra (b) resultando sus promedios ser iguales estadísticamente.



Altura de planta

El análisis de varianza de la tabla 25, prueba la hipótesis del efecto atribuible a los tratamientos sobre la altura de planta a los 30, 60 y 90 días después de la instalación del cultivo de papa, el contraste se lleva a cabo a un nivel de confianza de 0.05 ( $\alpha = 0.05$ ) para la prueba los resultados se muestran a continuación.

**Tabla 25 — Análisis de varianza de la altura de planta del cultivo de papa a los 30, 60 y 90 días**

Variable	Origen	Tipo III de suma de cuadrados	Gl	Cuadrático promedio	F	Sig.
Altura de planta a los 30 dds	Modelo	490.819 <sup>a</sup>	6	81.803	180.086	.000
	Tratamientos	2.970	2	1.485	3.269	.110
	Bloques	13.206	3	4.402	9.691	.010
	Error	2.725	6	.454		
	Total	493.545	12			
Altura de planta a los 60 dds	Modelo	10183,938 <sup>b</sup>	6	1697.323	1522.122	.000
	Tratamientos	50.700	2	25.350	22.733	.002
	Bloques	59.789	3	19.930	17.873	.002
	Error	6.691	6	1.115		
	Total	10190.628	12			
Altura de planta a los 90 dds	Modelo	17273,552 <sup>c</sup>	6	2878.925	207.342	.000
	Tratamientos	197.887	2	98.943	7.126	.026
	Bloques	348.092	3	116.031	8.357	.015
	Error	83.310	6	13.885		
	Total	17356.862	12			
a. R al cuadrado = ,994 (R al cuadrado ajustada = ,989), Cv= 10.72%						
b. R al cuadrado = ,999 (R al cuadrado ajustada = ,999), Cv = 3.64%						
c. R al cuadrado = ,995 (R al cuadrado ajustada = ,990), Cv = 9.98%						



#### Altura de planta a los 30 días después de la siembra

En la tabla 25 se observa que la variabilidad en la altura de planta a los 30 días después de la siembra del cultivo de papa está correlacionada en 98.90% ( $R^2_{Ajd} = 0.989$ ) por las condiciones experimentales a las cuales fueron expuestas las unidades experimentales, el coeficiente de variabilidad de 10.72% indica la variación existente entre la altura de planta a los 30 días entre los tratamientos evaluados.

Para los tratamientos, según el estadístico F de Fisher de 3.269 y su correspondiente valor de la significancia de 0.110 resulta ser mayor al nivel de confianza 0.05 (Sig. > 0.05) por tanto, se acepta la hipótesis nula ( $H_0$ ) y se rechaza la hipótesis alterna ( $H_1$ ) concluyendo a un nivel de probabilidades de 95% que no existió efecto atribuible a la aplicación de humus de lombriz (tratamientos) sobre la altura de planta a los 30 días después de la siembra, por el contrario, los bloques según el valor F igual a 9.691 y su correspondiente valor de la significancia de 0.01 resulta ser menor que alfa ( $\alpha=0.05$ ) por tanto, se afirma a un nivel de probabilidad de 95% que existió efecto atribuible (Sig. < 0.05) de los bloques sobre la altura de planta a los 30 dds.

#### Altura de planta a los 60 días después de la siembra

La tabla 25 muestra que la variabilidad en la altura de planta a los 60 días después de la siembra del cultivo de papa está correlacionada en 99.9% ( $R^2_{Ajd} = 0.999$ ) por las condiciones experimentales a las cuales fueron expuestas las unidades experimentales, el coeficiente de variabilidad de 9.98 % indica la variación existente entre la altura de planta a los 60 días según los tratamientos evaluados.

Para los tratamientos, según el estadístico F de Fisher de 22.733 y su correspondiente valor de la significancia de 0.002 resulta ser menor al nivel de confianza 0.05 (Sig. < 0.05) por tanto, se rechaza la hipótesis nula ( $H_0$ ) y se acepta la hipótesis alterna ( $H_1$ ) concluyendo a un nivel de probabilidades de 95% que existió efecto atribuible a la aplicación de humus de lombriz (tratamientos) sobre la altura de planta a los 60 días después de la siembra, para el caso de los bloques se observa que el valor F igual a 17.873 y su correspondiente valor de la significancia de 0.02 resulta ser menor que alfa ( $\alpha=0.05$ ) por tanto, se afirma a un nivel de probabilidad de 95% que existió efecto atribuible (Sig. < 0.05) de los bloques sobre la altura de planta a los 60 dds.



Altura de planta a los 90 días después de la siembra

Según la tabla 25, la variabilidad en la altura de planta a los 90 días después de la siembra está correlacionada en 99.00% ( $R^2_{Ajd} = 0.990$ ) por las condiciones experimentales a las cuales fueron expuestas las unidades experimentales, el coeficiente de variabilidad de 3.64 % indica la variación existente entre la altura de planta a los 60 días según los tratamientos evaluados.

Para los tratamientos, según el estadístico F de Fisher de 7.126 y su correspondiente valor de la significancia de 0.026 resulta ser menor al nivel de confianza 0.05 (Sig. < 0.05) por tanto, se rechaza la hipótesis nula ( $H_0$ ) y se acepta la hipótesis alterna ( $H_1$ ) concluyendo a un nivel de probabilidades de 95% que existió efecto atribuible a la aplicación de humus de lombriz (tratamientos) sobre la altura de planta a los 90 días después de la siembra, para el caso de los bloques se observa que el valor F igual a 8.357 y su correspondiente valor de la significancia de 0.015 resulta ser menor que alfa ( $\alpha=0.05$ ) por tanto, se afirma a un nivel de probabilidad de 95% que existió efecto atribuible (Sig. < 0.05) de los bloques sobre la altura de planta a los 90 dds.

Según la tabla 26, de la comparación de promedios mediante el estadístico de Tukey, se ratifica que **no** existe diferencia significativa entre los promedios de los tratamientos en la altura de planta a los 30 días después de la siembra, sin embargo, a nivel de los bloques se puede mencionar que los bloques I, III y IV tuvieron efectos iguales pero diferentes al bloque II, esto puede ser explicado por la pendiente del terreno (15 – 20%) y la presencias de árboles como capulí y eucalipto que diferenció la presencia de horas luz en los bloques I, III y IV.

**Tabla 26 — Comparación de promedios múltiples de la altura de planta del cultivo de papa a los 30, 60 y 90 días según Tukey**

HSD Tukey <sub>a,b</sub>	N	Subconjunto homogéneo 30 dds		Subconjunto homogéneo 60 dds		Subconjunto homogéneo 90 dds	
<b>Tratamientos</b>							
T1. 2 kg/m <sup>2</sup> de Humus de Lombriz al voleo	4	5.9225	a	27.4125	a	36.6225	ab
T2. 0.5 Kg/planta de Humus de Lombriz Localizada	4	6.9925	a	31.8775	b	42.6275	b
T3. Testigo	4	5.9525	a	27.6300	a	32.7575	a
<b>Bloques</b>							
Bloque I	3	6.0700	a	25.7667	a	33.2667	a
Bloque II	3	7.9933	b	28.1800	ab	34.0167	a
Bloque III	3	5.9633	a	30.2600	bc	46.5600	b
Bloque IV	3	5.1300	a	31.6867	c	35.5000	a
Promedios con letras no comunes en una misma columna difieren significativamente para $p < 0.05$ según la prueba de Tukey							

La altura de planta a los 60 días después de la siembra mostró diferencias estadísticas, a un 95% de probabilidades, se tiene que el tratamiento T2. Aplicación localizada de humus de lombriz en 0.5 Kg/planta, mostró mayor diferencia con 31.8775 cm, frente a los tratamientos T1. Aplicación al voleo de humus de lombriz en 2 Kg/m<sup>2</sup> y T3. Testigo, que mostraron igual efecto en la altura de planta con promedios de 27.4125 cm y 27.63 cm respectivamente.

Respecto a la comparación de los promedios de altura dentro de los bloques se tiene que los bloques I y II influenciaron en igual magnitud en la altura de planta a los 60 dds, luego los bloques II y III influenciaron en la misma magnitud en la altura de planta a los 60 dds y finalmente los bloques III y IV mantuvieron igual efecto en la altura de planta a los 60 dds, esto puede ser explicado por la heterogeneidad en el

terreno (pendiente 15 a 20%) y la presencia de árboles de capulí y eucalipto cercanas en las unidades experimentales.

Al comparar los promedios de altura de planta a los 90 días después de la siembra se tiene que los tratamientos T2 (aplicación localizada de humus de lombriz de 0.5 Kg/planta) y T1 (aplicación al voleo de humus de lombriz de 2 Kg/m<sup>2</sup>) mostraron igual efecto en la altura de planta con valores de 42.6275 cm y 36.6225 respectivamente, siendo dichos tratamientos superiores al tratamiento T3 (testigo) cuyo promedio alcanzo 32.7575 cm de altura de planta.

Al comparar los promedios de altura de planta a los 90 días después de la siembra dentro de los bloques se tienen que las alturas promedio en los bloques I, II y IV son iguales pero diferentes a la altura promedio del bloque III, siendo el bloque III que mostró mayor diferencia en altura con 46.56 cm.

Numero de tallos

**Tabla 27 — Análisis de varianza del número de tallos por planta del cultivo de papa a los 30, 60 y 90 días**

Variable	Origen	Tipo III de suma de cuadrados	Gl	Cuadrático promedio	F	Sig.
Número de tallos a los 30 dds	Modelo	61.130 <sup>a</sup>	6	10.188	5.657	.027
	Tratamientos	2.112	2	1.056	.586	.585
	Bloques	2.944	3	.981	.545	.669
	Error	10.805	6	1.801		
	Total	71.935	12			
Número de tallos a los 60 dds	Modelo	128,655 <sup>b</sup>	6	21.443	352.479	.000
	Tratamientos	1.655	2	.827	13.603	.006
	Bloques	.250	3	.083	1.370	.339
	Error	.365	6	.061		
	Total	129.020	12			
Número de tallos a los 90 dds	Modelo	128,500 <sup>c</sup>	6	21.417	257.000	.000
	Tratamientos	1.500	2	.750	9.000	.016
	Bloques	.250	3	.083	1.000	.455
	Error	.500	6	.083		
	Total	129.000	12			

a. R al cuadrado = ,850 (R al cuadrado ajustada = ,700), Cv=68.8%  
 b. R al cuadrado = ,997 (R al cuadrado ajustada = ,994), Cv=7.60%  
 c. R al cuadrado = ,996 (R al cuadrado ajustada = ,992), Cv=8.86%



#### Número de tallos a los 30 días después de la siembra

En la tabla 27 se observa que la variabilidad en el número de tallos por planta a los 30 días después de la siembra está correlacionada en 70.00% ( $R^2_{Ajd} = 0.700$ ) por las condiciones experimentales a las cuales fueron expuestas las unidades experimentales, el coeficiente de variabilidad de 68.8% indica la variación existente entre el número de tallos por planta a los 30 días entre los tratamientos evaluados.

Para los tratamientos, según el estadístico F de Fisher de 0.586 y su correspondiente valor de la significancia de 0.585 resulta ser mayor al nivel de confianza 0.05 (Sig. > 0.05) por tanto, se acepta la hipótesis nula ( $H_0$ ) y se rechaza la hipótesis alterna ( $H_1$ ) concluyendo a un nivel de probabilidades de 95% que no existió efecto atribuible a la aplicación de humus de lombriz (tratamientos) sobre el número de tallos por planta a los 30 días después de la siembra, lo mismo ocurre en los bloques según el según el valor F igual a 0.545 y su correspondiente valor de la significancia de 0.669 resulta ser mayor que alfa ( $\alpha=0.05$ ) por tanto, se afirma a un nivel de probabilidad de 95% que no existió efecto atribuible (Sig. > 0.05) de los bloques sobre el número de tallos por planta a los 30 dds.

#### Número de tallos por planta a los 60 días después de la siembra

La tabla 27 muestra que la variabilidad en el número de tallos por planta a los 60 días después de la siembra, está correlacionada en 99.4% ( $R^2_{Ajd} = 0.994$ ) por las condiciones experimentales a las cuales fueron expuestas las unidades experimentales, el coeficiente de variabilidad de 7.60 % indica la variación existente entre el número de tallos por planta a los 60 días según los tratamientos evaluados.

Para los tratamientos, según el estadístico F de Fisher de 13.603 y su correspondiente valor de la significancia de 0.006 resulta ser menor al nivel de confianza 0.05 (Sig. < 0.05) por tanto, se rechaza la hipótesis nula ( $H_0$ ) y se acepta la hipótesis alterna ( $H_1$ ) concluyendo a un nivel de probabilidades de 95% que existió efecto atribuible a la aplicación de humus de lombriz (tratamientos) sobre el número de tallos por planta a los 60 días después de la siembra, para el caso de los bloques se observa que el valor F igual a 1.370 y su correspondiente valor de la significancia de 0.339 resulta ser mayor que alfa ( $\alpha=0.05$ ) por tanto, se afirma a un nivel de probabilidad de 95% que no existió efecto atribuible (Sig. > 0.05) de los bloques sobre el número de tallos por planta a los 60 dds.

Número de tallos por planta a los 90 días después de la siembra

Según la tabla 27, la variabilidad en el número de tallos por planta a los 90 días después de la siembra está correlacionada en 99.20% ( $R^2_{Ajd} = 0.992$ ) por las condiciones experimentales a las cuales estuvieron expuestas las unidades experimentales, el coeficiente de variabilidad de 8.86 % indica la variación existente entre el número de tallos por planta a los 90 días según los tratamientos evaluados.

Para los tratamientos, según el estadístico F de Fisher de 9.000 y su correspondiente valor de la significancia de 0.016 resulta ser menor al nivel de confianza 0.05 (Sig. < 0.05) por tanto, se rechaza la hipótesis nula ( $H_0$ ) y se acepta la hipótesis alterna ( $H_1$ ) concluyendo a un nivel de probabilidades de 95% que existió efecto atribuible a la aplicación de humus de lombriz (tratamientos) sobre el número de tallos por planta a los 90 días después de la siembra, para el caso de los bloques se observa que el valor F igual a 1.000 y su correspondiente valor de la significancia de 0.455 resulta ser mayor que alfa ( $\alpha=0.05$ ) por tanto, se afirma a un nivel de probabilidad de 95% que no existió efecto atribuible (Sig. > 0.05) de los bloques sobre el número de tallos por planta a los 90 dds.

**Tabla 28 — Comparación de promedios múltiples del número de tallos por planta del cultivo de papa a los 30, 60 y 90 días según Tukey**

HSD Tukey <sub>a,b</sub>	N	Subconjunto homogéneo 30 dds		Subconjunto homogéneo 60 dds		Subconjunto homogéneo 90 dds	
<b>Tratamientos</b>							
T1. 2 Kg/m2 de Humus de Lombriz al voleo	4	1.7875	a	3.0000	a	3.0000	a
T2. 0.5 Kg/planta de Humus de Lombriz Localizada	4	1.9500	a	3.7750	b	3.7500	b
T3. Testigo	4	2.7475	a	2.9750	a	3.0000	a
<b>Bloques</b>							
Bloque I	3	2.9967	a	3.0000	a	3.3333	a
Bloque II	3	1.8167	a	3.3333	a	3.0000	a
Bloque III	3	1.7667	a	3.3333	a	3.3333	a
Bloque IV	3	2.0667	a	3.3333	a	3.3333	a
Promedios con letras no comunes en una misma columna difieren significativamente para $p < 0.05$ según la prueba de Tukey							



La tabla 28, ratifica que no existió efecto a los tratamientos sobre el número de tallos por planta a los 30 días después de la siembra ya que los promedios de los tratamientos y bloques pertenecen al mismo conjunto homogéneo.

Al comparar los promedios del número de tallos por planta a los 60 y 90 días después de la siembra, se tiene que, se obtiene mayor número de tallos promedio con la aplicación localizada de 0.5 Kg/planta de humus de lombriz (T2) frente a los tratamientos T1 (aplicación al voleo de 2 Kg/m<sup>2</sup> de HL) y T3 (testigo) que mostraron igual promedio en el número de tallos por planta, a nivel de los bloques no se encontraron diferencias significativas en el número de tallos a los 60 y 90 días después de la siembra.

### **5.2.2 Efecto de la fertilización localizada con humus de lombriz en el rendimiento del cultivo de papa**

Tiene como propósito probar si existen diferencias significativas en el rendimiento del cultivo de papa (*Solanum tuberosum L.*) variedad INIA canchan, por efecto de la fertilización localizada con humus de lombriz. Los resultados se muestran a continuación.



**Tabla 29 — Análisis de varianza de los parámetros del rendimiento del cultivo de papa**

VARIABLES	Origen	Tipo III de suma de cuadrados	Gl	Cuadrático promedio	F	Sig.
Peso del tubérculo por planta	Modelo	4445398.769 <sup>a</sup>	6	740899.795	81.932	.000
	Tratamientos	580811.782	2	290405.891	32.115	.001
	Bloques	23133.150	3	7711.050	.853	.514
	Error	54256.868	6	9042.811		
	Total	4499655.638	12			
Diámetro de tubérculos	Modelo	18136.675 <sup>b</sup>	6	3022.779	368.303	.000
	Tratamientos	94.153	2	47.076	5.736	.040
	Bloques	11.370	3	3.790	.462	.719
	Error	49.244	6	8.207		
	Total	18185.919	12			
Número de tubérculos por planta	Modelo	1380.950 <sup>c</sup>	6	230.158	90.641	.000
	Tratamientos	84.208	2	42.104	16.581	.004
	Bloques	.901	3	.300	.118	.946
	Error	15.235	6	2.539		
	Total	1396.185	12			
Rendimiento estimado (t/ha)	Modelo	6097.963 <sup>d</sup>	6	1016.327	81.917	.000
	Tratamientos	796.466	2	398.233	32.098	.001
	Bloques	31.734	3	10.578	.853	.514
	Error	74.441	6	12.407		
	Total	6172.404	12			
Peso de tubérculo estimado	Modelo	34431.885 <sup>a</sup>	6	5738.647	108.007	.000
	Tratamientos	585.681	2	292.841	5.512	.044
	Bloques	283.267	3	94.422	1.777	.251
	Error	318.794	6	53.132		
	Total	34750.679	12			

a. R al cuadrado = ,988 (R al cuadrado ajustada = ,976), Cv = 27.09%  
b. R al cuadrado = ,997 (R al cuadrado ajustada = ,995), Cv = 7.39%  
c. R al cuadrado = ,989 (R al cuadrado ajustada = ,978), Cv = 15.33%  
d. R al cuadrado = ,988 (R al cuadrado ajustada = ,976), Cv = 27.09%  
e. R al cuadrado = ,991 (R al cuadrado ajustada = ,982), Cv = 13.78%

#### Peso de tubérculos por planta (g.)

En la tabla 29 se observa que la variabilidad en el peso de tubérculos por planta está correlacionada en 97.76% ( $R^2_{Ajd} = 0.976$ ) por las condiciones experimentales a las cuales fueron expuestas las unidades experimentales, el coeficiente de variabilidad de 27.09% indica la variación existente en los pesos de tubérculos por planta entre los tratamientos evaluados.

Para los tratamientos, según el estadístico F de Fisher de 32.115 y su correspondiente valor de la significancia de 0.001 resulta ser menor al nivel de confianza 0.05 (Sig. < 0.05) por tanto, se rechaza la hipótesis nula ( $H_0$ ) y se acepta la hipótesis alterna ( $H_1$ ) concluyendo a un nivel de probabilidades de 95% existió efecto atribuible a la aplicación de humus de lombriz (tratamientos) sobre el peso de tubérculos por planta, por el contrario, los bloques según el valor F igual a 0.853 y su correspondiente valor de la significancia de 0.514 resulta ser mayor que alfa ( $\alpha=0.05$ ) por tanto, se afirma a un nivel de probabilidad de 95% no existió efecto atribuible (Sig. > 0.05) de los bloques sobre el peso de tubérculos por planta.

#### Diámetro de tubérculo (mm)

Según la tabla 29 la variabilidad del diámetro de tubérculos está correlacionada en 99.50% ( $R^2_{Ajd} = 0.995$ ) por las condiciones experimentales a las cuales fueron expuestas las unidades experimentales, el coeficiente de variabilidad de 7.39% indica la variación existente en los diámetros de tubérculos entre los tratamientos evaluados.

Para los tratamientos, según el estadístico F de Fisher de 5.736 y su correspondiente valor de la significancia de 0.040 resulta ser menor al nivel de confianza 0.05 (Sig. < 0.05) por tanto, se rechaza la hipótesis nula ( $H_0$ ) y se acepta la hipótesis alterna ( $H_1$ ) concluyendo a un nivel de probabilidades de 95% existió efecto atribuible a la aplicación de humus de lombriz (tratamientos) sobre el diámetro de tubérculos, por el contrario, los bloques según el valor F igual a 0.462 y su correspondiente valor de la significancia de 0.719 resulta ser mayor que alfa ( $\alpha=0.05$ ) por tanto, se afirma a un nivel de probabilidad de 95% no existió efecto atribuible (Sig. > 0.05) de los bloques sobre el diámetro de tubérculos.

#### Número de tubérculos por planta

En la tabla 29 se observa que la variabilidad del número de tubérculos por planta está correlacionada en 97.80% ( $R^2_{Ajd} = 0.978$ ) por las condiciones experimentales a las cuales fueron expuestas las unidades experimentales, el coeficiente de variabilidad de 15.33% indica la variación existente en el número de tubérculos por planta entre los tratamientos evaluados.

Para los tratamientos, según el estadístico F de Fisher de 16.581 y su correspondiente valor de la significancia de 0.040 resulta ser menor al nivel de confianza 0.05 (Sig. < 0.05) por tanto, se rechaza la hipótesis nula ( $H_0$ ) y se acepta la hipótesis alterna ( $H_1$ ) concluyendo a un nivel de probabilidades de 95% que existió efecto atribuible a la aplicación de humus de lombriz (tratamientos) sobre el número de tubérculos por planta, en los bloques, según el valor F igual a 0.118 y su correspondiente valor de la significancia de 0.946 resulta ser mayor que alfa ( $\alpha=0.05$ ) por tanto, se afirma a un nivel de probabilidad de 95% no existió efecto atribuible (Sig. > 0.05) de los bloques sobre el número de tubérculos por planta.

#### Rendimiento estimado (t/ha)

En la tabla 29 se observa que la variabilidad del número de tubérculos por planta está correlacionada en 97.60% ( $R^2_{Ajd} = 0.976$ ) por las condiciones experimentales a las cuales fueron expuestas las unidades experimentales, el coeficiente de variabilidad de 27.09% indica la variación existente en el rendimiento estimado entre los tratamientos evaluados.

Para los tratamientos, según el estadístico F de Fisher de 32.098 y su correspondiente valor de la significancia de 0.001 resulta ser menor al nivel de confianza 0.05 (Sig. < 0.05) por tanto, se rechaza la hipótesis nula ( $H_0$ ) y se acepta la hipótesis alterna ( $H_1$ ) concluyendo a un nivel de probabilidades de 95% que existió efecto atribuible a la aplicación de humus de lombriz (tratamientos) sobre el rendimiento estimado, en los bloques, según el valor F igual a 0.853 y su correspondiente valor de la significancia de 0.514 resulta ser mayor que alfa ( $\alpha=0.05$ ) por tanto, se afirma a un nivel de probabilidad de 95% que no existió efecto atribuible (Sig. > 0.05) de los bloques sobre el rendimiento estimado en t/ha.

Peso de tubérculo estimado (g.)

En la tabla 29 se observa que la variabilidad del peso de tubérculo estimado está correlacionada en 98.20% ( $R^2_{Ajd} = 0.982$ ) por las condiciones experimentales a las cuales fueron expuestas las unidades experimentales, el coeficiente de variabilidad de 13.78% indica la variación existente en el peso de tubérculo estimado entre los tratamientos evaluados.

Para los tratamientos, según el estadístico F de Fisher de 5.512 y su correspondiente valor de la significancia de 0.044 resulta ser menor al nivel de confianza 0.05 (Sig. < 0.05) por tanto, se rechaza la hipótesis nula ( $H_0$ ) y se acepta la hipótesis alterna ( $H_1$ ) concluyendo a un nivel de probabilidades de 95% que existió efecto atribuible a la aplicación de humus de lombriz (tratamientos) sobre el peso de tubérculo estimado, en los bloques, según el valor F igual a 1.777 y su correspondiente valor de la significancia de 0.251 resulta ser mayor que alfa ( $\alpha=0.05$ ) por tanto, se afirma a un nivel de probabilidad de 95% que no existió efecto atribuible (Sig. > 0.05) de los bloques sobre el peso de tubérculos estimado.

Con el propósito de establecer el mejor tratamiento con efecto significativo sobre los parámetros de rendimiento en el cultivo de papa INIA Canchan se realizó la comparación de promedios múltiple mediante el método de Tukey al 95% de probabilidades, los resultados del análisis de muestran en la tabla 30.



**Tabla 30 — Comparación de promedios múltiples de los parámetros de rendimiento del cultivo de papa según Tukey**

HSD Tukey	N	Peso de tubérculo por planta		Diámetro del tubérculo		Número de tubérculos por planta		Rendimiento o esperado		Peso del tubérculo estimado	
<b>Tratamientos</b>											
T1. 2 kg/m <sup>2</sup> de Humus de Lombriz al voleo	4	478.1975	b	36.9925	a	9.5875	b	17.7100	b	49.2475	ab
T2. 0.5 Kg/planta de Humus de Lombriz Localizada	4	868.1375	a	42.7175	a	13.9625	a	32.1525	a	62.6600	a
T3. Testigo	4	351.0425	b	36.5800	a	7.6250	b	13.0050	b	46.7500	b
<b>Bloques</b>											
Bloque I	3	493.3700	a	38.6433	a	10.2500	a	18.2733	a	45.8733	a
Bloque II	3	584.8600	a	38.1867	a	10.8333	a	21.6600	a	51.4367	a
Bloque III	3	610.8967	a	37.8467	a	10.1000	a	22.6267	a	59.0333	a
Bloque IV	3	574.0433	a	40.3767	a	10.3833	a	21.2633	a	55.2000	a
Promedios con letras no comunes en una misma columna difieren significativamente para $p < 0.05$ según la prueba de Tukey											

Peso de tubérculos por planta (g.)

Según la comparación de promedios de la tabla 30, se observa que la aplicación localizada de humus de lombriz de 0.5 Kg/planta (T2) produce mayor peso de tubérculos por planta con el valor de 868.1375 g/planta, que al ser comparado con los promedios de los tratamientos T1 y T3, resulta significativamente superior, el tratamiento T1 (aplicación al voleo de humus de lombriz de 2 Kg/m<sup>2</sup>) tiene igual efecto que el tratamiento T3 (testigo) con valores de 493.3700 g/planta y 351.0425 g/planta respectivamente.

Al comparar el efecto de los bloques sobre el peso de tubérculos por planta se observa que no existe evidencia estadística suficiente para afirmar que dichos promedios sean diferentes.

#### Diámetro de tubérculo (mm)

No existe evidencia estadística suficiente para afirmar que los promedios de los diámetros de tubérculos sean significativamente diferentes por efecto a los tratamientos como por efecto a los bloques.

#### Número de tubérculos por planta

La aplicación localizada de humus de lombriz de 0.5 Kg/planta (T2) tiene un promedio de 13.9625 tubérculos por planta y resulta ser significativamente superior, al ser comparado con el promedio del tratamiento T1 (aplicación al voleo de humus de lombriz de 2 Kg/m<sup>2</sup>) y el tratamiento T3 (testigo) cuyos valores son 9.5875 y 7.6250 tubérculos por planta respectivamente.

No existe diferencia significativa entre los promedios alcanzados por los tratamientos T1 y T3, sin embargo, se anota que el promedio del tratamiento T1 es mayor que el promedio del tratamiento T3 (testigo).

Al comparar el efecto de los bloques sobre el número de tubérculos por planta se observa que no existe evidencia estadística suficiente para afirmar que dichos promedios sean diferentes.

#### Rendimiento estimado (t/ha)

Según la tabla 30, el tratamiento T2 (aplicación localizada de humus de lombriz de 0.5 Kg/planta) tiene mejor efecto sobre el rendimiento estimado del cultivo de papa con el valor de 32.1525 t/ha, siendo superior a los rendimientos obtenidos mediante la aplicación al voleo de humus de lombriz de 2 Kg/m<sup>2</sup> (T1) cuyo valor alcanza 17.7100 t/ha.

El tratamiento T1, tiene igual efecto que el tratamiento T3 (testigo) sin embargo, se debe anotar que el promedio del rendimiento obtenido en el tratamiento T1 es mayor que el promedio del rendimiento obtenido en el tratamiento T3, pero no es estadísticamente significativa.

Al comparar el efecto de los bloques sobre el rendimiento del cultivo de papa se observa que no existe evidencia estadística suficiente para afirmar que los promedios entre bloques sean diferentes.



Peso de tubérculo estimado (g.)

Según la tabla 30, el tratamiento T2 (aplicación localizada de humus de lombriz de 0.5 Kg/planta) tiene igual efecto que el tratamiento T1 (aplicación al voleo de humus de lombriz de 2 Kg/m<sup>2</sup>) en el peso de tubérculos, con promedios de 62.66 g y 49.2475 g respectivamente, a su vez que dichos tratamientos obtienen mayores pesos en comparación con los obtenidos con el tratamiento T3 (testigo) cuyo promedio alcanza 46.75 g.

Al comparar el efecto de los bloques sobre el peso de tubérculos del cultivo de papa se observa que no existe evidencia estadística suficiente para afirmar que los promedios entre bloques sean diferentes.

### 5.3 Discusiones

En función de los resultados de las variables se realizan las discusiones siguientes:

#### a) Emergencia

El porcentaje de emergencia obtenido en el ensayo se encuentra entre 83.75% a 91.25% no habiendo diferencias significativas entre los tratamientos, debido a que el proceso de brotación obedece a otros factores como refiere Vignola et al. 2017. la brotación está relacionada a las condiciones de almacenamiento y estado de brotes de la semilla, a ello se suma las condiciones de temperatura y humedad existentes en el suelo que producen “cambios bioquímicos” en el tubérculo semilla para dar una nueva planta dando inicio al crecimiento acelerado de raíces y posterior emergencia de tallos y hojas, según Mamani 2019, la brotación ocurre entre 15 a 30 días después de la instalación con porcentajes de 80% a 90%, valores similares obtenidos en las unidades experimentales.

#### b) Brotes laterales

El promedio de plantas con brotes laterales obtenido fue entre 86.25% a 95% no encontrando efecto atribuible (Sig. > 0.05) a la aplicación de humus de lombriz (tratamientos) según la prueba de Tukey, valores similares fueron obtenidos por Huamán 2017, con 85,26% a 8,36% de brotación, según Mamani 2019, el número de brotes depende del “tamaño del tubérculo y de la reserva de hidratos de carbono”, Vignola, et al. 2017, afirma que los brotes laterales pueden diferenciarse por afectación de déficit hídrico y condiciones químicas del suelo como salinidad y condiciones física del medio ambiente

como “radiación solar” y por afectación de plagas especialmente *Liriomyza* sp, por tanto los resultados de la investigación son coherentes con la teoría ya que el humus de lombriz no tiene efecto sobre los brotes laterales del cultivo de papa.

### **c) Altura de planta**

Se evaluó la altura de planta a los 30, 60 y 90 días después de la siembra, dichos periodos de evaluación son similares a las periodos evaluados por (Contreras, Custodio y Zúñiga 2019; Reategui et al. 2019; Cutipa 2007; Díaz 2018) quienes reportan alturas de planta variables, por ejemplo para la especie *S. Andigenum* reportaron el mayor tamaño de 52.21 cm, luego *S. Curtilobum Juz et Buk* de 42.54 cm, después *S. Stenotum Just et Buk* de 37.74 cm y *S. juzepczukii Buk* de 30.23 cm, por su parte el (INIA 2012) reporta una altura de 90 cm para la variedad Canchan INIA en su estado de madurez (90 dds), dichas alturas se encuentran dentro del rango de la presente investigación cuyos valores de altura para los 90 días después de la siembra van desde 32.7575 cm hasta 42.6275 cm. La aplicación de humus de lombriz evidenció diferencias significativas en la altura de planta a partir de los 60 días, esto se explica por la disponibilidad de nutrientes existen en el humus de lombriz, tal como menciona Cutipa Chura (2007) el humus de lombriz se encuentra parcialmente humificada por tanto, otorga los nutrientes a la planta y mejora la capacidad de retención del agua en el suelo que favorece el desarrollo radicular y el crecimiento de las plantas, Mamani Linares (2019) menciona que la variabilidad de la altura de planta se debe a la fertilización y a las características físicos químicos y microbiológico del suelo lo cual es coherente con lo que manifiesta Suquilanda Valdivieso (2009) que menciona, el humus de lombriz “aplicados al suelo favorecen a las propiedades físicas, químicas y biológicas del mismo”.

### **d) Numero de tallos**

El número de tallos mostró diferencias significativas (Sig.<0.05) a partir de los 60 días después de la siembra siendo el tratamiento T2 (aplicación localizada de humus de lombriz de 0.5 Kg/planta) que mostró mayores promedios con 3.7750 (60 dds) y 3.75 (90 dds) frente al tratamiento T3 (testigo) que mostró un promedio de 2.975 (60 dds) y 3.00 (90 dds), Morales Guevara et al. (2015) no encontró diferencias significativas en el número de tallos a los 30 días posteriores a la plantación, lo cual es similar a los resultados encontrados en la presente investigación, la diferenciación en el número de tallos se establece a partir de los 60 días, lo que se puede explicar mediante Morales Guevara et al. (2015) quien

manifiesta que después de la emergencia las plantas entran en periodo de rápido crecimiento Mamani Linares (2019) indica el número de tallos se relaciona con el número de tubérculos por tanto con los rendimientos de la producción, por lo cual recomienda “romper la dominancia apical” para promover el crecimiento de tallos laterales, Cutipa Chura (2007) también indica que el número de tallos puede contribuir favorablemente sobre los rendimientos a su vez depende del número de brotes.

#### **e) Peso de tubérculos por planta**

Se encontró diferencias significativas en el peso de tubérculos por planta (Sig.<0.05) siendo el tratamiento T2 (aplicación localizada de humus de lombriz de 0.5 Kg/planta) que obtuvo mejores resultados con promedios de 868.1375 g/planta, frente al tratamiento T3 (testigo) que obtuvo 351.0425 g/planta; los resultados se encuentran dentro del rango obtenido por Cutipa Chura (2007) quien, con la aplicación de 1.5 t/ha de humus de lombriz reporta entre 600 a 650 g/planta y con 2 t/ha de humus de lombriz reporta 670 a 700 g/planta, el incremento del peso en los tubérculos por planta esta relacionada a la extracción de nutrientes del suelo explicado según Cutipa Chura (2007) quien citando a (Tarazona et al. 1997) menciona que para la obtención de una tonelada de papa en una hectárea se requiere de “4.93 Kg de N, 51.51 Kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y 8.59 Kg de K<sub>2</sub>O y 0.94 Kg de MgO” dicha información tiene respaldo en (Condori Vargas y Borda Jeri 2014) quien menciona la papa es exigente en nutrición mineral.

#### **f) Diámetro de tubérculo**

No se encontraron diferencias significativas en el diámetro de tubérculos (Sig.>0.05), los resultados muestran rangos entre 36.58 mm a 42.7175 mm, los resultados son cercanos a los obtenidos por Luna Murillo et al. (2016) quien reporta diámetros entre 51.2 mm a 53.8 mm con la aplicación de gallinaza, Benavides Rodríguez (2019) clasifica los tubérculos de acuerdo a su diámetro reportando las siguientes escalas: primera > 40 mm, segunda entre 20 a 40 mm de diámetro y tercera > de 20 mm, de acuerdo con ello, los resultados de la presente investigación al aplicarse humus de lombriz se clasifica como tubérculos de primera y con el testigo se clasifica en tubérculos de segunda categoría.

#### **g) Número de tubérculos por planta**

Se encontró diferencias significativas en el número de tubérculos por planta (Sig.<0.05), la aplicación localizada de humus de lombriz de 0.5 Kg/planta (T2) obtuvo el mayor

promedio de 13.9625 tubérculos/planta y el tratamiento T3 (testigo) obtuvo 7.6250 tubérculos/planta dichos promedios se encuentran cercanos a los rangos reportados por Benavides Rodríguez (2019) quien, con la aplicación de 15 h/ha de humus de lombriz encontró 16 tubérculos/planta y en orden decreciente según disminuye la aplicación de humus de lombriz reporta 12 tubérculos/planta para el tratamiento testigo, Lujan Meregildo (2018) reportó 18 tubérculos/planta con la aplicación de 3 t/ha de humus de lombriz y 8 tubérculos/planta para el testigo, la cantidad de tubérculos por planta puede ser explicado según Cutipa Chura (2007) quien menciona la “expresión de mayor número de tubérculos por planta requieren mayores dosis de abonos orgánicos” también Díaz Chilcon (2018) encontró que la deficiencia en la disponibilidad de nutrientes se traduce en el “desarrollo escaso y clorótico de la planta” que reduce el número de tubérculos por planta y el tamaño de éste.

#### **h) Rendimiento estimado (t/ha)**

El mayor rendimiento se obtuvo con la aplicación localizada de humus de lombriz de 0.5 Kg/planta con 32.1525 t/ha, (Sig.<0.05) frente al testigo que alcanzó 17.71 t/ha, el rendimiento con el uso de humus de lombriz, se encuentra en el rango reportado por INIA (2012) que para la variedad canchán, en condiciones experimentales es entre 40 a 50 t/ha y en campo de agricultores de hasta 30 t/ha, Cutipa Chura (2007) explica que, “el rendimiento de tubérculos depende de la conformación del desarrollo, altura de planta, número de tallos y número de tubérculos, entre otros que intervienen en la expresión de comportamiento del rendimiento de tubérculo”, la dosis apropiada de humus de lombriz para el cultivo de papa es de 1.75 t/ha que conduce a un rendimiento entre 31.93 t/ha a 34.16 t/ha.

Otros autores como (Pérez et al. 2016; Abreu et al. 2017; Inostroza et al. 2017; Benavides Rodríguez 2019; Luna Murillo et al. 2016; Díaz Chilcon 2018) coinciden al decir que los fertilizantes químicos superan en rendimiento al abonamiento orgánico debido a su “estructura simple y rápida disponibilidad” dichos autores reportan rendimientos con fertilizantes químicos de hasta 45 t/ha en comparación con abonos orgánicos de hasta 28 t/ha.

#### **i) Peso de tubérculo estimado**

La aplicación de humus de lombriz tiene efecto sobre el peso de tubérculos (Sig.<0.05) los promedios obtenidos se encuentran entre 49.2475 g a 62.66 g en comparación cuando no

se aplica humus de lombriz el promedio es de 46.75 g, según Benavides Rodríguez (2019) el peso de tubérculos está relacionado con el número de tallos laterales, altura de planta y número de brotes, esto puede ser explicado por Araque Barrera et al. (2018) quienes mencionan que en las plantas existe un proceso de traslocación de fotoasimilados a los órganos de reserva, es decir a mayor área foliar se espera que la traslocación sea mayor y por tanto, el peso y la materia seca de los órganos de reserva sea mayor.

## CAPÍTULO VI

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 6.1 Conclusiones

De acuerdo a los objetivos e hipótesis planteadas y bajos las condiciones de clima y suelo del distrito de Chuquibambilla, Grau, Apurímac se concluye:

- a)** En relación al crecimiento vegetativo del cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.), variedad Canchan INIA se tiene que la aplicación de humus de lombriz (*Eisenia foetida*) tiene efecto significativo (Sig. < 0.05) sobre los indicadores del crecimiento vegetativo del cultivo de papa siendo la aplicación localizada en la dosis de 0.5 Kg/planta la que adjudica los mayores promedios en: i) porcentaje de emergencia de 91.25% frente a 83.75% del tratamiento testigo; ii) brotes laterales de 95% frente a 86.25% del tratamiento testigo; iii) alturas de planta entre 6.9925 cm (30 dds) a 42.6275 cm (90 dds) frente a 5.9525 cm (30 dds) a 32.7575 cm (90 dds) y iv) número de tallos promedio entre 1.95 (30 dds) a 3.75 (90 dds) frente a 2.74 (30 dds) a 3.00 (90 dds).
  
- b)** En relación al rendimiento del cultivo de papa se concluye que la aplicación de humus de lombriz tiene efectos significativos (Sig.<0.05) sobre los parámetros de rendimiento del cultivo de papa, siendo la aplicación localizada de humus de lombriz de 0.5 Kg/planta la que adjudica los mayores promedios en: i) peso de tubérculos de 868.1375 g/planta, frente a 351.0425 del tratamiento testigo, ii) diámetro de tubérculo de 42.7175 mm frente a 36.58 mm del tratamiento testigo, iii) número de tubérculos promedios de 13.9625 frente a 7.6250 del tratamiento testigo, iv) Rendimiento total de 32.1525 t/ha frente a 13.0050 t/ha del tratamiento testigo y v) peso de tubérculo de 62.66 g frente a 46.75 g del tratamiento testigo.

## 6.2 Recomendaciones

En base a los hallazgos se recomienda:

- a) A los agricultores y las familias de la provincia de Grau, Apurímac, se recomienda la utilización de humus de lombriz en la producción de papa, cuya fertilización debe ser en forma localizada a razón de medio kilo por planta para obtener mejores resultados en el desarrollo de la planta y en el rendimiento de tubérculo.
- b) A los investigadores, se recomienda evaluar nuevas formas de aplicación de humus de lombriz y evaluar los parámetros productivos del cultivo de papa, la premisa para ello es que la fertilización localizada a razón de 0.5 Kg/planta al momento de la siembra, tiene efecto significativo frente a la fertilización al voleo de 2 Kg/m<sup>2</sup>, también queda pendiente encontrar la dosis y el tipo de aplicación de humus de lombriz que permita la optimización los rendimientos de la producción y la rentabilidad del cultivo, los hallazgos de la presente investigación constituye el punto de partida ya que, bajo las condiciones de temperatura media mensual de 11.9 °C, humedad relativa entre 46 a 60%, precipitación media anual de 842 mm y 3320 msnm se obtuvo rendimiento de 32.1525 t/ha en un suelo franco-arcillo-arenoso.
- c) A los docentes y estudiantes de la Escuela Profesional de Agroecología de la UNAMBA, se recomienda evaluar mezclas de fertilización de humus de lombriz y otras fuentes de abonos orgánicos con la incorporación de microorganismos eficaces para determinar sus efectos sobre los parámetros productivos del cultivo de papa y otros de importancia económica y social.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abreu, E., Gonzales, G., Liriano, R., Veliz, J., Ost, P. y Monzon, Z., 2017. Respuesta del cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.) a la combinación del fertilizante ecológico HerbaGreen con fertilizante químico. *Revista Centro Agrícola* [en línea], vol. 44, no. 1, pp. 80-89. ISSN 02535785. Disponible en: <https://web.a.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=1&sid=3b57eeb2-5281-4ec4-8469-2127676d0708%40sessionmgr4008>.
- Amasifuen Flores, J.C., 2012. *Respuesta a la aplicación de dosis de roca fosfórica con humus de lombriz en el cultivo de tomate (Lycopersicum esculentum. Mill) var. rio grande, en un suelo ácido del fundo aocaloma de la UNSM-Lamas* [en línea]. S.l.: Universidad Nacional de San Martín. Disponible en: <http://repositorio.unsm.edu.pe/bitstream/handle/11458/1179/ITEM%4011458-434.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- Amasifuen Fasando, W., 2003. *Caracterización del humus proveniente de cuatro mezclas orgánicas producido por lombrices del genero Eisenia, en Tarapoto* [en línea]. S.l.: Universidad Nacional de Tarapoto. Disponible en: <http://repositorio.unsm.edu.pe/bitstream/handle/11458/3461/AGRONOMIA - Wilfredo Amasifuen Fasanando.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- Andrade S., N., Contreras M., A. y Castro U., I., 2008. Evaluación comparativa del efecto en el rendimiento y sanidad en el cultivo de la papa al utilizar semilla certificada y sin certificar. *Agro Sur* [en línea], vol. 36, no. 2, pp. 111-114. ISSN 03048802. DOI 10.4206/agrosur.2008.v36n2-07. Disponible en: <http://revistas.uach.cl/pdf/agrosur/v36n2/art07.pdf>.
- Araque Barrera, E.J., Bohorquez Quintero, M.D. los A., Pacheco Diaz, J.E. y Correa Mora, L.Y., 2018. Propagación y tuberización in vitro de dos variedades de papa. *CIENCIA EN DESARROLLO* [en línea], vol. 9, no. 1. ISSN 2462-7658. DOI 10.19053/01217488.v9.n1.2018.7132. Disponible en: [http://revistas.uptc.edu.co/index.php/ciencia\\_en\\_desarrollo/article/view/7132](http://revistas.uptc.edu.co/index.php/ciencia_en_desarrollo/article/view/7132).
- Astorga, M., Simôn, A. y Victoria, C., 2021. Guía para la elaboración de Compost y Lombricompost. *Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca* [en línea], pp. 10. Disponible en:



[https://repositorio.inta.gob.ar/bitstream/handle/20.500.12123/9228/INTA\\_CRMendoza-SanJuan\\_EEAMendoza\\_Victoria\\_C\\_guia\\_elaboracion\\_compost\\_lombricompuesto.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.inta.gob.ar/bitstream/handle/20.500.12123/9228/INTA_CRMendoza-SanJuan_EEAMendoza_Victoria_C_guia_elaboracion_compost_lombricompuesto.pdf?sequence=1&isAllowed=y).

Benavides Rodriguez, E., 2019. *Rendimiento de la papa (Solanum tuberosum, grupo Phureja), Cultivar amarilla redonda, con tres dosis de humus y tres niveles de bioestimulante foliar* [en línea]. S.l.: Universidad Nacional de Cajamarca. Disponible en: [http://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/UNC/1147/Tesis-Ronald\\_Alcántara-Final.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/UNC/1147/Tesis-Ronald_Alcántara-Final.pdf?sequence=1&isAllowed=y).

Behar Rivero, Daniel Salomón (2008), *Introducción a la metodología de investigación* Editorial Shalom 2008

Bustillo Siñani L., Rojas Pardo, A., Fernandez Chavez, C., José, J. y Aparicio Porres, J.J., 2018. Identificación de variedades de papa nativa (*Solanum* sp.) producidas en tres comunidades del municipio de Tiahuanaco. *Revista de Investigación e Innovación Agropecuaria y de Recursos Naturales, La Paz* [en línea], vol. 5, no. 2, pp. 117-124. ISSN 2518-6868 117. Disponible en: [http://www.scielo.org.bo/pdf/riiarn/v5n2/v5n2\\_a13.pdf](http://www.scielo.org.bo/pdf/riiarn/v5n2/v5n2_a13.pdf).

Campos Mariscal, J.L., Álvarez Sánchez, M.E., Maldonado Torres, R. y Vargas Gustavo, A., 2020. Aplicación de abonos orgánicos en el rendimiento y desarrollo radicular en el cultivo de aguacate. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* [en línea], vol. 11, no. 2, pp. 263-274. ISSN 2007-9230. DOI 10.29312/remexca.v11i2.2301. Disponible en: <https://cienciasagricolas.inifap.gob.mx/index.php/agricolas/article/view/2301>.

Condori Vargas, M. y Borda Jeri, A., 2014. *Influencia del humus de lombriz en el rendimiento de la papa (Solanum tuberosum) variedad única en la zona yunga - La Cantuta durante el año 2011* [en línea]. S.l.: Universidad Nacional Enrique Guzmán y Valle. Disponible en: <https://repositorio.une.edu.pe/bitstream/handle/UNE/120/TESIS016.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

Contreras Liza, S.E., Custodio Laura, J.C. Y Zúñiga Dávila, D.E., 2019. Efecto de inoculantes bacterianos sobre el comportamiento agronómico de tres variedades de papa en Cañete. *TAYACAJA* [en línea], vol. 2, no. 1, pp. 97-110. ISSN 2617-9156. DOI 10.46908/rict.v2i1.42. Disponible en: <http://revistas.unat.edu.pe/index.php/RevTaya/article/view/42>.

Cutipá Chura, Z., 2007. *Efecto de excreta de lombriz y biol Vs fertilizantes químicos sobre*



*rendimiento y calidad de tubérculos de papa nativa (Solanum tuberosum spp andigena)* [en línea]. S.l.: Universidad Nacional del Altiplano. Disponible en: <http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/604/EPG204-00218-01.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

Díaz Álvarez, H.J., Liriano González, R. Y Abreu Cruz, E., 2019. Evaluation of complete fórmula fertilizers mixed with natural zeolite in potato cultivation (*Solanum tuberosum* L.). *Revista Centro Agrícola* [en línea], vol. 46, no. 1, pp. 24-30. ISSN 2072-2001. Disponible en: <http://cagricola.uclv.edu.cu>.

Díaz Chilcon, O., 2018. *Efecto de 12 niveles de fertilización N-P-K en el rendimiento del cultivo de papa, variedad INIA 302 amarilis (Solanum tuberosumL.), en el sector San Juan, distrito de Cutervo 2017* [en línea]. S.l.: Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo. Disponible en: <https://repositorio.unprg.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12893/3478/BC-TES-TMP-2289.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

GUTIERREZ, R.C., 2016. *Caracterizacion morfologica y biometrica de hojas y flores de papas nativas (Solanum sp.) cultivadas en la region de pasco* [en línea]. S.l.: Universidad Nacional Agraria La Molina. Disponible en: <http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/2620/F01-C3744-T.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

Huamán Huamán, E., Juárez Contreras, L.D.P., Neri Chavez, J.C. Y Collazos Silva, R., 2017. Aplicación de la giberelina (Ryz up), para inducir la brotación en tubérculos de la papa (*Solanum tuberosum*) variedad canchán INIA. *Revista de Investigación de Agroproducción Sustentable* [en línea], vol. 1, no. 2, pp. 17. ISSN 2520-9760. DOI 10.25127/aps.20172.358. Disponible en: <http://revistas.untrm.edu.pe/index.php/INDESDOS/article/view/358>.

Inostroza, J., Méndez, P., Espinoza, N., Acuña, I., Navarro, P., Cisternas, E. Y Larraín, P., 2017. *Manual del cultivo de la papa en Chile* [en línea]. Santiago, Chile: s.n. ISBN 0717-4829. Disponible en: [file:///C:/Users/UNDC-AGRONOMIA-02/Downloads/INIA\\_Libro\\_0050.pdf](file:///C:/Users/UNDC-AGRONOMIA-02/Downloads/INIA_Libro_0050.pdf).

INSTITUTO NACIONAL DE INNOVACIÓN AGRARIA - INIA, 2012. Papa INIA 303 - Canchán. *Ministerio de Agricultura* [en línea]. [Consulta: 10 octubre 2021]. Disponible en: <https://www.inia.gob.pe/wp->



content/uploads/investigacion/programa/sistProductivo/variedad/papa/INIA\_303.pdf.

Jiménez-Terry, F., Agramonte, D., Pérez, M., Pons, M., O, M. La, Hurtado, O., Pérez, A. Y Leiva-Mora, M., 2013. Efecto del sustrato sobre la producción de minitubérculos de papa en casa de cultivo a partir de plantas in vitro Effect of substrate on potato minitubers production in greenhouse using in vitro plants. *Biotecnología Vegetal* [en línea], vol. 13, no. 3, pp. 169-180. ISSN 2074-8647. Disponible en: <https://web.b.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=0&sid=f091437d-59b8-434b-a164-4c7b2058a8df%40sessionmgr101>.

Lifoncio Landeo, D., 2013. *Producción y manejo del cultivo de papa* [en línea]. S.l.: Universidad Nacional de Huancavelica. Disponible en: <http://repositorio.unh.edu.pe/bitstream/handle/UNH/157/LIFONCIO-AGRON.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

Lima Atencio, Y.W., 2015. *Efecto de cambios climatológicos en la producción de papa en centro poblado Chijichaya-Ilave* [en línea]. S.l.: Universidad Nacional Del Altiplano. Disponible en: [http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/4609/Lima\\_Atencio\\_Yehude\\_Wilhem.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/4609/Lima_Atencio_Yehude_Wilhem.pdf?sequence=1&isAllowed=y).

Livisi Calcina, L.C., 2017. *Caracterización agromorfológica de dos clones y dos cultivares de papa (Solanum tuberosum L.) con tolerancia a heladas en condiciones agroecológicas del Illpa-Puno* [en línea]. S.l.: Universidad Nacional del Altiplano. Disponible en: [http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/7104/Molleapaza\\_Mamani\\_Joel\\_Neftali.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/7104/Molleapaza_Mamani_Joel_Neftali.pdf?sequence=1&isAllowed=y).

Luján Meregildo, Y.E., 2018. *Efecto de tres dosis de "humus de lombriz" Eisenia foetida (Lumbricidae) y tres dosis de estiércol de "Vacuno" Bos taurus (Bovidae) en el rendimiento del cultivo de "Papa" Solanum tuberosum L. (Solanaceae) var. serranita en la Provincia Otuzco - Región La* [en línea]. S.l.: Universidad Privada Antenor Orrego. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12759/3662>.

Luna Murillo, R., Espinosa Cunuhuay, K., Trávez Trávez, R., Ulloa Méndez, C., Espinoza Coronel, A. Y Bejarano Albornoz, A., 2016. Respuesta de variedades de papa (*Solanum tuberosum*, L) a la aplicación de abonos orgánicos y fertilización química. *Ciencias agrarias* [en línea], vol. 9, no. 1, pp. 11-16. ISSN 1390-4043. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5609375>.

- Mamani Linares, A.W., 2019. *Efecto de diferentes pesos de tubérculos semilla en el rendimiento del cultivo de papa (Solanum tuberosum L.) variedad única en el CEA III Los Pichones* [en línea]. S.l.: Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann-Tacna. Disponible en: [http://repositorio.unjbg.edu.pe/bitstream/handle/UNJBG/3697/1619\\_2019\\_mamani\\_linares\\_aw\\_fcag\\_agronomia.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.unjbg.edu.pe/bitstream/handle/UNJBG/3697/1619_2019_mamani_linares_aw_fcag_agronomia.pdf?sequence=1&isAllowed=y).
- Marquez-Vasallo, y., Salomón-Díaz, J.L. Y Acosta-Roca, R., 2020. Análisis de la interacción genotipo ambiente en el cultivo de la papa (*Solanum tuberosum L.*). *Cultivos Tropicales* [en línea], vol. 41, no. 1. ISSN 1819-4087. Disponible en: <https://web.a.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=1&sid=e7c5098d-deca-477d-9053-f6fe37b7e383%40sessionmgr4006>.
- Martínez Reynoso, F.A., 2009. *Caracterización morfológica e inventario de conocimiento colectivos de variedades de papas nativas (Solanum tuberosum.L) en la provincia de Chimborazo* [en línea]. S.l.: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Disponible en: <http://dspace.esoch.edu.ec/bitstream/123456789/337/1/13T0630.pdf>.
- Mendoza Belén, D.C., 2017. *Obtención de compuesto Humus en unidad Piloto a partir del tratamiento con lombrices en Lodos dirigidos de la Planta de Tratamiento Villa Club Cosmos* [en línea]. S.l.: Universidad de Guayaquil. Disponible en: [http://repositorio.unjbg.edu.pe/bitstream/handle/UNJBG/3438/114\\_2017\\_zea\\_rojas\\_zm\\_espg\\_maestria\\_gestion\\_ambiental\\_desarrollo\\_sostenible.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.unjbg.edu.pe/bitstream/handle/UNJBG/3438/114_2017_zea_rojas_zm_espg_maestria_gestion_ambiental_desarrollo_sostenible.pdf?sequence=1&isAllowed=y).
- MINISTERIO DE AGRICULTURA Y RIEGO-MINAGRI, 2020. Análisis de mercado de la papa 2020. *Sierra Exportadora* [en línea]. [Consulta: 10 octubre 2021]. Disponible en: <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/1471847/Análisis de Mercado - Papa 2020.pdf>.
- MINISTERIO DE AGRICULTURA Y RIEGO - MINAGRI, 2017. Papa: Características de la Producción Nacional y de la Comercialización en Lima Metropolitana. *MINAGRI* [en línea]. [Consulta: 10 octubre 2021]. Disponible en: <file:///C:/Users/UNDC-AGRONOMIA-02/Downloads/boletin-prod-nacional-papa.pdf>.
- MINISTERIO DE AGRICULTURA Y RIEGO - MINAGRI, [sin fecha]. Ficha técnica del cultivo de papa. [en línea]. [Consulta: 10 octubre 2021]. Disponible en: [https://www.agrorural.gob.pe/wp-content/uploads/transparencia/dab/material/ficha\\_tecnica\\_papa.pdf](https://www.agrorural.gob.pe/wp-content/uploads/transparencia/dab/material/ficha_tecnica_papa.pdf).
- MINISTERIO DEL AMBIENTE-MINAM, 2019. *Línea de base de la diversidad genética de la papa peruana con fines de bioseguridad* [en línea]. Primera ed. Lima, Perú: s.n. ISBN 9786124174346. Disponible en: [www.minam.gob.pe](http://www.minam.gob.pe).



- Mora-Quilismal, S.R., Cuaical-Galárraga, E.T., García-Bolívar, J., Revelo-Ruales, V.W., Puetate-Mejía, L.M., Aguila-Alcantara, E. Y Ruiz-Sánchez, M., 2021. Biofertilización con bacterias solubilizadoras de fósforo y hongos micorrízicos arbusculares en el cultivo de la papa. *Cultivos Tropicales* [en línea], vol. 42, no. 2. ISSN 02585936. Disponible en: <https://web.a.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=1&sid=48e26bae-bc18-4650-8ce1-317b8d8d30af%40sdc-v-sessmgr01>.
- Morales Garzón, F.J., 2007. Sociedades precolombinas asociadas a la domesticación y cultivo de la papa (*Solanum tuberosum*) en Sudamérica. *Revista Latinoamericana de la Papa* [en línea], vol. 14, no. 1, pp. 1-9. ISSN 1853-4961. Disponible en: <http://ojs.papaslatinas.org/index.php/rev-alap/article/view/139/142>.
- Morales Guevara, D., Torres Hernández, L., Jerez Mompié, E., Falcón Rodríguez, A. y Dell'amico Rodríguez, J., 2015. Efecto del Quitomax en el crecimiento y rendimiento del cultivo de la papa (*Solanum tuberosum* L.). *Cultivos Tropicales* [en línea], vol. 36, no. 3, pp. 133-143. ISSN 1819-4087. Disponible en: <http://scielo.sld.cu/pdf/ctr/v36n3/ctr2015.pdf>.
- Mozombite García, J.L., 2012. *Efecto de diferentes niveles de aplicación orgánica (Humus de Lombriz) en la producción de ají Charapita (Capsicum Frutescens) en un suelo ultisol de Pucallpa* [en línea]. S.l.: Universidad Nacional de Ucayali. Disponible en: <http://repositorio.unu.edu.pe/bitstream/handle/UNU/1869/000000740T.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- Muñoz, F. y Cruz, L., 1984. *Manual del cultivo de papa* [en línea]. 1984. Ecuador: s.n. Disponible en: [https://nkxms1019hx1xmtstxk3k9sko-wpengine.netdna-ssl.com/wp-content/uploads/Documentacion PDF/manual de papa\\_completo.pdf](https://nkxms1019hx1xmtstxk3k9sko-wpengine.netdna-ssl.com/wp-content/uploads/Documentacion%20PDF/manual%20de%20papa_completo.pdf).
- Ojeda Quintana, L.J., Arteaga Rodríguez, O., Escobar Escobar, L.A. y López Milián, A., 2020. Efecto de la inoculación con hongos micorrízicos arbusculares (HMA) y humus de lombriz en el establecimiento de *Cenchrus purpureus* (Schumach.) Morrone cv. Cuba CT-115. *Idesia (Arica)* [en línea], vol. 38, no. 2, pp. 5-11. ISSN 0718-3429. DOI 10.4067/S0718-34292020000200005. Disponible en: [http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0718-34292020000200005&lng=en&nrm=iso&tlng=en](http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-34292020000200005&lng=en&nrm=iso&tlng=en).
- Otiniano, R., 2017. *Manual del cultivo de papa para pequeños productores en la sierra norte del Perú* [en línea]. 2017. Lima, Perú: Asociación Pataz. ISBN 978-612-47608-0-8. Disponible en: [file:///D:/TESIS/ANALI/Redacción final/manual-del-cultivo-de-papa.pdf](file:///D:/TESIS/ANALI/Redacción%20final/manual-del-cultivo-de-papa.pdf).
- Pantoja Medina, B., 2020. *Efecto de los microorganismos eficientes y restos vegetales en la calidad de humus de lombriz roja californiana (*Eisenia foetida* Sav.) en Huacrachuco,*



2018. S.I.: Universidad Nacional Agraria de la Selva.
- Pérez et al., B., 2016. Efecto de los bioinsumos sobre la capacidad de respuesta de cultivares nativos de papa (*Solanum tuberosum* L.) a sequia. *Revista Latinoamericana de la Papa* [en línea], vol. 19, no. 1, pp. 40-58. ISSN 1853-4961. DOI 10.37066/ralap.v19i1.225. Disponible en: <http://ojs.papaslatinas.org/index.php/rev-alap/article/view/225>.
- Ramírez Maldonado, J., Mejía Anaya, T. y Fernández López, C., 2017. Evaluación comparativa de ocho variedades de papa (*Solanum tuberosum*) en el centro poblado de Uchuyacu distrito y provincia de Huaraz departamento de Áncash 2016-2017. *APORTE SANTIAGUINO* [en línea], vol. 10, no. 2, pp. 225. ISSN 2616-9541. DOI 10.32911/as.2017.v10.n2.165. Disponible en: [http://revistas.unasam.edu.pe/index.php/Aporte\\_Santiaguino/article/view/165](http://revistas.unasam.edu.pe/index.php/Aporte_Santiaguino/article/view/165).
- Reategui, K., Aguirre, N., Oliva, R. y Aguirre, E., 2019. Phenology and yield of four potato varieties in the Peruvian Altiplano. *Scientia Agropecuaria* [en línea], vol. 10, no. 2, pp. 265-274. ISSN 23066741. DOI 10.17268/sci.agropecu.2019.02.12. Disponible en: <http://revistas.unitru.edu.pe/index.php/scientiaagrop/article/view/2426>.
- Rodríguez-Pérez, L., 2010. Ecofisiología del cultivo de la papa (*Solanum tuberosum* L.). *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas* [en línea], vol. 4, no. 1, pp. 97-108. Disponible en: [https://revistas.uptc.edu.co/index.php/ciencias\\_hortícolas/article/view/1229/1228](https://revistas.uptc.edu.co/index.php/ciencias_hortícolas/article/view/1229/1228).
- Sanabria, K., 2019. *Inductores de resistencia para el manejo integrado de Phytophthora infestans (MONT.) de Bary en el cultivo de papa(Solanum tuberosum L.)* [en línea]. S.I.: Universidad Nacional Agraria La Molina. Disponible en: <http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/3983/sanabria-aguilar-kimberlayn-maria-apsara.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- Santoyo, M.Á.B., Fuentes, G.Á., Rodríguez, J.M.P., Lopez, J.C.G. y Rivera, R.C., 2017. Abonos obtenidos del compostado de heces de ganado bovino de leche vs. Fertilizante en la producción de triticale (X *Triticum secale* Wittmack). *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias*, vol. 49, no. 1, pp. 95-104. ISSN 03704661.
- Sarmiento-Sarmiento, G., Pino-Cabana, D., Mena-Chacón, L., Medina-Dávila, H. y Lipa-Mamani, L., 2019. Application of vermicompost and seaweed in the watermelon crop (*Citrullus lanatus* Thunb.) Var. Santa Amelia. *Scientia Agropecuaria* [en línea], vol. 10, no. 3, pp. 363-368. ISSN 23066741. DOI 10.17268/sci.agropecu.2019.03.06. Disponible en: <http://revistas.unitru.edu.pe/index.php/scientiaagrop/article/view/2556>.
- Soto, J., Medina, T., Aquino, Y. y Estrada, R., 2014. Diversidad genética de papas nativas (*Solanum*spp.) conservadas en cultivares nativos del Perú. *Revista Peruana de Biología*

- [en línea], vol. 20, no. 3, pp. 215-222. ISSN 1727-9933. DOI 10.15381/rpb.v20i3.5216.  
Disponibile en:<http://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/rpb/article/view/5216>.
- Spiegel, M.R. y Stephens, L.J., 2017. *Estadística*. Cuarta. Santa fé, México: s.n. ISBN 9780415475976.
- Suquilanda Valdivieso, M.B., 2009. *Producción orgánica de cultivos andinos* [en línea]. Lima, Perú: s.n. Disponible en:  
[http://www.fao.org/fileadmin/user\\_upload/mountain\\_partnership/docs/1\\_produccion\\_organica\\_de\\_cultivos\\_andinos.pdf](http://www.fao.org/fileadmin/user_upload/mountain_partnership/docs/1_produccion_organica_de_cultivos_andinos.pdf).
- Tapia-Vasquez, H.J., 2017. *Fenología y caracterización morfológica de 43 entradas de papa chaucha (Solanum tuberosum L.) de la región Cajamarca* [en línea]. S.l.: Universidad Nacional de Cajamarca. Disponible en:  
[http://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/UNC/1673/TESIS\\_FENOLOGIA\\_Y\\_CARACTERIZACION\\_MORFOLOGICA\\_DE\\_43\\_ENTRADAS\\_DE\\_PAPA\\_CHAUCHA.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/UNC/1673/TESIS_FENOLOGIA_Y_CARACTERIZACION_MORFOLOGICA_DE_43_ENTRADAS_DE_PAPA_CHAUCHA.pdf?sequence=1&isAllowed=y).
- Torres Guevara, J.J., Parra Rondinel, F.A., Casas Fernández, A. y Cruz Soriano, A., 2019. *De los cultivos nativos y el cambio del clima hallazgos (Huánuco y Apurímac)* [en línea]. Lima, Perú: s.n. ISBN 9786120043493. Disponible en:  
[https://www.researchgate.net/publication/333802851\\_De\\_los\\_cultivos\\_nativos\\_y\\_el\\_cambio\\_del\\_clima\\_Hallazgos\\_Huanuco\\_y\\_Apurimac/links/5d8e4b20299bf10cff151959/De-los-cultivos-nati](https://www.researchgate.net/publication/333802851_De_los_cultivos_nativos_y_el_cambio_del_clima_Hallazgos_Huanuco_y_Apurimac/links/5d8e4b20299bf10cff151959/De-los-cultivos-nati).
- Trujillo Saavedra, S.D., 2017. *Factores determinantes de la producción de papa en el Perú para el periodo de años 1990-2013* [en línea]. S.l.: Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas. Disponible en: <http://hdl.handle.net/10757/621688>.
- Tupayachi Huayhua, G., 2021. *Efecto de cuatro dosis de humus de lombriz y dos dosis de soluciones nutritivas en producción de col de brucas (Brassica oleracea L. var Gemmifera) en centro agronómico K'ayra - Cusco* [en línea]. S.l.: Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco. Disponible en:  
[http://repositorio.unsaac.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12918/5931/253T20210191\\_TC.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.unsaac.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12918/5931/253T20210191_TC.pdf?sequence=1&isAllowed=y).
- Valeriano, W.R., 2021. *Efecto del humus de lombriz (Eisenia foetida) mediante el uso de tres tipos de estiércol (Ovino, vacuno y alpaca) en el cultivo de avena forrajera (Avena sativa L.)* [en línea]. S.l.: Univeresidad Nacional del Altiplano. Disponible en:  
[http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/16471/Valeriano\\_Valeriano\\_Willian\\_Rivas.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/16471/Valeriano_Valeriano_Willian_Rivas.pdf?sequence=1&isAllowed=y).

- Vásquez A., V., Cabrera H., H.A., Jiménez D., L.A. y Colunche, A., 2019. Estabilidad del rendimiento de genotipos de papa (*Solanum tuberosum* L.). *Ecología Aplicada* [en línea], vol. 18, no. 1, pp. 59. ISSN 1993-9507. DOI 10.21704/rea.v18i1.1307. Disponible en: <http://revistas.lamolina.edu.pe/index.php/eau/article/view/1307>.
- Vignola, R., Watler, W., Vargas Céspedes, A. y Morales, M., 2017. Ficha técnica: Cultivo de Papa. *Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria-INTA* [en línea], vol. 0, no. 0, pp. 1-78. Disponible en: <http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/reduccion-impacto-por-eventos-climaticos/Informe-final-papa.pdf>.
- Zea Rojas, Z.M., 2017. *Eficiencia de la aplicación del humus y fosfohumus de lombriz como alternativas para la producción sostenible del cultivo de maíz forrajero Zea Mays L. Var. Opaco mal paso en el distrito de Ite, provincia Jorge Basadre, región Tacna, 2014* [en línea]. S.l.: Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann. Disponible en: [http://repositorio.unjbg.edu.pe/bitstream/handle/UNJBG/3438/114\\_2017\\_zea\\_rojas\\_zm\\_espg\\_maestria\\_gestion\\_ambiental\\_desarrollo\\_sostenible.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.unjbg.edu.pe/bitstream/handle/UNJBG/3438/114_2017_zea_rojas_zm_espg_maestria_gestion_ambiental_desarrollo_sostenible.pdf?sequence=1&isAllowed=y).

## ANEXOS



ANEXO 1

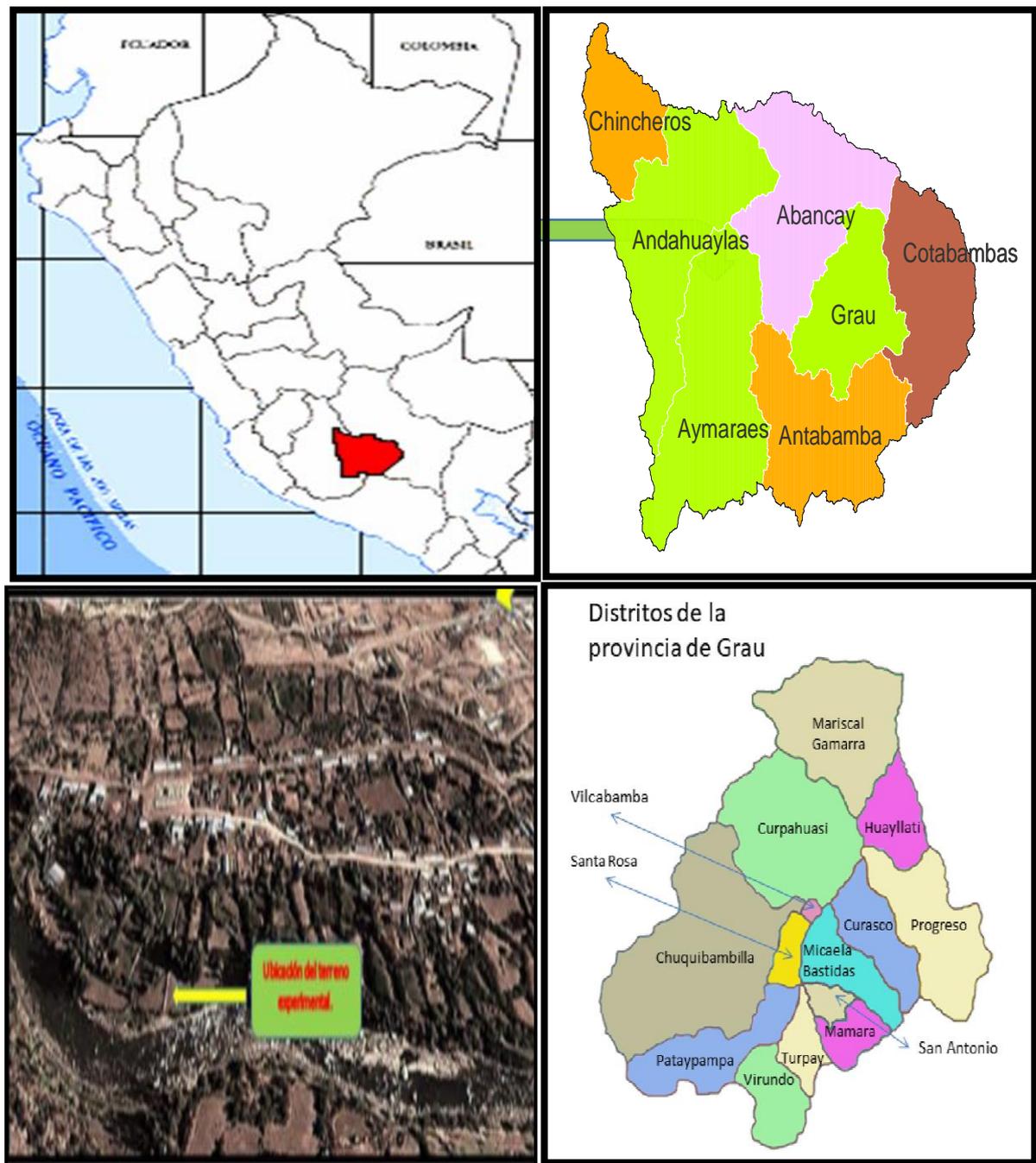


Figura — 17-- Mapa de ubicación de la parcela experimental

ANEXO 2

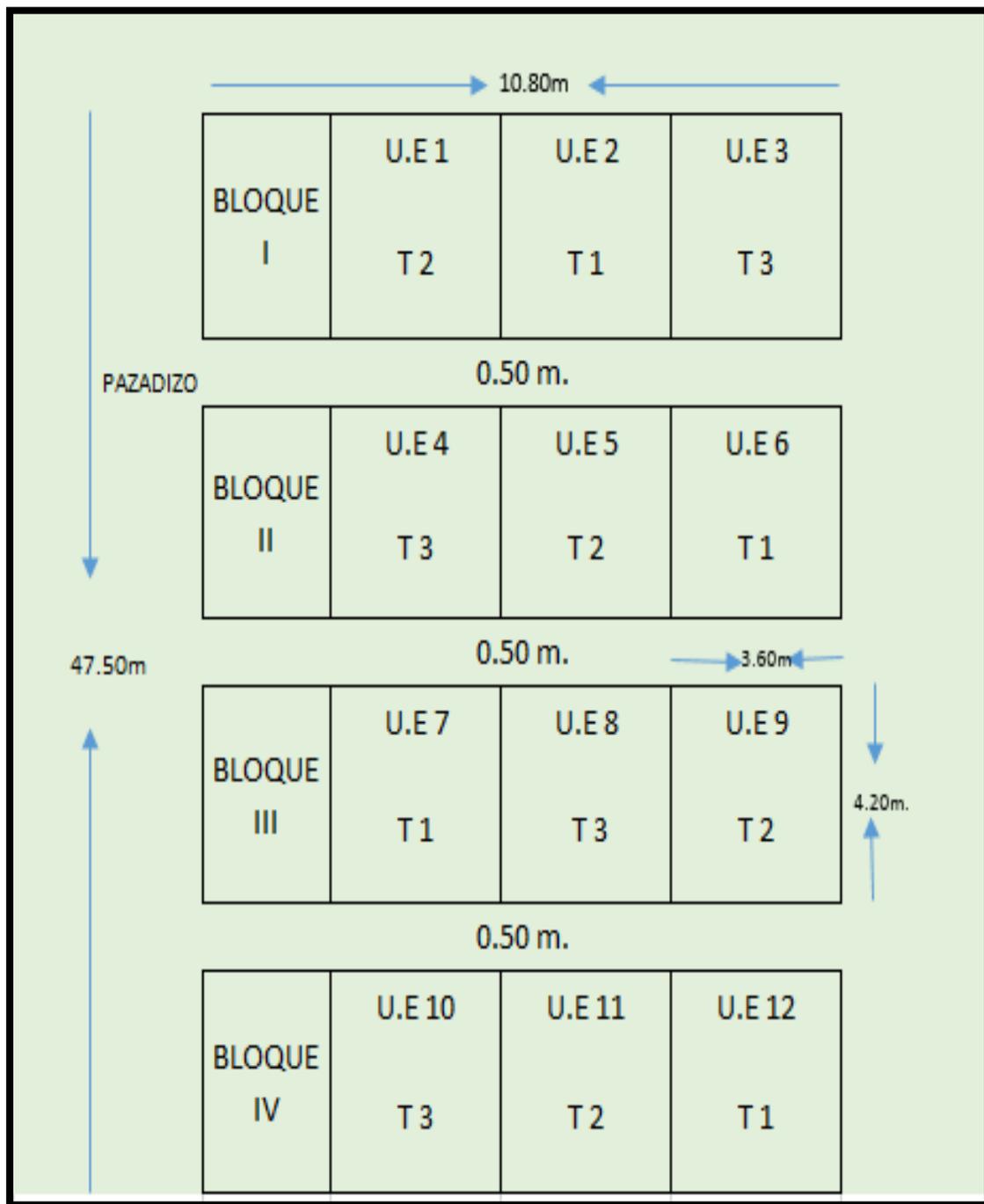


Figura 18 — Croquis de parcela experimental



ANEXO 3 Matriz de consistencia

**TITULO: FERTILIZACION LOCALIZADA CON HUMUS DE LOMBRIZ (*Eisenia foetida*) EN LA PRODUCCIÓN DEL CULTIVO DE PAPA (*Solanum tuberosum*) variedad Canchan INIA CHUQUIBAMBILLA - GRAU.**

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	INDICADORES	ÍNDICES	MÉTODOS
<p><b>Problema general</b> ¿Cuál es el efecto de la fertilización localizada con humus de lombriz (<i>Eisenia foetida</i>) en la producción del cultivo de papa (<i>Solanum tuberosum</i> L.), variedad Canchan INIA en Chuquibambilla, Grau?</p> <p><b>Problemas específicos</b> a. Cuál es el efecto de la fertilización localizada con humus de lombriz (<i>Eisenia foetida</i>) en el crecimiento vegetativo del cultivo de papa (<i>Solanum tuberosum</i> L.), variedad Canchan INIA en</p>	<p><b>Objetivo general</b> Determinar el efecto de la fertilización localizada con humus de lombriz (<i>Eisenia foetida</i>) en la producción del cultivo de papa (<i>Solanum tuberosum</i> L.), variedad Canchan INIA en Chuquibambilla, Grau</p> <p><b>Objetivos específicos</b> a. Determinar el efecto de la fertilización localizada con humus de lombriz (<i>Eisenia foetida</i>) en el crecimiento vegetativo del cultivo de papa (<i>Solanum tuberosum</i> L.), variedad Canchan INIA en</p>	<p><b>Hipótesis general</b> La fertilización localizada con humus de lombriz (<i>Eisenia foetida</i>) tiene efecto positivo en la producción del cultivo de la papa (<i>Solanum tuberosum</i> L.) variedad Canchan INIA en Chuquibambilla, Grau</p> <p><b>Hipótesis específicas</b> a. La fertilización localizada con humus de lombriz (<i>Eisenia foetida</i>) tiene efecto positivo en el crecimiento vegetativo del cultivo de la papa (<i>Solanum tuberosum</i> L.) variedad Canchan INIA en Chuquibambilla, Grau. b. La fertilización localizada con humus</p>	<p><b>Variable Independiente</b> Fertilización localizada con humus de lombriz (<i>Eisenia foetida</i>)</p> <p><b>Variable Dependiente.</b> Rendimiento del cultivo de papa (<i>Solanum tuberosum</i> L.) variedad Canchan INIA. Crecimiento vegetativo del</p>	<p>Fertilización de humus de lombriz al voleo</p> <p>Fertilización de humus localizada</p> <p>Testigo</p> <p>Indicadores. Peso de tubérculo por planta Diámetro de tubérculo Numero de tubérculos por planta Rendimiento Peso de tuberculo</p>	<p>T1: 2 Kg/m<sup>2</sup></p> <p>T2: 0.50 Kg/planta</p> <p>T3: Testigo (sin humus de lombriz)</p>	<p><b>Tipo de investigación:</b> Es experimental puro, porque se manipuló la variable independiente (fertilización localizada con humus de lombriz) para medir su efecto en las variables dependiente: Rendimiento de la producción, del cultivo de papa. En cuanto al estudio de las variables es de tipo cuantitativo, porque las variables son tangibles y se puede obtener mediante medición en el sistema internacional de medida. En cuanto a su finalidad, es de tipo aplicativo</p>

<p>Chuquibambilla, Grau?</p> <p>b. Cuál es el efecto de la fertilización localizada con humus de lombriz (<i>Eisenia foetida</i>) en el rendimiento del cultivo de papa (<i>Solanum tuberosum</i> L.), variedad Canchan INIA en Chuquibambilla, Grau?</p>	<p>INIA en Chuquibambilla, Grau</p> <p>b. Determinar el efecto de la fertilización localizada con humus de lombriz (<i>Eisenia foetida</i>) en el rendimiento del cultivo de papa (<i>Solanum tuberosum</i> L.), variedad Canchan INIA en Chuquibambilla, Grau</p>	<p>de lombriz (<i>Eisenia foetida</i>) tiene efecto positivo en el rendimiento del cultivo de la papa (<i>Solanum tuberosum</i> L.) variedad Canchan INIA en Chuquibambilla, Grau</p>	<p>cultivo de papa (<i>Solanum tuberosum</i> L.) variedad Canchan INIA</p>	<p>% de emergencia % de plantas con brotes laterales Altura de planta Numero de tallo por planta</p>	<p><b>Nivel de investigación:</b> Es descriptivo. Es transversal Es explicativa</p> <p><b>Método y diseño de investigación:</b> El método de estudio es cuantitativo y la modalidad a utilizar es Diseño de Bloque Completamente al Azar (DBCA), la obtención de datos fue mediante la evaluación de campo durante el proceso vegetativo de producción, y con la manipulación de equipos e instrumentos de medición.</p>
---	--	---	--	--	--

ANEXO 4 Fichas de recolección de datos

Nombre del evaluador:.....										N° de U.E.:.....												
Variable a evaluar: .....																						
Clave de tratamiento	Tratamientos	Fecha de evaluación:                    /                    /																				
		Variable: .....																		Sumatoria	Promedio	
		Indicador: .....																				
		Unidad de medida: .....																				
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15		...	20			
Observaciones:.....																						
.....																						
.....																						

ANEXO 5 Datos para procesar

Tratamientos	Bloques	Indicadores de la variable crecimiento vegetativo								Indicadores del rendimiento de la producción				
		Emergencia	Altura de planta a los 30 dds (cm)	Altura de planta a los 60 dds (cm)	Altura de planta a los 90 dds (cm)	Número de tallos a los 30 dds	Número de tallos a los 60 dds	Número de tallos a los 90 dds	Porcentaje de plantas con brotes laterales a los 35 dds (%)	Peso del tubérculo por planta (g)	Diámetro de tubérculo a los 120 dds (mm)	Número de tubérculos por planta a los 120 dds	Rendimiento estimado (t/ha)	Peso de tubérculo estimado (g)
1.00	1.00	100.00	5.95	24.49	31.06	1.50	3.00	3.00	100.00	318.35	34.45	8.45	11.79	37.67
1.00	2.00	85.00	8.39	27.00	32.35	1.70	3.00	3.00	90.00	434.55	37.54	8.80	16.09	49.38
1.00	3.00	75.00	4.65	27.68	46.13	1.65	3.00	3.00	75.00	567.35	35.19	10.35	21.01	54.82
1.00	4.00	90.00	4.70	30.48	36.95	2.30	3.00	3.00	95.00	592.54	40.79	10.75	21.95	55.12
2.00	1.00	85.00	6.37	27.33	38.56	1.60	3.10	4.00	90.00	869.98	42.75	15.80	32.22	55.06
2.00	2.00	90.00	8.55	31.80	36.25	2.05	4.00	3.00	95.00	973.71	42.99	14.30	36.06	68.09
2.00	3.00	95.00	7.35	33.85	51.25	2.10	4.00	4.00	100.00	869.61	44.51	12.10	32.21	71.87
2.00	4.00	95.00	5.70	34.53	44.45	2.05	4.00	4.00	95.00	759.25	40.62	13.65	28.12	55.62
3.00	1.00	90.00	5.89	25.48	30.18	5.89	2.90	3.00	95.00	291.78	38.73	6.50	10.81	44.89
3.00	2.00	85.00	7.04	25.74	33.45	1.70	3.00	3.00	85.00	346.32	34.03	9.40	12.83	36.84
3.00	3.00	85.00	5.89	29.25	42.30	1.55	3.00	3.00	85.00	395.73	33.84	7.85	14.66	50.41
3.00	4.00	75.00	4.99	30.05	25.10	1.85	3.00	3.00	80.00	370.34	39.72	6.75	13.72	54.86

ANEXO 6 Panel fotográfico



**Figura 19** — Vista fotográfica de la parcela de la ejecución del proyecto de investigación. Limpieza del terreno (15/01/2021)



**Figura 20** — Vista fotográfica del Arado o roturado de la parcela utilizando chaquitacla. (18/01/2021)



**Figura 21** — Vista fotográfica del mullido del suelo para la instalación del cultivo de la papa. (19/01/2021)



**Figura 22** — Vista fotográfica de los materiales que se utilizó para el diseño de bloques en la parcela experimental (19/01/2021)



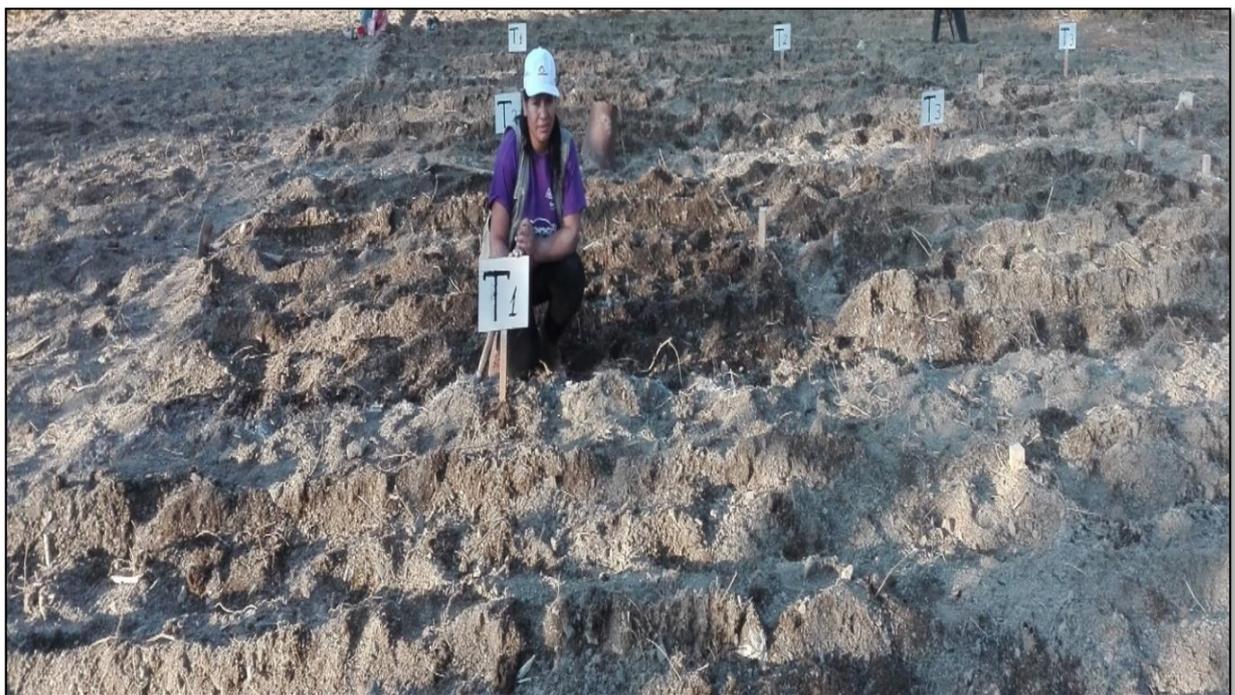
**Figura 23** — Vista fotográfica del trazo y marcación de bloques en la parcela experimental. (19/01/2021).



**Figura 24** — Vista fotográfica de la aplicación del humus de lombriz al voleo en los bloques antes de la siembra. (20/01/2021).



**Figura 25** —Vista fotográfica de la instalación (siembra) del tubérculo semilla en los surcos. (20/01/2021).



**Figura 26** — Vista fotográfica de la identificación de los bloques en la parcela experimental (20/01/2021)



**Figura 27** — Vista fotográfica de la evaluación de la emergencia del tubérculo hacia la superficie del suelo (18/02/2021).



**Figura 28** — Vista fotográfica de la evaluación de la altura de la planta los 60 dds (20/03/2021).



**Figura 29** — Vista fotográfica de la evaluación del diámetro del tallo de la planta de papa 90 dds. (20/04/2021).



**Figura 30** — Vista fotográfica de las labores culturales (aporque) del cultivo de la papa (20/04/2021)



**Figura 31** — Vista fotográfica de la segunda evaluación de la altura de la planta. (20/04/2021).



**Figura 32** — Vista fotográfica de la cosecha del tubérculo en la parcela experimental. (29/05/2021).

ANEXO 7

CÁLCULO DE LA INCORPORACIÓN DE HUMUS DE LOMBRIZ EN FUNCIÓN AL ANÁLISIS DE SUELO Y REQUERIMIENTO NUTRICIONAL

Interpretación del análisis del suelo	Niveles de fertilización en Kg/ha		
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
Bajo	200	300	150
Medio	150	150	100
Alto	50	80	40

Resultados del análisis de suelo

% Nitrógeno Total	ppm P205	ppm K <sub>2</sub> 0	% Materia orgánica
0.16	98.3	557	3.16

Humus de lombriz

% Nitrógeno Total	ppm P205	ppm K <sub>2</sub> 0
1.2	0.35	0.34

Requerimiento nutricional óptimo de la papa canchan INIA fertilización media Kg/Ha

% Nitrógeno Total	ppm P205	ppm K <sub>2</sub> 0
150	150	100

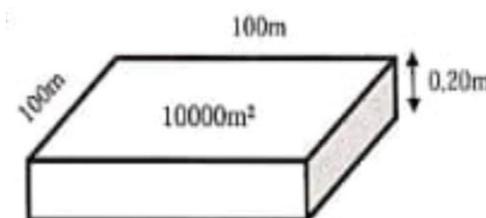
Procedimiento:

1. Cálculo del peso de la hectárea

❖ Volumen de la hectárea

$$V = 10000 \text{ m}^2 \times 0.20 \text{ m}$$

$$V = 2000 \text{ m}^3$$



❖ Masa del suelo.

$$M = D \times V$$

$$M = 1.2 \text{ ton/m}^3 \times 2000 \text{ m}^3$$

$$M = 2400 \text{ ton}$$

$$M = 2400000 \text{ kg.}$$



100 kg. de suelo.      —————> 3.16 kg. MO  
2400000 kg. de suelo —————> X

$$X = \frac{2400000 \text{ kg. de suelo} \times 3.16 \text{ kg. MO}}{100 \text{ kg. de suelo}}$$

**X = 75,840 kg. MO**

75840 kg. MO —————> 100 %  
X Kg MO            —————> 0.16 %

$$\frac{75840 \text{ kg. MO} \times 0.16 \%}{100 \%}$$

**X = 121.344Kg. N. Total**

121.344 kg. N Total —————> 100 %  
X                                    —————> 2 %

$$\frac{121.344 \text{ kg. Total} \times 2 \%}{100 \%}$$

**X = 2.43Kg. N. disponible**

## 2. Hallando el requerimiento optimo

150 – 2.43 = 147.6 Kg. N entonces decimos que falta incorporar 147.6 Kg. N

➤ Para el humus de lombriz

100 kg. de humus —————> 1.2 Kg .N  
X Kg. humus            —————> 147.6 Kg. N

$$\frac{100 \text{ kg. de humus} \times 147.6 \%}{1.2 \text{ Kg. N}}$$

X = 12.300 Kg. N. disponible

**X = 12.3 ton. de humus.**

Para llegar el nivel de requerimiento se incorporó 12.3 ton de humus de lombriz.



## ANEXO 8 Presupuesto

## a) De bienes

Insumos	Costos			
	Unidad	Cantidad	Precio unit.	P. Total
Semillas de tubérculos papa Vr. Canchan INIA.	Kg	45	2.00	90.00
Lombri compost	Kg.	250	1.50	375.00
Foliares	Kg.	1	10.00	10.00
insecticida	Kg.	1	25.00	25.00
<b>Herramientas y materiales</b>				
Wincha de 50 m	Unidad	1	35.00	35.00
Wincha de 5 m	Unidad	1	10.00	10.00
Costales	Unidad	10	3.50	35.00
Cordel	Metros	100	0.50	50.00
Estacas	Unidad	40	1.20	48.00
Balanza	Unidad	1	120.00	120.00
<b>Materiales de escritorio</b>				
USB 4GB	Unidad	1	30	30
Corrector	Unidad	1	3.50	3.50
Tablero de campo	Unidad	1	15.00	15.00
Lapiceros, lápices etc.	Unidad	4	1.50	6.00
Materiales de Impresión	Varios	1	150.00	150.00
Cámara fotográfica	Unidad	1	300	300
Herramientas manuales	Varios	1	300	300
<b>COSTO TOTAL S/.</b>				<b>1902.5</b>

## b) De servicio

Mano de obra y servicios	Costos			
	Unidad	Cantidad	Precio Unit.	P. Total
Análisis de suelo	Unidad	1	100.00	100.00
Limpieza de terreno	Jornal	1	30.00	30.00
Limpieza de canal de riego	Jornal	2	30.00	60.00
Preparación de terreno (arado, nivelado y surcado)	Jornal	4	30.00	120.00
Siembra y Fertilización	Jornal	2	30.00	60.00
Asperjadora 15 lt.	Alquiler	6	10.00	60.00
Control fitosanitario	Jornal	6	30.00	180.00
Aporques	Jornal	4	30.00	120.00
Riegos de Mantenimiento	Jornal	5	30.00	150.00
Cosecha	Jornales	2	30.00	60.00
Evaluaciones	Unidad	8	30.00	240.00
Impresión de tesis	Unidad	3	80.00	240.00
Copias	Global	1	100	100
Otros	Global	1	300	300
<b>COSTO TOTAL S/.</b>				<b>1820.0</b>



c) Resumen

<b>N°</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>COSTO TOTAL</b>
1	BIENES	1902.5
2	SERVICIOS	1820.0
<b>TOTAL, PRESUPUESTO DE LA INVESTIGACIÓN</b>		<b>S/. 3722.5</b>

