

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**  
**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE AGRONOMÍA**



**EFFECTO DE CUATRO NIVELES DE FERTILIZANTE Y DOS MODALIDADES DE APLICACIÓN EN EL CULTIVAR DE PAPA 'AMARILLA REDONDA' (GRUPO PHUREJA)**

**T E S I S**

Para Optar el Título Profesional de:  
**INGENIERO AGRÓNOMO**

Presentado por el Bachiller:  
**EDUIN MILDER HUAMÁN ALVA**

Asesores:  
**Dr. JUAN FRANCISCO SEMINARIO CUNYA**  
**Ing. M. Sc. ATTILIO ISRAEL CADENILLAS MARTÍNEZ**

**CAJAMARCA – PERÚ**

**2023**



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA**  
"NORTE DE LA UNIVERSIDAD PERUANA"  
Fundada por Ley N° 14015, del 13 de febrero de 1962  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**  
Secretaría Académica



**ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS**

En la ciudad de Cajamarca, a los veintiocho días del mes de febrero del año dos mil veintitrés, se reunieron en el ambiente 2C - 202 de la Facultad de Ciencias Agrarias, los miembros del Jurado, designados según **Resolución de Consejo de Facultad N° 051-2023-FCA-UNC, de fecha 16 de enero del 2023**, con la finalidad de evaluar la sustentación de la **TESIS** titulada: "**EFECTO DE CUATRO NIVELES DE FERTILIZANTE Y DOS MODALIDADES DE APLICACIÓN EN EL CULTIVAR DE PAPA AMARILLA REDONDA (grupo Phureja)**", realizada por el Bachiller **EDUIN MILDER HUAMÁN ALVA** para optar el Título Profesional de **INGENIERO AGRÓNOMO**.

A las diecisiete horas y quince minutos, de acuerdo a lo establecido en el **Reglamento Interno para la Obtención de Título Profesional de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Cajamarca**, el Presidente del Jurado dio por iniciado el Acto de Sustentación, luego de concluida la exposición, los miembros del Jurado procedieron a la formulación de preguntas y posterior deliberación. Acto seguido, el Presidente del Jurado anunció la aprobación por unanimidad, con el calificativo de quince (15); por tanto, el Bachiller queda expedito para proceder con los trámites que conlleven a la obtención del Título Profesional de **INGENIERO AGRÓNOMO**.

A las dieciocho horas y cuarenta minutos del mismo día, el Presidente del Jurado dio por concluido el Acto de Sustentación.

Dr. Edin Edgardo Alva Plasencia  
PRESIDENTE

Dr. Wilfredo Poma Rojas  
SECRETARIO

Ing. Urías Mostacero Plasencia  
VOCAL

Dr. Juan Francisco Seminario Cunya  
ASESOR

Ing. M. Sc. Attilio Israel Cadenillas Martínez  
ASESOR

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo a mi familia. Principalmente, a mi padre Luis Huamán, a mi madre Marina Alva y a mis hermanos (as), por ser los pilares más importantes en mi vida y durante mis estudios universitarios y por su apoyo incondicional.

## **AGRADECIMIENTO**

Expreso mi sincero agradecimiento a:

Dios, por todas sus bendiciones y por haberme dado la vida y permitirme el haber llegado hasta este momento tan importante de mi formación profesional.

Al Doctor Juan Francisco Seminario Cunya y al Ing. M. Sc. Attilio Israel Cadenillas Martínez asesores de este trabajo, por su dedicación en la orientación para el desarrollo de esta investigación.

Al programa de Raíces y Tubérculos Andinos de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Cajamarca, por conceder el área para instalación del experimento.

A mis compañeros de estudio, por su apoyo en las diferentes actividades realizadas durante la presente investigación.

## ÍNDICE

	Pág.
<b>DEDICATORIA</b> .....	<b>iii</b>
<b>AGRADECIMIENTO</b> .....	<b>iv</b>
<b>RESUMEN</b> .....	<b>vii</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>viii</b>
<b>CAPÍTULO I</b> .....	<b>1</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>1</b>
1.1 Objetivo general.....	3
1.2 Objetivos específicos.....	3
<b>CAPÍTULO II</b> .....	<b>4</b>
<b>REVISIÓN DE LITERATURA</b> .....	<b>4</b>
2.1 Antecedentes de la investigación.....	4
2.2 Bases teóricas.....	8
2.2.1 Origen y distribución del grupo Phureja.....	8
2.2.2 Características del grupo Phureja.....	9
2.2.3 Adaptabilidad de la papa Phureja.....	10
2.2.4 Requerimiento climático y suelo para el cultivo de papa.....	10
2.2.5 Labores culturales del cultivo de papa.....	11
2.2.6 Elementos esenciales para un cultivo en general.....	15
2.2.7 Absorción de nutrientes por el cultivo de papa.....	17
2.2.8 Rendimientos de la papa Phureja.....	19
<b>CAPÍTULO III</b> .....	<b>21</b>
<b>MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....	<b>21</b>
3.1 Ubicación del experimento.....	21
3.2 Materiales, equipos, herramientas e insumos.....	22
3.3 Análisis fisicoquímico del suelo donde se realizó el experimento.....	23

3.4 Metodología.....	24
3.4.1 Tratamientos en estudio y diseño experimental .....	24
3.4.2 Conducción del experimento.....	26
3.4.3 Evaluaciones realizadas.....	28
3.5 Procesamiento y análisis de datos.....	31
<b>CAPÍTULO IV .....</b>	<b>32</b>
<b>RESULTADOS Y DISCUSIONES.....</b>	<b>32</b>
4.1 Análisis de varianza (ANOVA) para el peso total de tubérculos.....	32
4.2 Análisis de varianza (ANOVA) para el peso de tubérculos comerciales.....	36
4.3 Análisis de varianza (ANOVA) para número total de tubérculos .....	40
4.4 Análisis de varianza (ANOVA) para número de tubérculos comerciales .....	42
4.5 Análisis de varianza (ANOVA) para altura de planta.....	44
4.6 Análisis de varianza (ANOVA) para el número de tallos .....	48
4.7 Análisis de varianza (ANOVA) para porcentaje de materia seca de tubérculos .....	50
4.8 Porcentaje de materia seca de follaje .....	52
4.9 Gravedad específica (GE) .....	53
4.10 Índice de cosecha.....	54
<b>CAPÍTULO V .....</b>	<b>56</b>
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>56</b>
5.1 Conclusiones.....	56
5.2 Recomendaciones.....	56
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>57</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>64</b>

## RESUMEN

El objetivo de la presente investigación fue evaluar el efecto de cuatro dosis de fertilizante (0-0-0, 80-40-40, 120-60-60 y 160-100-100 kg ha<sup>-1</sup> de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y K<sub>2</sub>O) y dos modalidades de aplicación (a la siembra y al deshierbo) en el cultivar de papa Amarilla redonda (grupo Phureja). El experimento se realizó en una parcela del Servicio Silvo Agropecuario de la Universidad Nacional de Cajamarca. Se utilizó el diseño de bloques completos al azar (DBCA) con arreglo factorial, cada tratamiento tuvo tres repeticiones. Las variables evaluadas fueron número y peso total de tubérculos, número y peso de tubérculos comerciales, altura de planta, número de tallos, materia seca de tubérculos y follaje, gravedad específica e índice de cosecha. El rendimiento total y comercial de tubérculos no fue afectado por la interacción de los factores; es decir, no se encontró diferencia estadística significativa, el mayor rendimiento total de tubérculos (16.10 t ha<sup>-1</sup>) se obtuvo con el tratamiento T5 (80-40-40 kg ha<sup>-1</sup> de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y K<sub>2</sub>O con aplicación de fertilizante a la siembra) y el mayor rendimiento de tubérculos comerciales (15.72 t ha<sup>-1</sup>) se obtuvo con mismo tratamiento. Solamente se encontró significación estadística para la interacción de dosis de fertilizante y modalidad de aplicación en la variable altura de planta, los tratamientos T5 (83.33 cm), T3 (88.67 cm) y T7 (90:0 cm) fueron superiores al resto de tratamientos. El ANOVA para el efecto individual de las dosis de fertilizante, indicó que existe significación estadística para el rendimiento total de tubérculos y rendimiento comercial de tubérculos, y alta significación estadística para la altura de planta. Asimismo, para el efecto individual del momento de aplicación, se encontró significación estadística para el rendimiento total de tubérculos y alta significación para la altura de planta.

Palabras clave: Fertilización, papa Amarilla redonda, Grupo Phureja, rendimiento.

## ABSTRACT

The objective of the present investigation was to evaluate the effect of four doses of fertilizer (0-0-0, 80-40-40, 120-60-60 and 160-100-100 kg ha<sup>-1</sup> of N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> and K<sub>2</sub>O) and two application modalities (planting and weeding) in the Amarilla redonda potato cultivar (Phureja group). The experiment was carried out in a plot of the Silvo Agropecuario Service of the National University of Cajamarca. The randomized complete block design (DBCA) with factorial arrangement was used, each treatment had three repetitions. The variables evaluated were number and total weight of tubers, number and weight of commercial tubers, plant height, number of stems, dry matter of tubers and foliage, specific gravity and harvest index. The total and commercial yield of tubers was not affected by the interaction of the factors; that is, no significant statistical difference was found, the highest total yield of tubers (16.10 t ha<sup>-1</sup>) was obtained with the T5 treatment (80-40-40 kg ha<sup>-1</sup> of N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> and K<sub>2</sub>O with application of fertilizer at planting) and the highest yield of commercial tubers (15.72 t ha<sup>-1</sup>) was obtained with the same treatment. Statistical significance was only found for the interaction of fertilizer dose and application modality in the plant height variable, the treatments T5 (83.33 cm), T3 (88.67 cm) and T7 (90:0 cm) were superior to the rest of the treatments. The ANOVA for the individual effect of the fertilizer doses indicated that there is statistical significance for total tuber yield and commercial tuber yield, and high statistical significance for plant height. Likewise, for the individual effect of the moment of application, statistical significance was found for the total yield of tubers and high significance for plant height.

Keywords: Fertilization, round yellow potato, Phureja Group, yield.



# CAPÍTULO I

## INTRODUCCIÓN

La papa es uno de los cuatro cultivos alimenticios más importantes del mundo junto al trigo, arroz y maíz. En América Latina, el Perú es el principal productor de papa con 4.6 millones de toneladas por año y a nivel mundial se posicionó en el décimo octavo lugar entre los principales productores de papa (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO], 2014).

Perú ofrece enormes posibilidades para el cultivo de papa, por sus condiciones ecológicas y la diversidad genética de la especie, lo que permite siembras en diferentes épocas y altitudes (Hernández 2009). La papa es uno de los cultivos de importancia económica y alimenticia en el país. Según el censo agropecuario 2012, la papa ocupa el primer lugar en área sembrada dentro de los cultivos transitorios y el segundo lugar, si se toma en cuenta todos los cultivos del país, con una superficie de 317 648 ha a nivel nacional (Ministerio de Agricultura y Riego [MINAGRI], 2015).

El grupo Phureja es una papa exclusivamente de los países andinos: Ecuador, Perú, Bolivia y Colombia. Se caracteriza por su precocidad, el tubérculo no posee periodo de reposo y es un alimento exquisito de mayor calidad nutricional que la papa de año o papa común *Solanum tuberosum* (Cotes et al., 1999).

Ardila (citado en Pérez et al., 2008) menciona que la papa criolla (*Solanum phureja*) se cultiva entre 1.800 y 3.200 msnm; sin embargo, la altura óptima para este cultivar está comprendida entre 2.300 y 2.800 msnm, con temperaturas promedio de 10-20 °C. Requiere precipitaciones pluviales promedio anuales de 900 mm; sin embargo, el cultivo se desarrolla bien con precipitaciones superiores. Para su cultivo el suelo debe presentar una textura franca, con pendiente máxima del 30%, pH entre 5.2 y 5.9 y altos contenidos de materia orgánica.

La papa criolla tiene un gran potencial de industrialización para la obtención de diversos productos requeridos a nivel nacional e internacional, así como la papa criolla frita en hojuelas,

la papa criolla precocida congelada, la harina precocida de papa criolla y la papa criolla en conserva. La transformación de papa para el consumo, es un proceso que genera valor agregado al producto primario (Cortez y Hurtado, 2002).

En la actualidad la industrialización del tubérculo está en crecimiento, principalmente en presentaciones de papas fritas y conservas, se ha comenzado a suplir con este producto los mercados europeos, con presentaciones en frito, enlatado y en vidrio.

La fertilización constituye un factor vital para obtener una adecuada nutrición de cultivos y alcanzar la máxima producción de alimentos. Una adecuada nutrición de los cultivos también está asociada con la prevención de plagas y patógenos, el abonamiento mineral y orgánico debidamente manejado resultará vital e intransferible. El esfuerzo para la investigación, la técnica y la práctica del abonamiento, debe seguir encaminada a la búsqueda y obtención de una mayor eficacia y, por tanto, de una mejor resultante, tanto en producción como en economía (Guerrero, 1998).

Según Guerrero (1998), el efecto de las épocas de aplicación y del fraccionamiento del fertilizante depende de varios factores, como la variedad, el ciclo de cultivo, la distribución de los estolones y las raíces y el régimen de precipitación. Así las respuestas de las diferentes variedades a las épocas de aplicación se deben principalmente a la diferencia de tiempo en la formación de los estolones y la duración del ciclo de cultivo (García y Pantoja, 1998).

En el manejo del cultivo de la papa, la fertilización es de gran importancia para obtener mejores rendimientos, pero para las variedades nativas como el grupo Phureja la información es escasa sobre fertilización.

La región de Cajamarca es una de las principales productoras de papa del Perú, en sus mercados se encuentra variedades mejoradas y nativas o tradicionales, dentro de las variedades nativas, las de mayor demanda son las redondas, entre ellas se encuentra la papa chaucha del grupo Phureja. En Cajamarca se han realizado estudios de conservación (Seminario y Zarpan, 2011), rendimiento (Rojas y Seminario, 2014) en cuanto al grupo Phureja. Pero no se tiene

conocimiento del efecto de la fertilización química y las modalidades aplicación, considerando que se trata de un cultivar precoz y que probablemente no responde a la fertilización fraccionada, como es el caso de los cultivares o variedades mejoradas y de periodo vegetativo más largo. Por lo que la presente investigación está enfocada a evaluar la productividad del cultivar Amarilla redonda empleando cuatro dosis de fertilización y en dos modalidades de aplicación (al momento de la siembra y al momento del deshierbo).

### **1.1 Objetivo general**

Evaluar el efecto de cuatro dosis de fertilizante (0-0-0, 80-40-40, 120-60-60 y 160-100-100 kg ha<sup>-1</sup> de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y K<sub>2</sub>O) y dos modalidades de aplicación (a la siembra y al deshierbo) en el cultivar de papa Amarilla redonda (grupo Phureja).

### **1.2 Objetivos específicos**

Evaluar la interacción de cuatro dosis de fertilizante (0-0-0, 80-40-40, 120-60-60 y 160-100-100 kg ha<sup>-1</sup> de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y K<sub>2</sub>O) y dos modalidades de aplicación (a la siembra y al deshierbo) en el rendimiento total y comercial de tubérculos, en el cultivar de papa Amarilla redonda (grupo Phureja).

Determinar el comportamiento de las variables relacionadas con el rendimiento de tubérculos como número de tallos por planta, altura de planta, contenido de materia seca, en función a los tratamientos en estudio.

## CAPÍTULO II

### REVISIÓN DE LITERATURA

#### 2.1 Antecedentes de la investigación

Pérez et al. (2008) evaluaron el efecto del fraccionamiento de la fertilización, con N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O, Mg en el rendimiento y calidad de papa criolla (*Solanum phureja*) variedad Criolla Colombia; una forma incluía la aplicación del total del fertilizante en la siembra y otra forma consistió en fraccionar el fertilizante, la mitad aplicada en la siembra y el resto en el momento de la deshierba (veintiséis días después de emergencia); adicionalmente los tratamientos incluían la presencia o ausencia de los elementos B-Mn-Zn. Se incluyeron dos testigos, uno sin fertilizante y otro con la aplicación de elementos menores. Los resultados son los siguientes: El promedio general de tubérculos más bajo correspondió a los tratamientos testigos (8.56 t ha<sup>-1</sup>), seguido por el fertilizante fraccionado N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O, Mg (11.93 t ha<sup>-1</sup>), el fertilizante no fraccionado fue el que tuvo el mayor promedio de rendimiento (13.87 t ha<sup>-1</sup>). El rendimiento de tubérculos categoría comercial los mejores promedios correspondieron al fertilizante no fraccionado, con una producción de 9.65 t ha<sup>-1</sup>, en cambio el fertilizante fraccionado rindió 8.53 t ha<sup>-1</sup>.

Rozo y Núñez (2011) evaluaron el efecto de la aplicación de diferentes niveles de fósforo y potasio sobre los componentes de rendimiento y gravedad específica en la variedad Criolla Colombia. Las dosis de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> fueron 0, 50, 100 y 150 kg ha<sup>-1</sup> y las dosis de K<sub>2</sub>O fueron 0, 50, 100 y 150 kg ha<sup>-1</sup>. Los resultados indicaron que niveles crecientes de fósforo y potasio no presentaron efectos significativos en el rendimiento.

Ríos et al. (2010) determinaron el efecto de tres niveles de fertilización tradicional en cultivar de papa (*Solanum tuberosum* ssp. Andígena) en un suelo con propiedades ándicas de Santa Rosa de Osos, Colombia. Utilizaron N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y K<sub>2</sub>O (grado 1:2:2) en dosis crecientes de 500, 1.500 y 3.000 kg ha<sup>-1</sup> que representan niveles de uso de fertilizantes bajo, moderado y alto. Los rendimientos promedios que obtuvieron para las dosis crecientes del fertilizante fueron de 3.443, 5.379 y 7.049 g m<sup>-2</sup> respectivamente, los cuales presentaron un comportamiento creciente;

es decir, a mayor dosis utilizada de fertilizante mayor fue su producción. Existe una relación favorable entre el rendimiento y los niveles de fertilización con N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y K<sub>2</sub>O; donde la fertilización con 3.000 kg ha<sup>-1</sup> de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y K<sub>2</sub>O aumentó en un 104.73% el rendimiento con respecto a la dosis de 500 kg ha<sup>-1</sup> y en un 31.04% con respecto a la dosis de 1.500 kg ha<sup>-1</sup>.

Muñoz y Lucero (2008) evaluaron el rendimiento en papa criolla (*Solanum tuberosum* grupo Phureja), aplicando fertilizante químico 13-26-6 de nitrógeno (N), fósforo (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) y potasio (K<sub>2</sub>O), en dosis de 0, 600, 900 y 1.200 kg ha<sup>-1</sup> y abono orgánico en dosis de 0, 800, 1000 y 1200 kg ha<sup>-1</sup>; encontraron que para el cultivo de papa criolla las cantidades adecuadas de abono orgánico están entre 800 y 1200 kg ha<sup>-1</sup>.

Giletto et al. (2003) evaluaron el efecto de tres dosis de nitrógeno (80-160-240 kg ha<sup>-1</sup>) y a tres momentos de aplicación (plantación, inicio de tuberización y llenado de tubérculos) en cultivares de papa Kennebec, Spunta y Asterix. El menor rendimiento presentó Spunta (7.1 Mg PS ha<sup>-1</sup>), Kennebec se ubicó en posición intermedia (9.4 Mg PS ha<sup>-1</sup>) y Asterix, tuvo el mayor rendimiento (12.9 Mg PS ha<sup>-1</sup>). En los tres cultivares, el nitrógeno aplicado en el llenado de tubérculos provocó una disminución en el rendimiento y más aún en el IC. Por lo tanto, a dosis bajas o intermedias se obtuvieron resultados económicos positivos mientras que a la dosis de 240 kg de N ha<sup>-1</sup> no se cubrió el costo del fertilizante. Estos resultados indican la baja eficiencia que tuvo el sistema productivo al aplicar elevadas dosis de nitrógeno.

Marouani y Harbeoui (2016) evaluaron la eficiencia del uso de nitrógeno en cultivo de papa, con tres niveles de N (0, 50 y 200 kg ha<sup>-1</sup>) en tres variedades de papa (Spunta, Bellini y Atlas), el mayor rendimiento de tubérculos lo obtuvieron con la dosis más alta de N (200 kg ha<sup>-1</sup>) y las variedades Spunta y Bellini fueron las más eficientes en la producción de tubérculos y en la distribución de N hacia la producción de tubérculos.

Durán y Peña (1997) evaluaron la respuesta de papa criolla (Yema de huevo) aplicando diferentes fuentes de potasio (cloruro de potasio y sulfato de potasio) y cinco niveles (0, 40, 80, 120 y 160 kg ha<sup>-1</sup>). Los resultados indicaron que los mayores rendimientos se encontraron con

80 Kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O a partir de KCl y 120 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O a partir de K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> con una producción promedio de 21.1 y 22.5 t ha<sup>-1</sup>, respectivamente.

Salón (2018) evaluó el rendimiento de papa *solanum tuberosum* l. variedad huamantanga con tres niveles de fertilización (90-140-140, 150-210-210, 180-280-280 de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y K<sub>2</sub>O). La dosis de fertilización que mostro mejores resultados frente a las demás dosis fue el de (180 N - 280 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> - 280 K<sub>2</sub>O kg ha<sup>-1</sup>), alcanzado un rendimiento promedio de 61.27 t ha<sup>-1</sup>.

Valverde y Rivera (2017) evaluaron el efecto de tres densidades de siembra y diferentes dosis de fertilización química en el rendimiento de papa variedad Luyanita INIA-322. Los tratamientos compuestos por la combinación de tres densidades de siembra (distancias entre surco y planta de 1 m x 0.4 m, 1 m x 0.3 m y 1 m x 0.2 m) y tres dosis de fertilización química (N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y K<sub>2</sub>O en dosis 140-120-100, 160-140-120 y 180-160-120). El mayor rendimiento de tubérculos (24.95 t ha<sup>-1</sup>) lo obtuvieron con el tratamiento de menor dosis de fertilizante (140-120-100 de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y K<sub>2</sub>O y a una densidad de 50 000 plantas por hectárea) y el menor rendimiento (13.2 t ha<sup>-1</sup>) se obtuvo con la mayor dosis de fertilización (180-160-140 de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y K<sub>2</sub>O y una densidad de 25 000 plantas por hectárea).

Campos (2014) evaluó el efecto de la fertilización en el rendimiento y características biométricas del cultivo de papa variedad huayro, utilizaron fertilización química de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y K<sub>2</sub>O equivalente a 180-160-200 kg ha<sup>-1</sup>, la cual fue fraccionada en dos momentos: a la siembra con la formulación (47-160-100 kg ha<sup>-1</sup> de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y K<sub>2</sub>O), junto con todas las dosis de materia orgánica; y al aporque con la fórmula (133-0-100 kg ha<sup>-1</sup> de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y K<sub>2</sub>O). Encontró que la dosis de fertilización (180-160-200 kg ha<sup>-1</sup> de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y K<sub>2</sub>O) incrementó el rendimiento total de tubérculos y altura de planta, los mejores resultados tanto en calidad como en producción de tubérculos fueron para las combinaciones de abonos orgánicos y fertilizante químico, estos tuvieron efectos positivos en la mayoría de los parámetros evaluados.

Tapia (2017) evaluó la fenología y caracterización morfológica de 43 entradas de papa chaucha (*solanum tuberosum*, grupo Phureja) de la región Cajamarca. En el cultivar de papa

Amarilla redonda, obtuvo un rendimiento promedio de 23.4 t ha<sup>-1</sup>, las plantas presentaron en promedio cuatro tallos y una altura de 49.1 cm aproximadamente.

Villanueva (2016) evaluó el rendimiento y componentes de 15 cultivares redondos de papa chaucha (*solanum tuberosum* L; grupo phureja) de la región Cajamarca. En su experimento utilizó el Diseño de Bloques Completos al Azar empleando los 15 cultivares incluido el cultivar Amarilla redonda como tratamientos con tres repeticiones. Los resultados indicaron que el cultivar Amarilla redonda obtuvo un rendimiento de 23.3 t ha<sup>-1</sup>.

Rojas y Seminario (2014) evaluaron la productividad de diez cultivares de papa chaucha: Peruanita 3, Montañera 2, Limeña, Amarilla, Clavelina 2, Roja 2, Mulla, Huagalina, Amarilla mahuay y Chimbina colorada. El menor rendimiento fue de 5.0 t ha<sup>-1</sup> (Huagalina) y el mayor rendimiento fue de 11.5 t ha<sup>-1</sup> (Amarilla mahuay), con una media de 8.6 t ha<sup>-1</sup>. Los cultivares Limeña y Huagalina fueron estadísticamente inferiores al resto de cultivares, en peso total de tubérculos y peso de tubérculos comerciales. Los mejores índices de cosecha fueron de 46% (Huagalina), 45% (Amarilla mahuay) y 42% (Clavelina 2).

Seminario et al. (2016) evaluaron el potencial productivo de doce cultivares de papa chaucha e identificaron los cultivares con mayor producción de tubérculos comerciales. Los resultados indicaron que los mejores rendimientos de tubérculos comerciales correspondieron a los cultivares roja 2 (28 t ha<sup>-1</sup>), Piña Amarilla (26.6 t ha<sup>-1</sup>) y montañera3 (25.6 t ha<sup>-1</sup>).

Seminario et al. (2017) evaluaron el rendimiento de tubérculos de 17 cultivares de papa del grupo Phureja. Los resultados variaron de 8.2 t ha<sup>-1</sup> a 27.4 t ha<sup>-1</sup> y el promedio fue de 15.5 t ha<sup>-1</sup>. Los cultivares presentaron diferencias estadísticas altamente significativas en rendimiento por hectárea, altura de planta, número de tallos, número total de tubérculos, número de tubérculos comerciales, peso total de tubérculos y peso de tubérculos comerciales.

Seminario et al. (2018) evaluaron el rendimiento de quince cultivares (*Solanum tuberosum*, grupo Phureja) tradicionales, amarillos y precoces, de la región de Cajamarca, Perú. Identificaron que los mejores cultivares en rendimiento de tubérculos fueron Blanca amarilla (27.8

t ha<sup>-1</sup>), Limeña huachuma (27.4 t ha<sup>-1</sup>), Llanqueja (25.0 t ha<sup>-1</sup>), Amarilla redonda (23.3 t ha<sup>-1</sup>) y Piña amarilla (21.8 t ha<sup>-1</sup>). Los quince cultivares en estudio mostraron diferencias estadísticas altamente significativas para rendimiento de tubérculos.

## **2.2 Bases teóricas**

### **2.2.1 Origen y distribución del grupo Phureja**

Según Seminario (2008), en el origen de una planta cultivada (domesticada) generalmente hay tres aspectos relacionados: El origen geográfico, el origen botánico y la época en la cual sucedió la domesticación.

Según Estrada (como se citó en Piñeros, 2009) el Grupo Phureja está conformado por plantas tuberizantes, el cual parece haber evolucionado por selección humana de una posible mutación de *Solanum stenotomum*, originario y distribuido en América del Sur, desde el norte de Bolivia hasta el sur occidente de Venezuela, comprendiendo Bolivia, Perú, Ecuador, Colombia y Venezuela (Figura 1), con un centro de diversidad genética localizado en el sur de Colombia. Actualmente este grupo, si bien comprende principalmente a elementos diploides, también incluye elementos tetraploides y triploides y se distribuye desde el norte de Bolivia hasta el suroccidente venezolano, con un centro de diversidad ubicado en el departamento de Nariño, al sur de Colombia, y en el norte de Ecuador.

Las diferentes especies y variedades de papa que se cultivan hoy en los andes de Colombia, Perú, Ecuador, Bolivia y el sur de Chile, han debido originarse de la domesticación de varias especies silvestres hace unos 8 000 años, cerca del Lago Titicaca, a 3 800 msnm, en la cordillera de los Andes de América del Sur, en la frontera de Bolivia y Perú, por parte de las comunidades de cazadores y recolectores que habían poblado el sur del continente (Rodríguez et al., 2009).

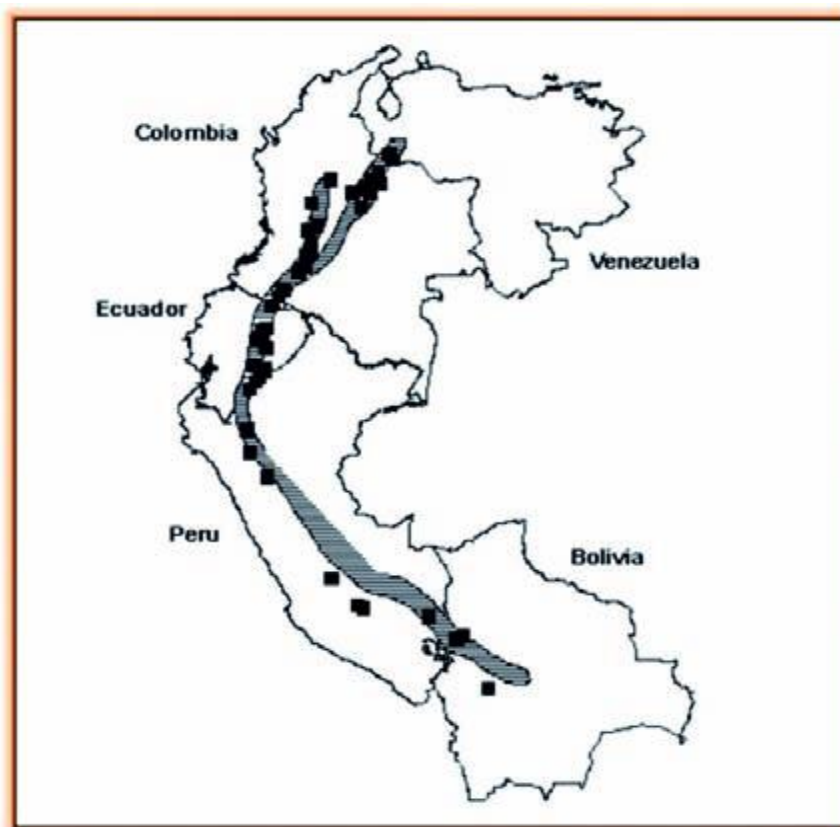
Las papas conocidas en la región Cajamarca (Perú) como chauchas, pertenecen al grupo Phureja (de nueve grupos en total) (Huamán y Spooner, 2002) con el enfoque del código internacional de nomenclatura de plantas cultivadas (ICNCP) el nombre de Phureja o fureja



deriva del aymara y alude a su precocidad (Phureja = temprana o precoz). El grupo incluye principalmente a genotipos diploides y también tetraploides y triploides, que muestran ausencia o mínima dormancia y por lo general, presentan tubérculos brotados al momento de la cosecha (Gómez et al., 2012).

### Figura 1

Área geográfica del grupo Phureja (*S. Phureja*) (Piñeros, 2009).



#### 2.2.2 Características del grupo Phureja

Son plantas de desarrollo rápido, cubren bien el terreno, planta vigorosa; las hojas son pequeñas de color verde, con ocho folíolos primarios ovales y un terminal; las flores se presentan en cantidad moderada, la inflorescencia es cimosa; el cáliz compuesto de cinco sépalos de color variados y cinco pétalos rotada. Los tubérculos son de formas muy variadas, ovaladas, alargadas redondas (Paca, 2009).

Se caracteriza por presentar un periodo vegetativo corto en promedio de 120 días, los tubérculos carecen de periodo de reposo y presentan un alto valor nutritivo, superior al de la papa de año. Esta especie de papa es susceptible a heladas y por ello se cultiva comercialmente en regiones comprendidas entre 1700 – 3000 msnm (Del Valle, 1993).

Según Medina (2009) el color de piel de las papas chauchas son blanco-crema, amarillo, anaranjado, rosado, rojo, rojo-morado, marrón y negruzco, incluso hay cultivares bicolor. En general los cultivares que son destinadas al mercado se agrupan en tubérculos de piel blanca, amarilla y roja, en cuanto al color de la materia interna (corteza, tejido medular y parénquima vascular de reserva), genéricamente conocida con el término de pulpa o "carne", se suelen agrupar en dos bloques: de carne blanca y amarilla. En cada caso, se puede acompañar con un segundo término referido a la tonalidad (cremoso, claro u oscuro). Por su parte, Cueva (1992) afirma que el color amarillo del tubérculo se debe posiblemente a la presencia de beta carotenos, precursor de la vitamina A.

### ***2.2.3 Adaptabilidad de la papa Phureja***

Se cultiva entre los 2 000 y los 3 000 m.s.n.m, siendo óptimas para su cultivo la altura comprendida entre los 2 300 y los 2 800 m.s.n.m. El mejor suelo para su cultivo es aquel que presenta una textura franca, con buen drenaje que evite el exceso de humedad en la raíz, pH entre 5.2 y 5.9 y buenos niveles de materia orgánica. Es un producto con adaptación específica a la zona ecuatorial, que por su alto valor nutricional y buen sabor ofrecen grandes ventajas competitivas para posicionarse en mercados externos como producto procesado (Becerra et al., 2007).

### ***2.2.4 Requerimiento climático y suelo para el cultivo de papa***

**2.2.4.1 Clima.** Juega un papel importante en la producción de papa. La temperatura óptima para el cultivo de papa es aquella cuya media anual oscila entre 9 y 11°C, una precipitación media anual alrededor de los 1200 mm (Muñoz y Cruz, 1984).

La mayor limitante para la producción de papa es la temperatura, ya que si son inferiores a 10 °C y superiores a 30 °C afectan irreversiblemente el desarrollo del cultivo, mientras que la temperatura óptima para una mejor producción va de 17 a 23 °C. La papa es considerada una planta termoperiódica, es decir, necesita una variación de las temperaturas entre el día y la noche, dicha variación debe ser entre 10 a 25 °C en el aire. La temperatura del suelo adecuada para el desarrollo de tubérculos debe ser de 10 a 16 °C durante la noche y de 16 a 22 °C en el día. Cuando la oscilación de estas temperaturas es menor, es afectado el crecimiento y la tuberización de la papa (Instituto Para la Innovación Tecnológica en Agricultura [INTAGRI], 2017).

**2.2.4.2 Suelos.** La papa puede crecer en la mayoría de los suelos, pero los mejores suelos son los francos, franco-arenosos, franco-limosos y franco-arcillosos, con buen drenaje y ventilación, que además facilitan la cosecha. Sin embargo, se pueden alcanzar altas producciones en suelos con textura arcillosa al aplicar materia orgánica y regulando las frecuencias de riego. Suelos con una profundidad efectiva mayor 50 cm, son necesarios para permitir el libre crecimiento de estolones y tubérculos de la planta. El cultivo tiene un adecuado desarrollo en un rango de pH de 5.0 a 7.0. Los suelos salinos, alcalinos o compactados provocan trastornos en el desarrollo y producción de la papa. Es recomendable tener suelos con una densidad aparente de 1.20 g cm<sup>-3</sup>, contenido de materia orgánica mayor a 3.5 % y una conductividad eléctrica menor a 4 dS/m (Cortez y Hurtado 2002).

## ***2.2.5 Labores culturales del cultivo de papa***

**2.2.5.1 Preparación del terreno.** La preparación del terreno debe hacerse con la mayor anticipación posible a la siembra, con la finalidad de favorecer la descomposición de los residuos de la cosecha anterior y reducir el crecimiento de las malezas. Estas prácticas varían de acuerdo con las condiciones topográficas del terreno (Cortez y Hurtado, 2002).

La preparación del suelo varía de acuerdo a la clase de terreno, topografía y cultivo instalado anterior; el surcado dependerá de la variedad a sembrarse y de la pendiente del terreno.

Las variedades nativas requieren de surcos más anchos por su hábito de tuberización un tanto alejado la planta (Martínez, 2009).

**2.2.5.2 Preparación y desinfección de la semilla.** El tubérculo-semilla es el principal insumo para establecer un cultivo y tiene la capacidad de generar otra planta de igual constitución genética. El tubérculo ideal para sembrar es aquel que presenta la forma característica de la especie, esto es tamaño mediano, ausencia de pudriciones, gusanos, pulgones y cualquier defecto de piel que indique la presencia de una enfermedad (Piñeros, 2009).

Piñeros (2009) afirma que el diámetro de tubérculo semilla de *S. phureja* es:

- Muy grande: Diámetro mayor de 50 mm
- Grande: Diámetro entre 40 y 49 mm
- Mediano: Diámetro entre 30 y 39 mm
- Pequeño: Diámetro entre 20 y 29 mm

Lindao (citado en Martínez, 2009) menciona que con el fin de proteger a la semilla durante sus primeros estados, es necesario desinfectar la semilla sumergiéndola en una solución que contenga un producto químico por un tiempo de 30 a 60 segundo.

**2.2.5.3 Siembra.** La siembra se realiza por surcos, colocando el tubérculo semilla al fondo del surco, a distancias que oscilan entre 20 - 25 cm entre plantas y 1 m entre surcos. La semilla de papa se deposita a una profundidad entre 15 a 20 cm. Un indicador directo del rendimiento del cultivo es la calidad de semilla sembrada, para sembrar una hectárea de papa criolla se requiere entre 0.6 y 0.95 t ha<sup>-1</sup> de tubérculo-semilla (Federación Colombiana de Productores de Papa [FEDEPAPA], 1994).

**2.2.5.4 Aporque.** El aporque consiste en depositar suelo en el tronco o cuello de la planta, para mejorar su sostenibilidad y producción de tubérculos. En variedades de estolón corto, se recomienda 1 aporque a los 35 días después de la siembra. A las variedades de estolón largo es conveniente darles dos aporques: el primero a los 25 días después de siembra y el otro a los 40-45 días después de siembra (a la tuberización de la plantación) (Cortez y Hurtado, 2002).

El aporque se realiza cuando las plantas alcanzan entre 25 y 30 cm de altura y las ventajas que proporciona son: mayores rendimientos, menor daño por polilla de la papa y mejora el drenaje del suelo. No es recomendable realizar el aporque cuando el suelo está muy húmedo porque se compacta o produce terrones, tampoco es recomendable aporcar cuando las plantas tienen más de 35 cm de altura, porque se produce daños (heridas) a las plantas y puede ser vías de ingreso de enfermedades (Universidad Nacional Agraria la Molina [UNALM], 2011)

**2.2.5.5 Riego.** El cultivo de la papa prospera satisfactoriamente en lugares donde hay abundancia de lluvia o disponibilidad de agua para riego, ya que el sistema radical efectivo de la papa se encuentra entre los 0.20 a 0.60 m de profundidad, necesitando de 500 a 700 mm de agua durante su período vegetativo. En época seca el cultivo demanda de aplicación de riegos frecuentes y ligeros, para tratar de mantener el suelo a capacidad de campo, debido a que los niveles bajos de humedad afectan negativamente el rendimiento, tamaño y calidad de la papa (Cortez y Hurtado, 2002).

El riego en el cultivo de papa es de mucha importancia, porque el rendimiento del cultivo esta directa relacionado con la cantidad total de agua aplicada por campaña. Es decir, “a más agua, mayor rendimiento”. La planta de papa es muy sensible tanto a la falta (déficit) como al exceso de agua. El exceso puede ser contrarrestado de diferentes formas, pero las pérdidas que causa la deficiencia de agua son más comunes y notorias.

**2.2.5.6 Cosecha.** Este estado del cultivo se define por los días del ciclo vegetativo de la variedad sembrada (precoz, intermedia o tardía) o bien cuando el follaje comienza a volverse amarillo en forma generalizada y las hojas comienzan a caerse de manera natural. Es conveniente cortar el follaje unos 10 días antes de la cosecha, para que la piel de los tubérculos se vuelva más fuerte, y acelera su madurez. Esta práctica favorece la acumulación de materia seca, condición importante en la calidad del producto, y control de la polilla de la papa y cualquier daño físico o la pérdida de humedad (Cortez y Hurtado, 2002).

**2.2.5.7 Fertilización del cultivo de papa.** La práctica de la fertilización consiste en aplicar al suelo los nutrientes que se encuentran insuficientes para una producción esperada. Los suelos sometidos a una agricultura intensiva pueden tener una alta capacidad productiva, pero generalmente son deficientes en nitrógeno, fósforo, potasio; por lo que el agricultor necesita aplicar estos elementos al suelo para obtener altos rendimientos que le aseguren la rentabilidad económica (Sánchez, 2008).

Según el mismo autor, el cultivo de papa para producir una tonelada de tubérculos fresco (cosecha económica) necesita extraer del sustrato.

- 4 a 6 kg de N
- 0.7 a 1.1 kg de P (1.6 a 2.5 kg de  $P_2O_5$ )
- 6 a 7.5 kg de K (7.2 a 9.0 kg de  $K_2O$ )
- 0.6 a 0.8 kg de Mg
- 0.6 a 0.8 kg de Ca
- 0.6 a 0.8 kg de S
- 80 a 120 g de Fe
- 12 a 60 g de Mn
- 12 a 60 g de Zn
- 2 a 6 g de Cu
- 12 a 40 g de B
- 2 a 6 g de Mo

La fertilización no solo incrementa la producción en cantidad sino también en calidad, representada en mayor proporción de proteínas, vitaminas, etc.

La aplicación de fertilizante al cultivo de papa se pueden hacer de la siguiente manera: Las fuentes orgánicas pueden aplicarse en cobertura total antes de la aradura. Los fertilizantes fosfatados y potásicos pueden aplicarse antes de la aradura cuando se hace fertilización de mantenimiento. Los fertilizantes nitrogenados por ser de rápida solubilidad se recomiendan

aplicarse en forma fraccionada (un tercio o la mitad a la siembra y los dos tercios y la segunda mitad en el aporque). Debe evitarse el contacto directo de los fertilizantes con las semillas para evitar el “quemado” o daño a los brotes de la semilla (UNALM, 2011).

### **2.2.6 Elementos esenciales para un cultivo en general**

**2.2.6.1 Nitrógeno.** Es el motor del crecimiento de la planta, sufre de uno a cuatro por ciento del extracto seco de la planta y es absorbido del suelo bajo forma de nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) o de amonio ( $\text{NH}_4^+$ ). En la planta se combina con componentes producidos por el metabolismo de carbohidratos para formar aminoácidos y proteínas. Es el constituyente esencial de las proteínas, está involucrado en todos los procesos principales de desarrollo de las plantas y en la elaboración del rendimiento (FAO, 2002). Tanto el exceso como la deficiencia del nitrógeno en el cultivo de papa, afecta la duración del ciclo del cultivo, en consecuencia, el rendimiento de tubérculos. La elevada disponibilidad de nitrógeno puede prolongar el crecimiento vegetativo, retrasar el inicio de la tuberización y reducir el rendimiento y el porcentaje de materia seca de los tubérculos (Giletto et al., 2003).

Este elemento esencial primario forma parte de las estructuras proteicas en la planta y se considera un elemento estructural que estimula el crecimiento, especialmente hojas y tallos. El déficit de nitrógeno produce una clorosis o amarillez de las hojas, en caso de extrema deficiencia las hojas basales se "amarillean" debido a la translocación del elemento hacia la parte superior de la planta por ser este un nutriente móvil dentro de la planta, una falta de humedad en el suelo o falta de luz también produce el mismo síntoma (Sierra et al., 2002).

La planta toma el N mayormente como  $\text{N-NO}_3$  y en menor proporción como  $\text{N-NH}_4$ . El  $\text{N-NO}_3$  es almacenado en los peciolos y luego reducido a la forma amídica ( $\text{NH}_2$ ) para la síntesis de aminoácidos y otros productos orgánicos más complejos (Sánchez, 2008).

**2.2.6.2 Fósforo.** El fósforo es un elemento primario esencial que es determinante del crecimiento inicial de los tejidos vegetales, especialmente de las raíces. Es absorbido desde la solución suelo como  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  o  $\text{HPO}_4^{2-}$  según el pH del suelo, especialmente por difusión y contacto

directo. Se requiere en cantidades muy inferiores al nitrógeno; sin embargo, su déficit produce plantas pequeñas de color violáceo o amoratado por efecto de la acumulación de antocianinas (Sierra et al., 2002).

Suple de 0.1 a 0.4 por ciento del extracto seco de la planta y juega un papel importante en la transferencia de energía. Por eso es esencial para la fotosíntesis y para otros procesos químico-fisiológicos. Es indispensable para la diferenciación de las células y para el desarrollo de los tejidos, que forman los puntos de crecimiento de la planta. El fósforo es deficiente en la mayoría de los suelos naturales o agrícolas o donde la fijación limita su disponibilidad (FAO, 2002).

**2.2.6.3 Potasio.** Suple del uno al cuatro por ciento del extracto seco de la planta, tiene muchas funciones. Activa más de 60 enzimas (substancias químicas que regulan la vida). Por ello juega un papel vital en la síntesis de carbohidratos y de proteínas. El potasio mejora el régimen hídrico de la planta y aumenta su tolerancia a la sequía, heladas y salinidad. Las plantas bien provistas con potasio sufren menos de enfermedades (FAO, 2002).

La planta absorbe el potasio como ion potásico ( $K^+$ ), es uno de los nutrientes más esenciales en el crecimiento y desarrollo de los vegetales, debido a que interviene en diversos procesos fisiológicos y bioquímicos de las plantas. Además, se conoce que las plantas bien nutridas con potasio son más tolerables a los efectos de las heladas y la sequias (Sánchez 2008).

**2.2.6.4 Calcio.** Es esencial para el crecimiento de las raíces y como un constituyente del tejido celular de las membranas. Aunque la mayoría de los suelos contienen suficiente disponibilidad de Ca para las plantas, la deficiencia puede darse en los suelos tropicales muy pobres en Ca (FAO, 2002). Es un elemento móvil en la planta, niveles bajos en el suelo puede favorecer la aparición de pie negro, enfermedad producida por la bacteria *Erwinia carotovora* (sierra et al., 2002).

Un 50% del total de la absorción de estos elementos (nitrógeno, fósforo, potasio, calcio y magnesio) por la planta, ocurre durante el periodo comprendido entre la emergencia y el inicio



de la floración. El comportamiento de papa criolla en aspectos nutricionales, se puede analizar bajo una tendencia general: responde a la fertilización y el nivel de extracción es función de la variedad y el rendimiento esperado. La oferta de nutrientes en forma oportuna tiene una marcada influencia en el índice del área foliar y en el número de tubérculos (Lora, 2005).

**2.2.6.5 Magnesio.** Es el constituyente central de la clorofila, el pigmento verde de las hojas que funciona como un aceptador de la energía provista por el sol; por ello, del 15 al 20 por ciento del magnesio contenido en la planta se encuentra en las partes verdes. El Mg se incluye también en las reacciones enzimáticas relacionadas a la transferencia de energía de la planta (FAO, 2002). Sierra et al. (2002), el magnesio forma parte integral de la molécula de clorofila, es un nutriente móvil en la planta. Su deficiencia produce una clorosis internerval de las hojas basales, debido a la translocación hacia las hojas superiores. La papa es un cultivo especialmente sensible a la deficiencia de este elemento.

**2.2.6.6 Azufre.** Según Sierra et al. (2002), el azufre es un elemento esencial, activador enzimático, interviene en el metabolismo del nitrógeno. Su deficiencia produce clorosis generalizada y es muy poco móvil en la planta.

### ***2.2.7 Absorción de nutrientes por el cultivo de papa***

La absorción de nutrientes varía con la fase de desarrollo del cultivo. Se debe considerar que la mayoría de suelos dedicados al cultivo de papa son deficientes en Nitrógeno, Fósforo y Potasio, y de algunos elementos menores, por lo que el agricultor necesita aplicar fertilizantes con el fin de suplementar a la planta necesidades nutricionales no satisfechas por el suelo en su condición de fertilidad natural.

Los nutrientes primarios o secundarios y los micronutrientes, que son los más carentes en el suelo, limitan el rendimiento y/o afectan la calidad; ellos no pueden ser sustituidos por algunos otros nutrientes (FAO, 2002). Los elementos nutritivos esenciales más importantes en el cultivo de la papa son Nitrógeno, Fósforo, Potasio, Calcio y Magnesio; un 50% del total de la

absorción de estos elementos por la planta ocurre durante el periodo comprendido entre la emergencia y el inicio de la floración (Alvarado y Ramírez, 2016).

La demanda de nutrientes se relaciona directamente con el rendimiento que se espera alcanzar. En la medida que aumenta el rendimiento de un cultivo, mayor será la absorción total del nutriente (demanda). Para el N,  $P_2O_5$  y  $K_2O$  se ha establecido un factor de demanda de 2.56 kg de N, 0.47 kg de  $P_2O_5$  y 4.0 kg de  $K_2O$  por cada tonelada de papa a producir. Por lo tanto, si se estima que para producir  $60 \text{ t ha}^{-1}$ , las demandas de N,  $P_2O_5$  y  $K_2O$  serán de 153.60, 28.20 y  $240.0 \text{ kg ha}^{-1}$ , respectivamente (Instituto de Investigaciones Agropecuarias Chile [INIA], 2016).

La capacidad de absorción de elementos nutritivos de la papa está fuertemente relacionada con el desarrollo radicular, es decir, con el volumen de raíces, profundidad que ellas alcanzan y época en que éstas se desarrollan. Una abundante masa radicular puede explorar un amplio volumen de suelo, asegurando de este modo el abastecimiento de nutrientes de la planta. Debido a su limitado sistema radicular (en relación a otras especies vegetales), la papa extrae desde los primeros 30 cm la mayor proporción de los elementos nutritivos que requiere. Otra característica del sistema radicular de la papa es que durante los primeros cincuenta días se desarrolla principalmente en forma horizontal, cubriendo aproximadamente un radio de 40 cm desde el tallo. En consecuencia, existe un gran volumen de raíces cercano a la superficie, que posteriormente crecen en profundidad. Esta condición hace deseable que el volumen superior del suelo sea lo suficientemente rico en nutrientes minerales para asegurar un abundante desarrollo de raíces y vegetación (Inostroza, 2009).

Rodríguez (citado en Sierra et al., 2002) menciona que la extracción de nutrientes minerales por el cultivo de la papa está determinado principalmente por el rendimiento posible de alcanzar por el cultivar. Entre los principales nutrientes por la cantidad extraída destacan el nitrógeno y potasio, le siguen en importancia el fósforo, calcio, magnesio y azufre. Los elementos menores que pueden ser importantes son el boro y el zinc. Los micronutrientes cuantitativamente menos importantes son el molibdeno y el cloro (Sierra et al., 2002).

**Tabla 1***Rendimiento del cultivo de papa en función del fertilizante aplicado*

Tubérculos (t ha <sup>-1</sup> )	kg ha <sup>-1</sup> de						Referencias
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Mg	Ca	S	
20	110	20	140	20	50		Boguslawski (1981)
25 t + f	108	43	175				Gruner (1963)
26 t + f	120	45	200				Jacob y Uexkull (1964)
30	140	26	200	25	60		Boguslawski (1981)
30 t+f	150	56	270				Gruner (1963)
30	150	60	350	30	90		Beakema (1979)
38 t+f	224	67	336				Dahnke y Nelson (1976)
40	170	32	300	30	70		Boguslawski (1981)
40 t + f	120	55	221				
63	288	128	396	35	26		Tisdale y Nelson (1975)
Follaje	168	90	296	13	1		
Tubérculos	114	38	100	22	13		

*Nota.* t = tubérculos, f = follaje. Tomado de Contreras (1991), citado por Inostroza (2009).

### **2.2.8 Rendimientos de la papa Phureja**

Los rendimientos reportados en la Agenda Prospectiva de Investigación y Desarrollo Tecnológico para la Cadena Productiva de la Papa Criolla en Colombia, están entre 14 y 25 t ha<sup>-1</sup>. Una de las mayores dificultades expresada por los productores se refiere a los requisitos de calidad que cuando no se cumple genera rechazo que puede estar entre el 5 y el 10 % para el cual no hay un mercado distinto al de alimentación animal del que pueda aprovecharse (Bonilla et al., 2009).

Los productores de Antioquia, lo conforman en su mayoría pequeños agricultores que registran un área cultivada en promedio de 1 a 2.5 hectáreas en donde los rendimientos oscilan entre 12 y 15 t ha<sup>-1</sup>, por otro lado en la zona centro del departamento de Boyacá, los productores principalmente producen papa criolla, en Boyacá se han reportado rendimientos entre 10 y 12 t ha<sup>-1</sup>, y se siembran en promedio 20 bultos de semilla por hectárea, con una producción cercana a los 200 bultos en un periodo de cultivo ligeramente superior al del departamento de Nariño (Bonilla et al., 2009).

**Tabla 2***Rendimiento de varios estudios realizados sobre papa chaucha (grupo Phureja)*

Referencia	Lugar	Rendimiento
Rodríguez et al. (2009)	Colombia, Antioquia (2650 msnm)	- Criolla latina (18 y 20 t ha <sup>-1</sup> ). - Criolla paisa (22 y 25 t ha <sup>-1</sup> ). - Criolla Colombia (13 y 15 t ha <sup>-1</sup> ).
Muños y Lucero (2008)	Colombia, Nariño (2520 msnm)	- 13.8 t ha <sup>-1</sup>
Seminario y Medina (2009)	Cajamarca, Perú (3200 msnm)	- 7 a 25 t ha <sup>-1</sup>
Rojas y Seminario (2014)	Cajamarca, Perú (2670 msnm)	- Huagalina (5.0 t ha <sup>-1</sup> ). - Amarilla mahuay (11.5 t ha <sup>-1</sup> )
Villanueva (2016)	Cajamarca, Perú (2670 msnm)	- Amarilla redonda (23.3 t ha <sup>-1</sup> )
Seminario et al. (2016)	Cajamarca, Perú (2670 msnm)	- Roja 2 (31.6 ha <sup>-1</sup> ) - Montañera 2 (10.4 t ha <sup>-1</sup> )
Tapia (2017)	Cajamarca, Perú (2670 msnm)	- Amarilla redonda (23.4 t ha <sup>-1</sup> )
Seminario et al. (2017)	Cajamarca, Perú (2650 msnm)	- Roja 2 (27.4 t ha <sup>-1</sup> ) - Huagalina (6.3 t ha <sup>-1</sup> )
Seminario et al. (2018)	Cajamarca, Perú (2670 msnm)	- Blanca amarilla (27.8 t ha <sup>-1</sup> ) - Limeña huachuma (27.4 t ha <sup>-1</sup> ) - Llanqueja (25.0 t ha <sup>-1</sup> ) - Amarilla redonda (23.3 t ha <sup>-1</sup> ) - Piña amarilla (21.8 t ha <sup>-1</sup> ) - Amarilla (7.3 t ha <sup>-1</sup> )
Seminario et al. (2021)	Cajamarca, Perú (2670 msnm)	- Chachapoyana (11.3 t ha <sup>-1</sup> ) - Huamantanga (5.5 t ha <sup>-1</sup> )

*Nota.* Elaboración propia.

## CAPÍTULO III

### MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1 Ubicación del experimento

El experimento se instaló en una parcela del Servicio Silvo Agropecuario de la Universidad Nacional de Cajamarca, cuyas coordenadas geográficas son: 7° 10' 02" latitud Sur y 78° 29' 41" longitud Oeste, a una altitud de 2670 msnm, entre los meses de setiembre del 2021 a enero del 2022. Presenta un clima predominante seco, con una temperatura promedio anual de 14.7 °C, humedad relativa de 64.5 % y precipitación promedio anual de 651 mm. Se utilizó tubérculos semilla del cultivar de papa chaucha (*Solanum tuberosum*, grupo Phureja), de nombre Amarilla redonda, seleccionada dentro del germoplasma que mantiene el Programa de Raíces y Tubérculos Andinos de la UNC.

Los datos meteorológicos de los meses durante los cuales se realizó el experimento: precipitación (mm), humedad relativa (%), temperatura (°C), brillo solar (horas) de la estación "Augusto Weberbauer", durante el periodo del cultivo, se presentan en la Tabla 3.

**Tabla 3**

*Datos meteorológicos registrados durante el periodo de investigación (setiembre 2021- enero 2022)*

Factores Meteorológicos	Meses				
	Set.	Oct.	Nov.	Dic.	Ene.
Precipitación (mm)	23.7	107.1	87.8	45.7	64.5
Humedad relativa (%)	60.4	71.3	67.9	64.6	62.1
Temperatura promedio (°C)	15.2	16.2	15.6	16.0	15.5
Brillo solar (Horas)	6.4	7.8	4.2	5.8	5.9

Fuente: Estación Meteorológica – "Augusto Weberbauer", CONVENIO UNC SENAMHI (2022).

## **3.2 Materiales, equipos, herramientas e insumos**

### **3.2.1 Insumos**

- Semilla de papa Chaucha amarilla redonda
- Fertilizantes: Urea, fosfato diamónico, cloruro de potasio
- Abono orgánico: Humus a razón de 10 t ha<sup>-1</sup>.
- Insecticida: Tifón 4E
- Fungicida: Ridomil Gold 68

### **3.2.2 Equipos**

- Balanza electrónica
- Estufa
- Laptop
- GPS
- Cámara digital fotográfica
- Mochila manual de fumigar
- Wincha
- Vernier
- Calculadora

### **3.2.3 Herramientas**

- Picos
- Lampas
- Rastrillos

### **3.2.4 Materiales de campo**

- Madera
- Libreta de campo
- Sacos y mantas
- Rafia

- Bolsas plásticas
- Carteles
- Yeso
- Planos y croquis de área

### **3.2.5 Material de laboratorio**

- Cuchillas
- Tijeras
- Lejía
- Alcohol
- Bolsas de papel kraft
- Agua destilada
- Becker
- Recipientes de vidrio

### **3.2.6 Material de escritorio**

- Cuaderno
- Lápiz y lapicero
- Plumón indeleble
- Papel bond A4

## **3.3 Análisis fisicoquímico del suelo donde se realizó el experimento**

Antes de realizar la siembra se tomó la muestra de suelo del área de 250.56 m<sup>2</sup> que comprende al terreno donde se realizó el experimento, lo cual consistió en recolectar submuestras, para luego proceder a mezclar en un recipiente y pesar 1 kg para la muestra final, posteriormente se envió al Laboratorio de Agua y Suelo, Medio Ambiente y Fertirriego de la Universidad Nacional Agraria la Molina, para conocer las características físicas y químicas del suelo en donde se instaló el experimento.

**Tabla 4**

*Resultado del análisis del suelo en donde se realizó el experimento*

Numero de muestra		CE ds/m	PH Relación 1:1	M.O %	P ppm	K ppm	CaCO <sub>3</sub> %
Lab.	Campo	Relación 1:1					
17267	Tierra – 001	0.52	7.46	3.14	22.57	380	0.07

*Nota.* Laboratorio de Agua, Suelo, Medio Ambiente y Fertilización de la Universidad Nacional Agraria la Molina (UNALM).

### **3.4 Metodología**

#### **3.4.1 Tratamientos en estudio y diseño experimental**

La investigación se realizó mediante un ensayo en campo, entre los meses de setiembre del 2021 y enero del 2022. Se utilizó un cultivar de papa chaucha (*Solanum tuberosum*, grupo Phureja) Amarilla redonda, el cual se obtuvo de la colección que posee el Programa de Raíces y Tubérculos Andinos de la Universidad Nacional de Cajamarca (UNC).

Se estudiaron ocho tratamientos (Tabla 5), resultantes de la combinación de cuatro dosis de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y K<sub>2</sub>O (0-0-0, 160-100-100\* kg ha<sup>-1</sup>, 120-60-60 kg ha<sup>-1</sup>, 80-40-40 kg ha<sup>-1</sup>) y dos modalidades de aplicación (al momento de la siembra y al deshierbo). El primer nivel (0-0-0) corresponde al control o testigo, la segunda corresponde a la dosis alta, la cual a su vez corresponde a la recomendación del laboratorio de la estación experimental baños del inca, la tercera a la dosis media y la cuarta a la dosis baja. Se utilizó el Diseño de Bloques Completos al Azar (DBCA), con arreglo factorial 4x2. Cada tratamiento, combinación de los factores (dosis de fertilizantes más momento de aplicación) tuvo tres repeticiones (bloques). Cada unidad experimental (repetición) constó de tres surcos de ocho plantas cada uno (24 plantas en total), con el propósito de cosechar seis plantas del surco central desechando las plantas de los extremos para evitar el efecto de borde. La distribución de los tratamientos y repeticiones en el campo experimental se observa en la figura 2.



La siembra se realizó a distanciamientos 0.90 m entre surcos y 0.40 m entre plantas. Para la evaluación se tomó el surco central, sin tomar en cuenta las plantas de los extremos para evitar el efecto de borde (seis plantas muestra por repetición).

**Tabla 5**

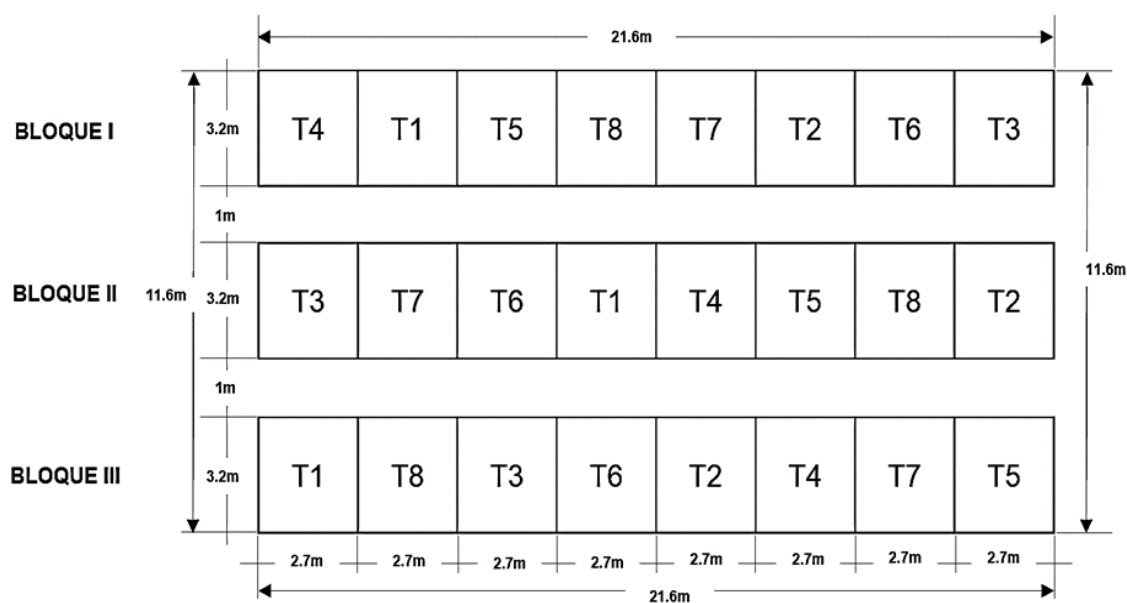
*Factores, niveles y tratamientos resultantes de combinar cuatro dosis de fertilización y dos modalidades de aplicación en el cultivar Amarilla redonda del grupo Phureja*

Factores	Niveles	Tratamientos	Código
Dosis de fertilizantes (N)	F0: 0-0-0	F0A1	T1
	F1: 160-100-100*	F0A2	T2
	F2: 80-40-40	F1A1	T3
	F3: 120-60-60	F1A2	T4
Modalidad de aplicación	A1: Siembra	F2A1	T5
		F2A2	T6
	A2: Deshierbo	F3A1	T7
		F3A2	T8

*Nota.* \* Dosis recomendada por el laboratorio de suelos del INIA-Cajamarca.

**Figura 2**

*Distribución de tratamientos de la investigación: “Efecto de cuatro niveles de fertilizante y dos modalidades de aplicación en el cultivar de papa Amarilla redonda (grupo Phureja). Los códigos son los mismos de la Tabla 5*



### **3.4.2 Conducción del experimento**

**3.4.2.1 Preparación del terreno.** La preparación del suelo se realizó 15 días antes de la siembra, comprendió la remoción del suelo mediante aradura, cruza, mullido, para luego nivelar el terreno de 250.56 m<sup>2</sup>, parcelado en tres bloques de 69.12 m<sup>2</sup>. Una vez parcelado el terreno se trazó manualmente 24 surcos por cada bloque, con el distanciamiento establecido para el experimento de acuerdo al croquis presentado en la Figura 2.

**3.4.2.2 Selección de la semilla.** Dos días antes de la siembra se realizó la selección de 576 semillas, se seleccionaron tubérculos en condiciones óptimas para la siembra, es decir con brotamiento múltiple, sin daños mecánicos y libre de plagas. Luego se procedió al pesado de cada tubérculo, los cuales tuvieron 48.28 g en promedio.

**3.4.2.3 Fertilización y abonamiento.** La fertilización se aplicó en dos modalidades al momento de la siembra (21/09/2021) y al momento del deshierbo (32 días después de la siembra). Se utilizaron las siguientes fuentes de fertilizante: Urea (46% de N), Fosfato diamónico (18% de N y 46% de P<sub>2</sub> O<sub>5</sub>) y cloruro de potasio (60% de K<sub>2</sub>O). La cantidad de fertilizante se calculó de acuerdo a las formulas antes indicadas, luego se procedió a pesar y mezclar para realizar la aplicación en cada golpe alrededor de la semilla; además, se aplicó humus de lombriz en una proporción de 10 t ha<sup>-1</sup>, sobre de cada semilla. Las cantidades de fertilizante y el momento de aplicación se especifican en la Tabla 6.

**Tabla 6**

*Tratamientos y sus respectivas dosis de fertilización expresados en (N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O) g golpe<sup>-1</sup>*

Tratamiento	Descripción	(g golpe <sup>-1</sup> )		
		N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
T1	testigo	0	0	0
T2	testigo	0	0	0
T3	aplicación a la siembra	5.76	3.6	3.6
T4	aplicación al deshierbo	5.76	3.6	3.6
T5	aplicación a la siembra	2.88	1.44	1.44
T6	aplicación al deshierbo	2.88	1.44	1.44
T7	aplicación a la siembra	4.32	2.16	2.16
T8	aplicación al deshierbo	4.32	2.16	2.16

*Nota.* Las mismas cantidades (g golpe<sup>-1</sup>) de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O, fueron aplicado al momento de la siembra y al momento del deshierbo.

**3.4.2.4 Siembra.** La siembra se realizó el día 21 de setiembre del 2021. La semilla se distribuyó de acuerdo al croquis presentado en la Figura 2, Se sembró un tubérculo por golpe, con distanciamientos antes mencionados.

**3.4.2.5 Riego.** Para asegurar la emergencia de la semilla se procedió a realizar el riego en el momento de la siembra, luego a intervalos de entre 5 días. El riego se realizó por gravedad, con mayor frecuencia durante los meses de setiembre y octubre. A partir del mes de noviembre ya no hubo necesidad de riego, porque existieron precipitaciones pluviales.

**3.4.2.6 Deshierbo.** El deshierbo se realizó manualmente a los 32 días después de la siembra, cuando las plantas de papa tenían en promedio de 15 a 20 cm de altura.

**3.4.2.7 Aporque.** El aporque se realizó de forma manual utilizando como herramienta una “lampa” a los 55 días después de la siembra y consistió en acercar la tierra junto a los tallos y evitar que los estolones entren en contacto con la luz y se formen tallos aéreos.

**3.4.2.8 Control fitosanitario.** Durante el periodo de cultivo se evidenció el ataque de “pulga saltona” (*Epitrix sp*), “escarabajo de hoja” (*Diabrotica undecimpunctata*), para controlar estas plagas se hicieron aplicaciones de “Tifón”, cuyo ingrediente activo es chlorpyrifos

(C<sub>9</sub>H<sub>11</sub>C<sub>13</sub>NO<sub>3</sub>PS). Las aplicaciones se realizaron a los 20, 56 y 73 días después de la siembra, a la dosis de 30 ml por mochila de 20 L de capacidad.

Para prevenir el ataque de “ranca” (*Phytophthora infestans*) se aplicó el fungicida “Ridomil Gold 68WP” que tiene como ingredientes activos: Metalaxyl (C<sub>15</sub>H<sub>21</sub>NO<sub>4</sub>) y Mancozeb (C<sub>4</sub>N<sub>2</sub>S<sub>4</sub>H<sub>6</sub>MnZn), a una dosis de 2 kg ha<sup>-1</sup>, se realizó tres aplicaciones a los 33, 42 y 56 días después de la siembra.

**3.4.2.9 Cosecha.** Se realizó el día 13 de enero del 2022 con herramientas manuales (picos y lampas), cuando el cultivo alcanzó la madurez comercial (la piel de los tubérculos no se levantaba con la fricción de los dedos) y el follaje mostraba marchitez y clorosis. Para realizar las evaluaciones, se cosecharon 6 plantas por tratamiento, descartando las plantas de los extremos para evitar el efecto de borde; se utilizaron sacos, cestos y bolsas plásticas, luego se trasladó el material al laboratorio para realizar las evaluaciones respectivas.

### **3.4.3 Evaluaciones realizadas**

**3.4.3.1 Altura de planta.** La medición se realizó a los 105 días después de la siembra, cuando las plantas alcanzaron aproximadamente el 80 % de floración, momento en el cuál, se considera que la planta alcanza su máximo desarrollo y crecimiento. La medida se tomó desde la base (nivel del suelo), hasta el ápice de la planta con una regla graduada. Se evaluaron 6 plantas por tratamiento en cada bloque o repetición.

**3.4.3.2 Número de tallos por planta.** Se contó el número de tallos por cada planta, el conteo se realizó sobre la superficie del suelo, aproximadamente a los tres meses después de la siembra, cuando las plantas alcanzaron aproximadamente un 80 % de floración. Se evaluaron 6 plantas por tratamiento en cada bloque.

**3.4.3.3 Peso total de tubérculos.** El peso total de tubérculos se obtuvo sumando todas las categorías de tubérculos (tubérculos comerciales más no comerciales).

**3.4.3.4 Número total de tubérculos por planta.** Al momento de la cosecha se contaron todos los tubérculos de cada planta (comercial y no comercial) evaluada.

**3.4.3.5 Número de tubérculos comerciales por planta.** La evaluación se realizó utilizando un vernier y considerando como medida el diámetro mayor del tubérculo se evaluó el rendimiento según categorías, de acuerdo a las medidas de los diámetros se procedió hacer la selección de tubérculos comerciales y no comerciales, clasificando así: de primera (>4 cm), segunda (2- 4 cm) y tercera (< 2 cm) (Rodríguez et al., 2009). Los tubérculos que están dentro de los grupos de primera y de segunda, fueron considerados comerciales, los tubérculos del grupo de tercera fueron considerados no comerciales.

**3.4.3.6 Peso de tubérculos comerciales.** Todos los tubérculos que poseen peso y diámetros comerciales (diámetro mayor a 2 cm), fueron pesados en una balanza y este peso se registró como peso de tubérculos comerciales.

**3.4.3.7 Materia seca de follaje.** Para determinar el contenido de materia seca se realizó el corte del follaje de dos plantas por cada unidad experimental (por cada tratamiento), haciendo un total de 16 muestras en todo el experimento, luego se dispuso con mucho cuidado dentro de una bolsa plástica, para posteriormente trasladar al laboratorio. Una vez en el laboratorio se cortó en trozos pequeños de aproximadamente 1.5 cm y se colocó en bolsas de papel, luego se pesó cada muestra. Este dato fue registrado como peso fresco. Posteriormente todas las muestras fueron colocadas en una estufa, a 105 °C, durante 48 horas. Luego se sacaron las muestras, se pesaron y este valor se registró como peso seco.

Luego se calculó el porcentaje de materia seca del follaje con la siguiente formula:

$$\text{MST (\%)} = \frac{\text{peso seco}}{\text{peso fresco}} \times 100$$

**3.4.3.8 Materia seca de tubérculos.** Se tomaron seis tubérculos por tratamiento, se pesaron y este dato se registró como peso fresco. Cada tubérculo se cortó en trozos pequeños, se colocaron en recipientes y luego en la estufa a 105 °C, por 48 horas. Pasado el tiempo se sacaron las muestras de la estufa y se pesaron, registrándose el dato como peso seco. El

porcentaje de materia seca del tubérculo se obtuvo mediante la misma fórmula utilizada para la materia seca del follaje.

**3.4.3.9 Gravedad específica.** La gravedad específica es la relación entre la densidad de una sustancia y la de otra, tomada como referencia, generalmente para sólidos y líquidos se emplea el agua destilada, esta se utilizó en este experimento. Para determinar la gravedad específica se utilizó el método de peso en aire y peso en agua (Díaz et al., 2008).

A continuación se describe el procedimiento del primer tubérculo evaluado, como ejemplo de cómo se procedió en los cinco tubérculos por tratamiento.

Paso 1: se seleccionaron al azar cinco tubérculos por tratamiento.

Paso 2: se pesó el primer tubérculo y este dato se registró como peso en aire (42.84 g)

Paso 3: sobre una balanza se colocó un beaker conteniendo agua destilada, se calibró la balanza a cero (0.00 g), se sumergió el tubérculo y se registró un peso de (42.76 g), este dato viene a ser el peso del tubérculo en el agua destilada.

Paso 4: Se calculó la gravedad específica con la ecuación de Díaz et al. (2008)

$$\text{gravedad específica (GE)} = \frac{(W_{\text{cuerpo}})}{(W_{\text{agua}})}$$

G.E= Gravedad específica

$W_{\text{cuerpo}}$  = peso del cuerpo

$W_{\text{agua}}$  = peso en el agua

$$\text{gravedad específica (GE)} = \frac{(42.84)}{(42.76)} = 1.001$$

**3.4.3.10 Índice de cosecha.** Para determinar el índice de cosecha (IC) se tomó los porcentajes de materia seca de tubérculos y de follaje y se aplicó la fórmula usada por Gardner et al. (1985). Álvaro y Ramírez (2016) mencionan que el IC es un indicador de la capacidad productiva, es decir la eficiencia que tiene el cultivar (papa) para acumular mayor cantidad de materia seca en la parte de interés (tubérculos).

$$IC (\%) = \frac{\text{Materia seca de la parte cosechable (tubérculos)}}{\text{Materia seca total (MS tubérculos + MS follaje)}} \times 100$$

### **3.5 Procesamiento y análisis de datos**

Los datos obtenidos en las evaluaciones de campo y laboratorio fueron ordenados y clasificados en una hoja de Excel. Los análisis estadísticos se realizaron mediante el programa estadístico InfoStat.

Los datos fueron ordenados, clasificados y agrupados de acuerdo a las exigencias de los análisis a realizar. En primer lugar, se realizó el análisis de varianza (ANOVA) para determinar si existen diferencias estadísticas significativas en la interacción de los factores (fertilizante por momento de aplicación), o para los efectos independientes de cada factor. Según la prueba anterior, en los casos donde se encontró diferencias estadísticas significativas entre tratamientos, se realizó la prueba de rango múltiple de LSD (Diferencia Mínima Significativa). Esta prueba permite conocer cuales tratamientos son superiores.

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIONES

#### 4.1 Análisis de varianza (ANOVA) para el peso total de tubérculos

Tabla 7

Análisis de varianza (ANOVA) para el peso total de tubérculos de papa Phureja, combinando cuatro dosis de fertilizante y dos modalidades de aplicación

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F Calculado	p-valor
Bloque	10820.34	2	5410.17	1.21 NS	0.3279
Fertilizante(F)	53284.99	3	17761.66	3.97 *	0.0307
Aplicación (A)	21864.81	1	21864.81	4.88 *	0.0442
F * A	42161.38	3	14053.79	3.14 NS	0.0591
Error	62664.99	14	4476.07		
Total	190796.51	23			

Nota. \* = significativo, NS = no significativo.

**CV=13.80 %**

En el análisis de varianza para el peso total de tubérculos (tabla 7), no se encontró significación estadística para la interacción de los factores (dosis de fertilizante por modalidad de aplicación), dado que el valor de significación (p-valor = 0.0591) es mayor al 0.05 (5%), este resultado indica que el peso total de tubérculos no está afectado por la interacción de los factores. Para el fertilizante (F) se encontró significación estadística, dado que, el valor de significación (p-valor = 0.0307) es menor al 0.05 (5 %), lo cual indica que el peso total de tubérculos se encuentra afectado por las dosis de fertilizante. Igualmente para la aplicación (A), se encontró significación estadística, dado que el valor de significación (p-valor = 0.0442) es menor al 0.05 (5 %), lo cual indica que el momento de aplicación de los fertilizantes afectó al peso total de tubérculos.

El coeficiente de variación (CV = 13.80 %) indica la variabilidad de los resultados obtenidos en cada tratamiento (combinación de factores), es decir, que se encontraron diferente peso de tubérculos en sus tres repeticiones de un tratamiento.



Al realizar la prueba LSD (diferencia mínima significativa), al 5% de probabilidad para el efecto del fertilizante (figura 3), se observa que se han formado 2 grupos (A y B). El peso total de tubérculos del primer grupo "A", oscila entre 479.98 g (13.33 t ha<sup>-1</sup>), se obtuvo con (120-60-60 de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y K<sub>2</sub>O) y 549.27 g (15.26 t ha<sup>-1</sup>), se obtuvo con el nivel de fertilizante (80-40-40 de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y K<sub>2</sub>O), no existe diferencia significativa entre los rendimientos de este grupo de tratamientos. El peso total de tubérculos del grupo "B", oscilan entre 416.73 g (11.58 t ha<sup>-1</sup>), se obtuvo con (160-100-100\* de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y K<sub>2</sub>O) y 493.08 g (13.70 t ha<sup>-1</sup>), se obtuvo con el testigo, no existe diferencia estadística entre los rendimientos de este grupo de tratamientos. Letras iguales indican igualdad estadística.

En resumen, los mayores pesos totales de tubérculos fue de 15.26 t ha<sup>-1</sup> (80-40-40 de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y K<sub>2</sub>O), 13.70 t ha<sup>-1</sup> (testigo) y 13.33 t ha<sup>-1</sup> (120-60-60 de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y K<sub>2</sub>O), cuyos valores son estadísticamente similares. Sin embargo, el primero difiere estadísticamente de 11.58 t ha<sup>-1</sup> (160-100-100 de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y K<sub>2</sub>O). Estos resultados indican que esta variedad de papa muestra limitada respuesta en peso de tubérculos a la alta dosis de fertilizante (160-100-100\* recomendada). Según los autores Muñoz y Lucero (2008); Luna et al. (2015) han indicado que las variedades de papa del grupo Phureja presentan escasa respuesta a estos insumos químicos, por lo que se recomienda dosis bajas de fertilizantes. Por otra parte, tomando en cuenta estos resultados es recomendable seguir las investigaciones para tener la certeza de su respuesta.

Para el efecto de Aplicación (figura 4), indica que el peso total de tubérculos 514.95 g equivalente a 14.30 t ha<sup>-1</sup> (representado por la letra A), lo cual se obtuvo con la aplicación a la siembra y 454.58 g equivalente a 12.63 t ha<sup>-1</sup> (representado por la letra B), lo cual se obtuvo con la aplicación al deshierbo, son estadísticamente diferentes. Es decir que la modalidad de aplicación del fertilizante generó diferencias estadísticas en el peso total de tubérculos.

En la figura 5, se observa que el peso total de tubérculos varió de 383.57 g (10.65 t ha<sup>-1</sup>), se obtuvo con T8 (120-60-60 de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y K<sub>2</sub>O con aplicación al deshierbo) a 579.47 g (16.10 t ha<sup>-1</sup>), lo cual se obtuvo con T5 (80-60-60 de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y K<sub>2</sub>O con aplicación a la siembra). Como

se indicó, estos resultados son similares estadísticamente, solo tiene carácter referencial con  $16.10 \text{ t ha}^{-1}$  (mayor resultado).

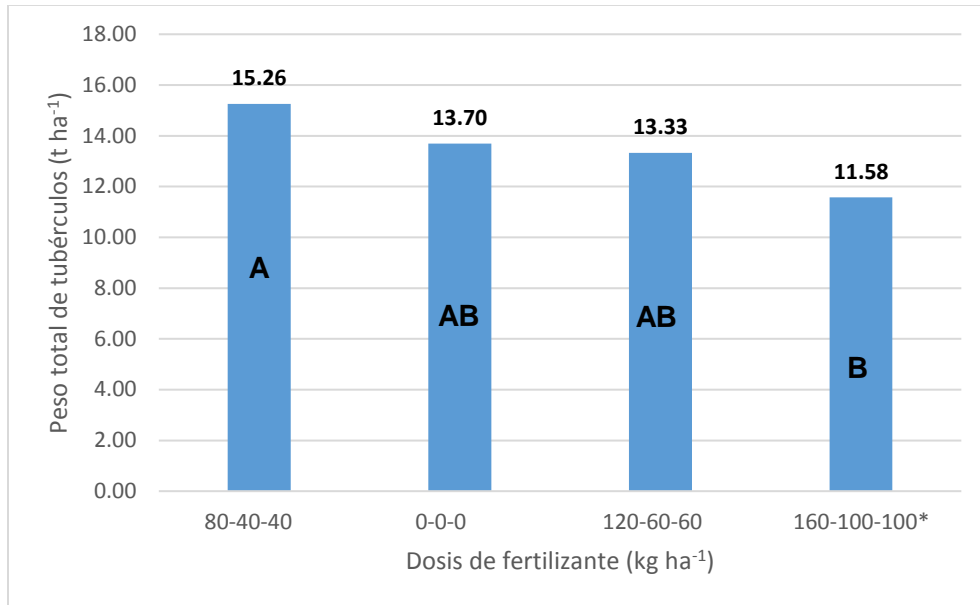
Al respecto Pérez et al. (2008) evaluaron el efecto del fraccionamiento de la fertilización con N- $\text{P}_2\text{O}_5$ - $\text{K}_2\text{O}$ -Mg en papa criolla (*Solanum phureja*), en su trabajo indicaron que el mejor promedio de rendimiento total de tubérculos ( $13.87 \text{ t ha}^{-1}$ ), lo obtuvieron con la dosis de fertilización (140-120-168-28 de N-  $\text{P}_2\text{O}_5$ -  $\text{K}_2\text{O}$ -Mg) no fraccionada y aplicado a la siembra. En el presente trabajo el mayor rendimiento total de tubérculos fue de  $16.10 \text{ t ha}^{-1}$ , que corresponde al tratamiento T5 (80-40-40 de N,  $\text{P}_2\text{O}_5$  y  $\text{K}_2\text{O}$  con aplicación a la siembra), resultado fue superior a  $13.87 \text{ t ha}^{-1}$ . Seminario et al. (2009) mencionan que por lo general los rendimientos de papa chaucha (*Solanum tuberosum* grupo Phureja) se encuentran entre 7 a  $25 \text{ t ha}^{-1}$ .

Benavides (2019) en su trabajo de investigación realizado en papa Amarilla redonda del grupo Phureja, reportó un rendimiento total de tubérculos que varió de 11.5 a  $18.2 \text{ t ha}^{-1}$ . Medina (2009) reporta un rendimiento entre 10.4 y  $20.0 \text{ t ha}^{-1}$  en su trabajo realizado con variedades del grupo Phureja. Resultados antes mencionados se asemejan a este trabajo de investigación.

Seminario et al. (2021) evaluaron la productividad de quince cultivares de papa Phureja en ocho ambientes distintos, en su trabajo indicaron que los ambientes (años y meses de siembra diferentes) presentaron diferencias estadísticas significativas para las variables número total de tubérculos (NTT), número de tubérculos comerciales (NTC), altura de planta (AP) y número de tallos (NT). No encontraron diferencia estadística para el peso total de tubérculos (PTT). En el presente trabajo de investigación no se encontró significación estadística para la interacción de los factores, tal vez influenció la temporada de siembra (estiaje / lluvia) en donde las temperaturas, las precipitaciones y las horas sol, varían significativamente. Se recomienda seguir investigando.

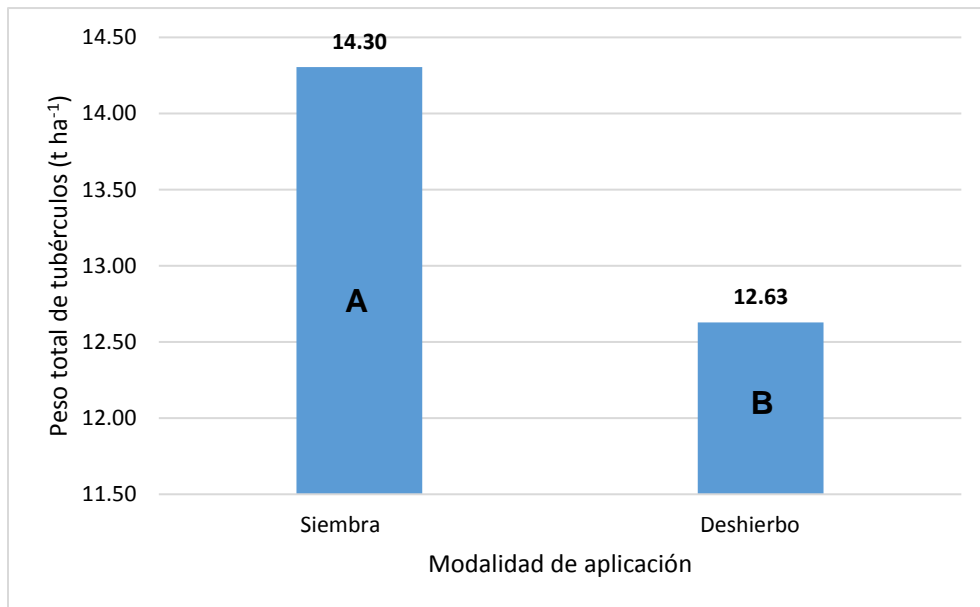
**Figura 3**

*Peso total de tubérculos de papa Phureja, producido por cuatro dosis de fertilizante (F)*



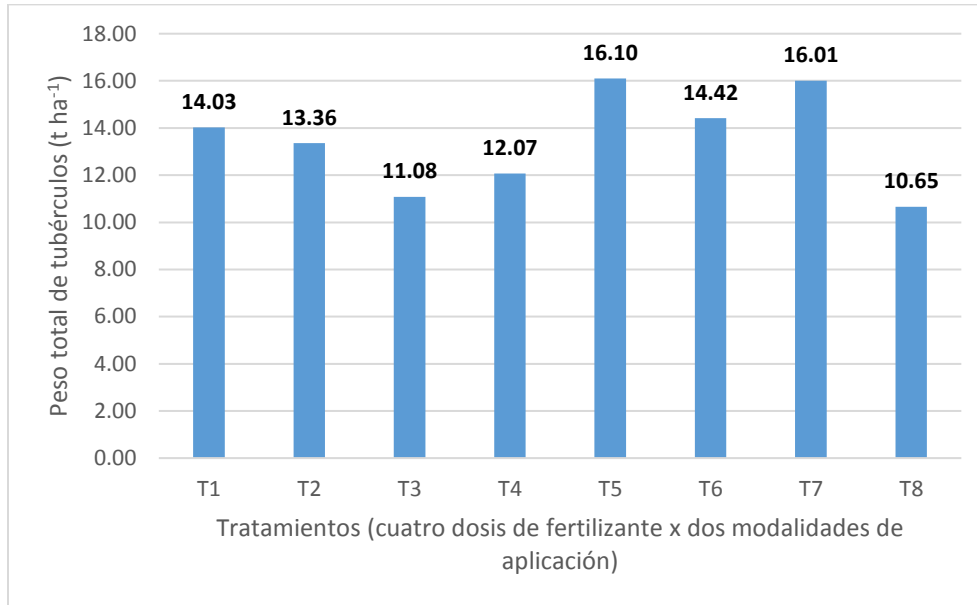
**Figura 4**

*Peso total de tubérculos de papa Phureja, producido por dos modalidades de aplicación de fertilizante (A)*



**Figura 5**

*Peso total de tubérculos de papa Phureja, combinando cuatro dosis de fertilizante y dos modalidades de aplicación*



#### 4.2 Análisis de varianza (ANOVA) para el peso de tubérculos comerciales

**Tabla 8**

*Análisis de varianza (ANOVA) para el peso de tubérculos comerciales de papa Phureja, combinando cuatro dosis de fertilizante y dos modalidades de aplicación*

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F Calculado	p-valor
Bloque	13868.15	2	6934.08	1.50 NS	0.2577
Fertilizante(F)	51908.99	3	17303.00	3.73 *	0.0367
Aplicación (A)	20533.50	1	20533.50	4.43 NS	0.0539
F * A	38984.56	3	12994.85	2.80 NS	0.0783
Error	64890.33	14	4635.02		
Total	190185.53	23			

Nota. \* = significativo, NS = no significativo.

**CV=14.42 %**

En el análisis de varianza para el peso de tubérculos comerciales (tabla 8), no se encontró significación estadística para la interacción de los factores (dosis de fertilizante por modalidad de aplicación), dado que el valor de significación ( $p$ -valor = 0.0783) es mayor al 0.05 (5%), este resultado indica que el peso total de tubérculos no está afectado por la interacción de los factores. Para el fertilizante (F) se encontró significación estadística, dado que, el valor de significación ( $p$ -valor = 0.0367) es menor al 0.05 (5 %), lo cual indica que el peso total de tubérculos se encuentra afectado por las dosis de fertilizante. Para la aplicación (A), no se encontró significación estadística, dado que el valor de significación ( $p$ -valor = 0.0539) es mayor al 0.05 (5 %), lo cual indica que el momento de aplicación de los fertilizantes no afecta al peso de tubérculos.

El coeficiente de variación ( $CV = 14.42 \%$ ) indica la variabilidad de los resultados obtenidos en cada tratamiento (combinación de factores), es decir, que se encontraron diferente peso de tubérculos en sus tres repeticiones de un tratamiento.

Al realizar la prueba LSD (diferencia mínima significativa), al 5% de probabilidad para el efecto del fertilizante (figura 6), se observa que se han formado 2 grupos (A y B). El peso de tubérculos comerciales del primer grupo "A", oscila entre 467.12 g ( $12.98 \text{ t ha}^{-1}$ ), se obtuvo con (120-60-60 de N,  $P_2O_5$  y  $K_2O$ ) y 536.85 g ( $14.91 \text{ t ha}^{-1}$ ), se obtuvo con el nivel de fertilizante (80-40-40 de N,  $P_2O_5$  y  $K_2O$ ), no existe diferencia significativa entre los rendimientos de este grupo de tratamientos. El peso total de tubérculos del grupo "B", oscilan entre 405.8 g ( $11.27 \text{ t ha}^{-1}$ ), se obtuvo con (160-100-100\* de N,  $P_2O_5$  y  $K_2O$ ) y 478.3 g ( $13.29 \text{ t ha}^{-1}$ ), se obtuvo con el testigo, no existe diferencia significativa entre los rendimientos de este grupo de tratamientos. Letras diferentes indica diferencia estadística.

En resumen, los mayores pesos de tubérculos comerciales fue de  $14.91 \text{ t ha}^{-1}$  (80-40-40 de N,  $P_2O_5$  y  $K_2O$ ),  $13.29 \text{ t ha}^{-1}$  (testigo) y  $12.98 \text{ t ha}^{-1}$  (120-60-60 de N,  $P_2O_5$  y  $K_2O$ ), cuyos valores son estadísticamente iguales. Sin embargo, el menor resultado ( $11.27 \text{ t ha}^{-1}$ ), se obtuvo con la alta dosis de fertilización (160-100-100 de N,  $P_2O_5$  y  $K_2O$ ). Lo cual indica que la variedad de papa

Amarilla redonda del grupo Phureja no responde a altas dosis de fertilizante, por lo que se recomienda usar bajas dosis de fertilizante para obtener la rentabilidad económica.

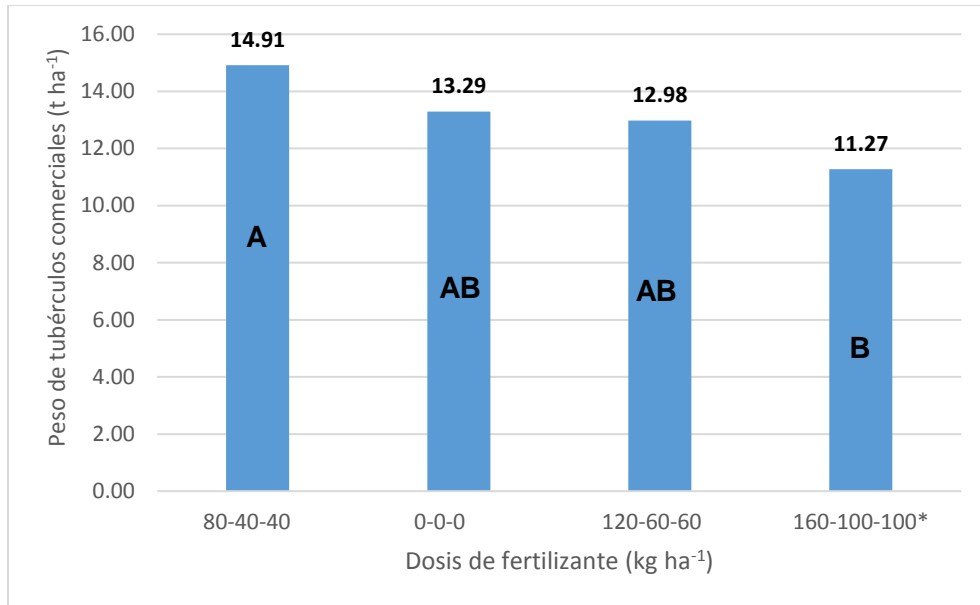
En la figura 7, se observa que el peso de tubérculos comerciales varió de 374.17 g (10.39 t ha<sup>-1</sup>), se obtuvo con T8 (120-60-60 de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y K<sub>2</sub>O con aplicación al deshierbo) a 565.93 g (15.72 t ha<sup>-1</sup>), lo cual se obtuvo con T5 (80-40-40 de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y K<sub>2</sub>O con aplicación a la siembra). Estos resultados ya se indicó que son similares estadísticamente, solo tiene carácter referencial con 15.72 t ha<sup>-1</sup> (mayor resultado).

Al respecto Pérez et al. (2008) evaluaron el efecto del fraccionamiento de la fertilización sobre el rendimiento de la variedad de papa Criolla Colombiana, reportaron que los mejores rendimientos promedios corresponden al no fraccionamiento, con una producción de 9.65 t ha<sup>-1</sup> para la categoría comercial. En el presente trabajo el mayor resultado en peso de tubérculos comerciales fue de 565.93 g (15.72 t ha<sup>-1</sup>), lo cual superó al rendimiento antes mencionado. Por su parte Rojas (2008) en su trabajo de investigación encontró un rendimiento de 14.3 t ha<sup>-1</sup> en el cultivar Amarilla redonda, resultado que también fue superado en la presente investigación.

Los rendimientos encontrados en el presente trabajo se encuentran dentro del rango que obtuvo Castillo (2019), resultados que varió de 12.2 a 20.6 t ha<sup>-1</sup> de tubérculos comerciales de papa Amarilla redonda.

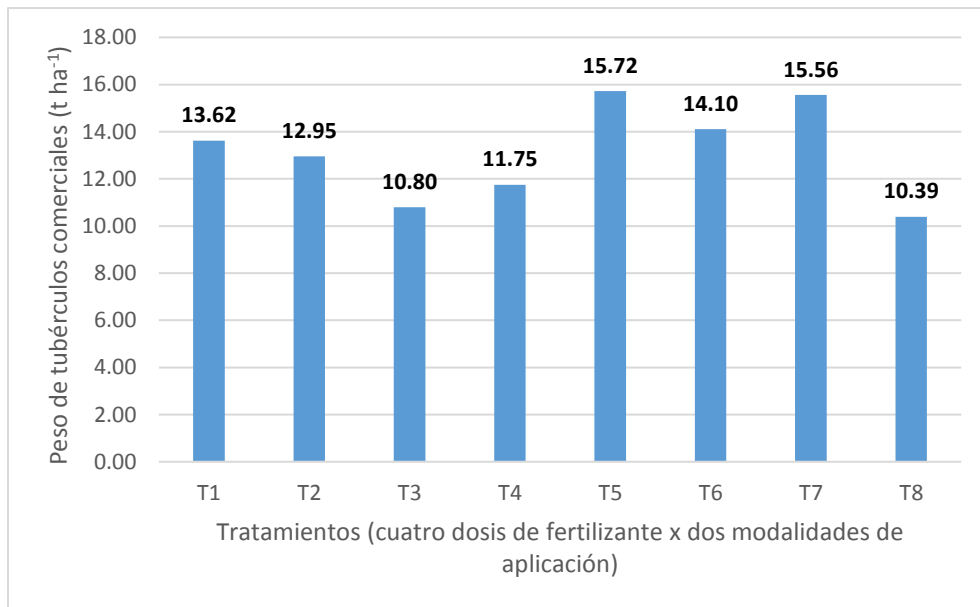
**Figura 6**

*Peso de tubérculos comerciales de papa Phureja, producido por cuatro dosis de fertilizante (F)*



**Figura 7**

*Peso de tubérculos comerciales de papa Phureja, combinando cuatro dosis de fertilizante y dos modalidades de aplicación.*



### 4.3 Análisis de varianza (ANOVA) para número total de tubérculos

**Tabla 9**

Análisis de varianza (ANOVA) para el número total de tubérculos de papa Phureja, combinando cuatro dosis de fertilizante y dos modalidades de aplicación (datos transformados con  $Y = \sqrt{X}$ , X: dato)

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F Calculado	p-valor
Bloque	0.32	2	0.16	1.17 NS	0.3384
Fertilizante(F)	1.07	3	0.36	2.61 NS	0.0923
Aplicación (A)	0.01	1	0.01	0.06 NS	0.8133
F * A	1.12	3	0.37	2.74 NS	0.0830
Error	1.92	14	0.14		
Total	4.45	23			

Nota. NS = no significativo.

**CV = 8.17**

En el análisis de varianza para número total de tubérculos (tabla 9), no se encontró significación estadística para la interacción de los factores (F\*A), dado que el valor de significación (p-valor = 0.0830) es mayor al 0.05 (5%), este resultado indica que el número total de tubérculos por planta no está afectado por la interacción de los factores. Para el fertilizante (F) y la aplicación (A) no se encontró significación estadística, dado que, el valor de significación (p-valor) para ambos factores es mayor al 0.05 (5%), lo cual indica que el fertilizante y momento de aplicación no afecta al número total tubérculos.

El coeficiente de variación (CV = 8.17%), indica la variabilidad de los resultados obtenidos en cada tratamiento (combinación de factores), es decir, que se encontraron diferente número total de tubérculos en sus tres repeticiones de un tratamiento.

En la Figura 8, se observa que el número de tubérculos totales varió de 15 (T3: 160-100-100 de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y K<sub>2</sub>O con aplicación a la siembra) hasta 24 (T5: 80-40-40 de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y K<sub>2</sub>O con aplicación a la siembra). Entre estos resultados no existe diferencia estadística.

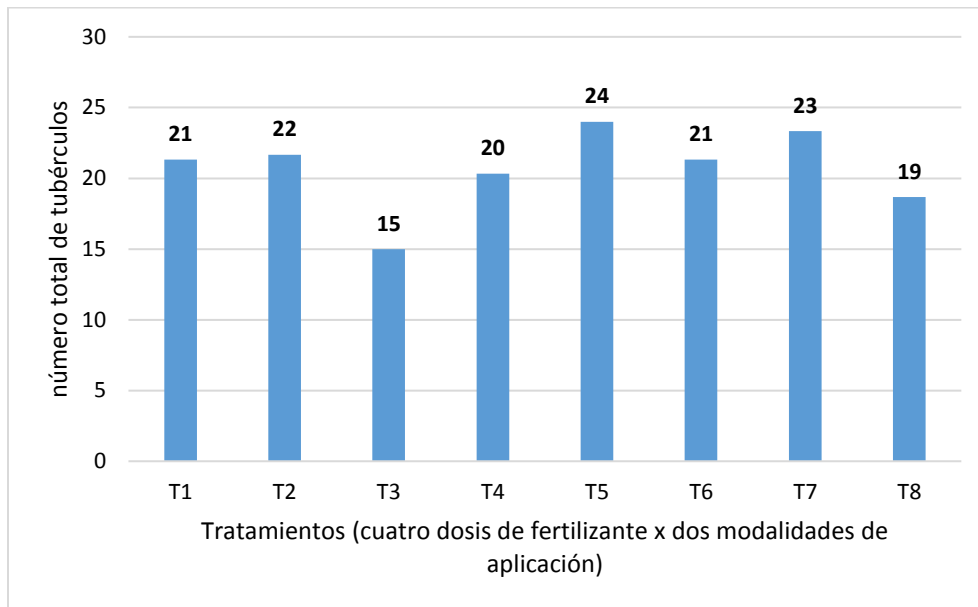


Rojas (2013) obtuvo resultados que oscilan entre 9.46 y 23.57 tubérculos por planta, que corresponden a los cultivares Huagalina y Roja 2, respectivamente. Castillo (2019) reportó datos que variaron de 18 a 28 tubérculos por planta en papa Amarilla redonda. Valores que se asemejan a la presente investigación.

Rojas (2008) encontró 20 tubérculos por planta en el cultivar Chaucha amarilla, y los cultivares Chaucha montañera y chaucha Clavelilla presentaron 22 tubérculos por planta cada una. Medina (2009) reportó resultados que variaron de 12 a 25 tubérculos por planta, en su investigación realizada en cultivares de papas nativas, estos datos están en el rango obtenido en esta investigación.

### Figura 8

*Número total de tubérculos de papa Phureja, combinando cuatro dosis de fertilizante y dos modalidades de aplicación*



#### 4.4 Análisis de varianza (ANOVA) para número de tubérculos comerciales

**Tabla 10**

*Análisis de varianza (ANOVA) para el número de tubérculos comerciales de papa Phureja, combinando cuatro dosis de fertilizante y dos modalidades de aplicación (datos transformados con  $Y = \sqrt{X}$ , X: dato)*

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F Calculado	p-valor
Bloque	0.973	2	0.486	3.84 NS	0.0468
Fertilizante (F)	0.965	3	0.322	2.54 NS	0.0983
Aplicación (A)	0.002	1	0.002	0.02 NS	0.8977
F * A	0.611	3	0.204	1.61 NS	0.2324
Error	1.772	14	0.127		
Total	4.323	23			

Nota. NS = no significativo.

#### **CV=8.75**

En el análisis de varianza para número de tubérculos comerciales (tabla 10), no se encontró significación estadística para la interacción de los factores (F\*A), dado que el valor de significación (p-valor = 0.2324) es mayor al 0.05 (5%), este resultado indica que el número de tubérculos comerciales por planta no está afectado por la interacción de los factores. Para el fertilizante (F) y la aplicación (A) no se encontró significación estadística, dado que, el valor de significación (p-valor) para ambos factores es mayor al 0.05 (5%), lo cual indica que el fertilizante y momento de aplicación no afectó al número de tubérculos comerciales.

El coeficiente de variación (CV = 8.75%), indica la variabilidad de los resultados obtenidos en cada tratamiento (combinación de factores), es decir, que se encontraron diferente número de tubérculos comerciales en sus tres repeticiones de un tratamiento.

En la Figura 9, se observa que el número de tubérculos comerciales varió de 12 (T3: 160-100-100 de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y K<sub>2</sub>O con aplicación a la siembra) a 20 (T5: 80-40-40 de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y K<sub>2</sub>O con

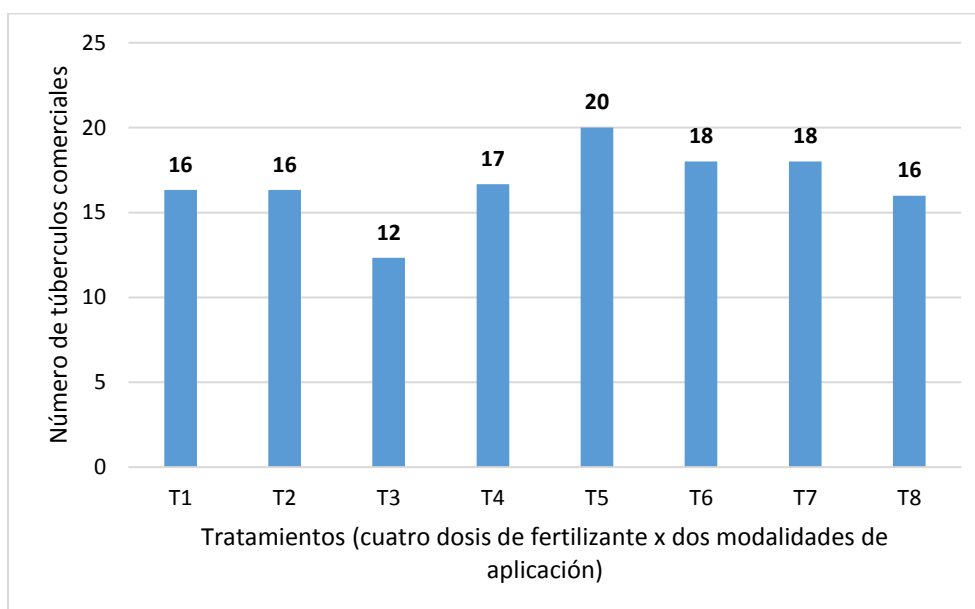
aplicación a la siembra). Según el análisis de varianza, entre estos resultados no existen diferencias significativas.

Los resultados obtenidos en la presente investigación se asemejan a los que Castillo (2019) hace mención en su trabajo realizado en papa Amarilla redonda del grupo Phureja, datos que variaron de 15 a 23 tubérculos por planta.

Seminario et al. (2017) encontraron para el cultivar de papa Amarilla redonda un número promedio de 11.3 tubérculos comerciales por planta. Benavides (2019) en su trabajo evaluó el rendimiento de papa (*Solanum tuberosum* grupo Phureja), determinó que el número de tubérculos comerciales por planta varió de 11 a 15. Los resultados de la presente investigación muestran resultados superiores, siendo el número máximo y mínimo de 20 y 12 tubérculos comerciales por planta, respectivamente.

### Figura 9

*Número de tubérculos comerciales de papa Phureja, combinando cuatro dosis de fertilizante y dos modalidades de aplicación*



#### 4.5 Análisis de varianza (ANOVA) para altura de planta

**Tabla 11**

*Análisis de varianza (ANOVA) para altura de planta de papa Phureja, combinando cuatro dosis de fertilizante y dos modalidades de aplicación*

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F Calculado	p-valor
Bloque	18.25	2	9.13	0.38 NS	0.6904
Fertilizante(F)	620.79	3	206.93	8.63 **	0.0017
Aplicación (A)	570.38	1	570.38	23.78 **	0.0002
F * A	324.46	3	108.15	4.51 *	0.0206
Error	335.75	14	23.98		
Total	1869.63	23			

*Nota.* \* = significativo, \*\* = altamente significativo NS = no significativo.

**CV = 6.31 %**

En el análisis de varianza para altura de planta (tabla 11), se encontró significación estadística para la interacción de los factores (dosis de fertilizante por modalidad de aplicación), dado que el valor de significación (p-valor = 0.0206) es menor al 0.05 (5%), este resultado indica que la altura de planta está afectado por la interacción de los factores. Para el fertilizante (F) se encontró alta significación estadística, dado que, el valor de significación (p-valor = 0.0017) es menor al 0.05 (5 %), lo cual indica que la altura de planta se encuentra afectado por las dosis de fertilizante. Igualmente para la aplicación (A), se encontró alta significación estadística, dado que el valor de significación (p-valor = 0.0002) es menor al 0.05 (5 %), lo cual indica que el momento de aplicación de los fertilizantes afecta a la altura de planta.

El coeficiente de variación (CV = 6.31 %), indica la variabilidad de los resultados obtenidos en cada tratamiento (combinación de factores), es decir, se encontraron diferentes resultados en altura de planta bajo el efecto de un tratamiento en sus tres repeticiones.

Al realizar la prueba LSD (diferencia mínima significativa), al 5% de probabilidad para el efecto de la interacción de factores (F\*A) (figura 10), se observa que se han formado 2 grupos (A y B). La altura de planta del primer grupo "A", oscila entre 83.33 cm (160-100-100 de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y K<sub>2</sub>O con aplicación a la siembra) y 90 cm (120-60-60 de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y K<sub>2</sub>O con aplicación a la siembra), no existe diferencia significativa entre las alturas de planta de este grupo de tratamientos. La altura de planta del grupo "B", oscilan entre 68.00 (testigo siembra) y 74.67 cm (120-60-60 de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y K<sub>2</sub>O con aplicación al deshierbo), no existe diferencia significativa entre las alturas de planta de este grupo de tratamientos.

En resumen, las mayores alturas de planta: 90.00, 88.67 y 83.33 cm (grupo "A"), se obtuvo con los tratamientos T7 (120-60-60 de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y K<sub>2</sub>O con aplicación a la siembra), T3 (160-100-100 de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y K<sub>2</sub>O con aplicación a la siembra) y T5 (80-40-40 de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y K<sub>2</sub>O con aplicación a la siembra), respectivamente. Los valores de los tratamientos del grupo "B" fueron menores a 75 cm y son estadísticamente inferiores a los resultados de los tratamientos del grupo "A".

La prueba LSD (diferencia mínima significativa), al 5% de probabilidad para el efecto individual del fertilizante (F) (figura 11), indica que las alturas de planta 83.33, 80.67 y 78.33 cm (representado por la letra "A"), lo cual se obtuvo con las dosis de fertilizante (120-60-60, 160-100-100 y 80-40-40 de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y K<sub>2</sub>O); respectivamente, son estadísticamente similares; pero, estadísticamente diferentes a la altura de planta de 69.17 cm (representado por la letra "B"), que se obtuvo con el nivel de fertilizante (00-00-00 testigo).

Para el efecto individual de aplicación (A) (figura 12), indica que la altura de planta 82.5 cm (representado por la letra A), lo cual se obtuvo con la aplicación del fertilizante a la siembra, es estadísticamente superior a 72.75 cm (representado por la letra "B"), valor que se obtuvo con la aplicación al deshierbo. Es decir, que la modalidad de aplicación del fertilizante generó diferencias estadísticamente significativas en la altura de planta.

Los resultados de la presente investigación se aproximan a los de Rodríguez (2021) que encontró alturas de planta que varió de 63 a 93 cm en papa Amarilla redonda. Castillo (2019)

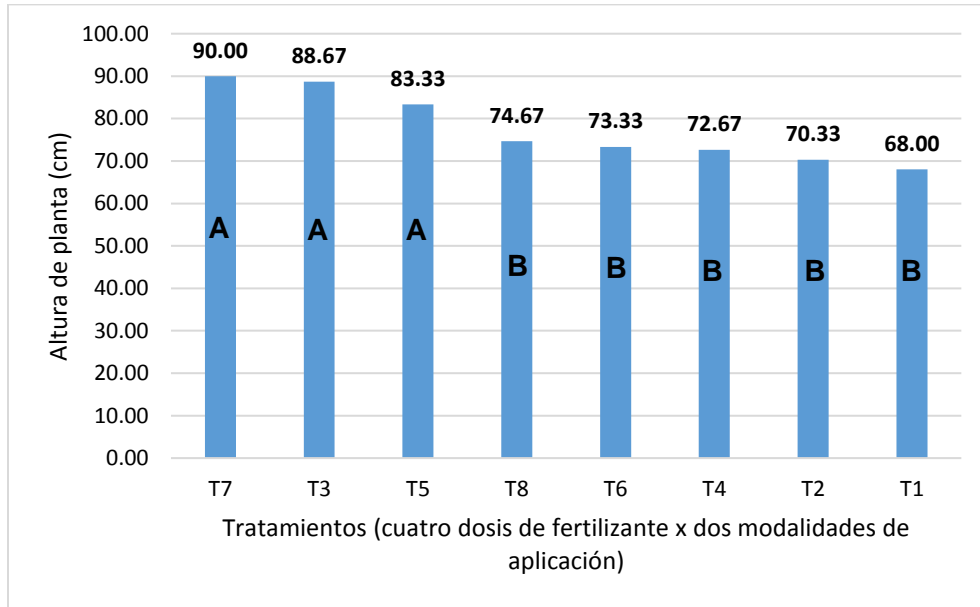
obtuvo una altura de planta máxima de 76.10 cm y una altura mínima de 61.90 cm en su trabajo de investigación realizado en papa Amarilla redonda del grupo Phureja. Villanueva (2016) obtuvo alturas de 52.83 cm y 72.90 cm por planta de papa (*Solanum tuberosum* L. grupo Phureja). Rojas (2008) en su trabajo de recolección y caracterización de papas chaucha, determinó que la altura de planta varió de 55 a 80 cm. En su investigación Rojas et al. (2014) obtuvo una altura de 60,7 cm en un cultivar del grupo Phureja (Huagalina).

Seminario et al. (2017) obtuvieron alturas de 20.3 a 75.9 cm en papa del grupo Phureja. Rojas (2013) en su investigación encontró alturas que varió de 60.65 cm a 81.87 cm por planta (cultivar Huagalina y Amarilla mahuay). Los resultados encontrados en la presente investigación se asemejan a los datos mencionados.

De la variable altura de planta se deduce que el comportamiento de los tratamientos T7, T3 y T5, con sus respectivos valores de 90.0, 88.67 y 83.33 cm, son superiores estadísticamente al resto de tratamientos; como se muestra en la figura 10. Por su parte Pérez et al. (2008) en su trabajo de investigación señala que, la fertilización sin fraccionamiento de N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O-Mg favoreció mejor desarrollo foliar. En la presente investigación se obtuvo los mayores resultados con las dosis de fertilizante aplicados al momento de la siembra. Los tratamientos con dosis de fertilizantes aplicados al momento del deshierbo y testigos son inferiores estadísticamente a los resultados antes mencionados. Por otro lado, se recomienda seguir con las investigaciones que involucren momento de aplicación de fertilizantes, para tener más certeza de los resultados.

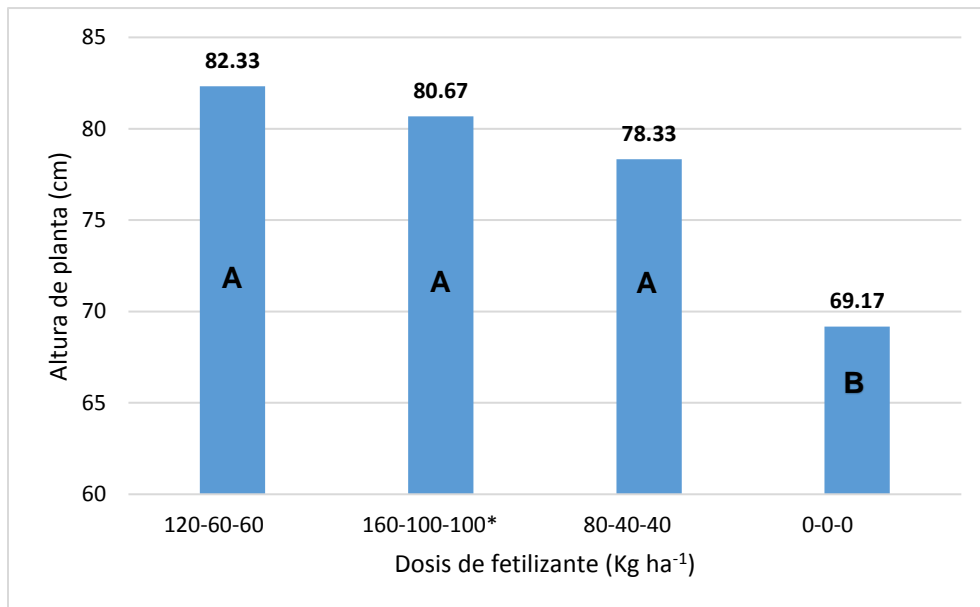
**Figura 10**

*Altura de planta de papa Phureja, combinando cuatro dosis de fertilizante y dos modalidades de aplicación*



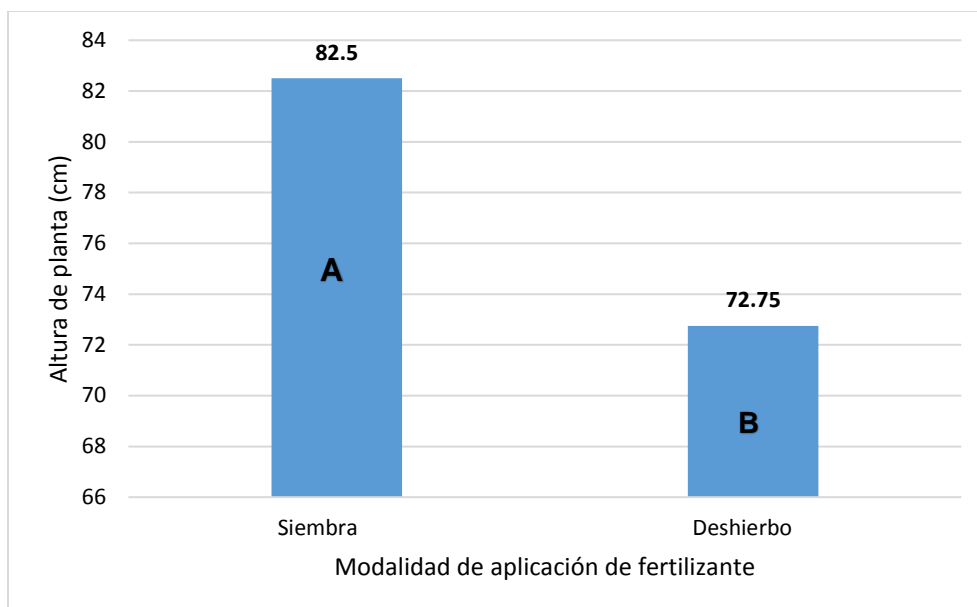
**Figura 11**

*Altura de planta de papa Phureja, producida por cuatro dosis de fertilizante (F)*



**Figura 12**

*Altura de planta de papa Phureja, producida por dos modalidades de aplicación de fertilizante (A)*



#### 4.6 Análisis de varianza (ANOVA) para el número de tallos

**Tabla 12**

*Análisis de varianza (ANOVA) para el número de tallos de papa Phureja, combinando cuatro dosis de fertilizante y dos modalidades de aplicación (datos transformados con  $Y = \sqrt{X}$ , X: dato)*

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F Calculado	p-valor
Bloque	0.16	2	0.078	4.19 *	0.0374
Fertilizante(F)	0.01	3	0.003	0.15 NS	0.9273
Aplicación (A)	0.07	1	0.071	3.85 NS	0.0699
F * A	0.03	3	0.010	0.56 NS	0.6524
Error	0.26	14	0.019		
Total	0.53	23			

Nota. \* = significativo, NS = no significativo.

**CV=7.17**



En el análisis de varianza para número de tallos (tabla 12), no se encontró significación estadística para la interacción de los factores (F\*A), dado que el valor de significación (p-valor = 0.6524) es mayor al 0.05 (5%), este resultado indica que el número de tallos por planta no está afectado por la interacción de los factores. Para el fertilizante (F) y la aplicación (A) no se encontró significación estadística, dado que, el valor de significación (p-valor) para ambos factores es mayor al 0.05 (5%), lo cual indica que, el número de tallos obtenidos con los diferentes dosis de fertilizante y momento de aplicación, son estadísticamente iguales.

El coeficiente de variación (CV = 7.17 %), indica la variabilidad de los resultados obtenidos en cada tratamiento (combinación de factores), es decir, que se encontraron diferente número de tallos bajo el efecto de un tratamiento en sus tres repeticiones.

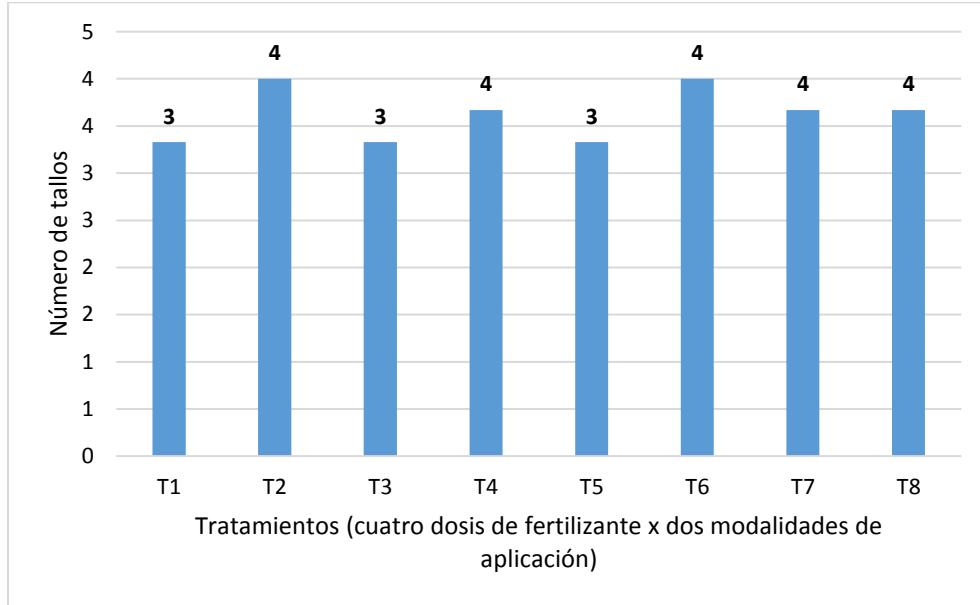
En la Figura 13, se muestra el número de tallos por planta obtenidos con cada tratamiento. El mayor resultado fue de 4 tallos por planta, se obtuvo con los tratamientos T2, T4, T6, T7 y T8, con el resto de tratamiento T1, T3 y T5 se encontró 3 tallos por planta. Según el análisis de varianza, entre estos resultados no existen diferencias significativas.

Los datos obtenidos en la presente investigación se asemejan a los que Castillo (2019) hace mención que en su trabajo realizado en papa Amarilla redonda del grupo Phureja encontró resultados promedios que varió de 2.8 a 3.9 tallos por planta.

Villanueva (2016) en su investigación reportó que el cultivar Amarilla redonda y Llanqueja se encuentra en promedio 4 tallos. Seminario et al. (2017), reporta con el cultivar Amarilla un promedio tres tallos por planta. Tapia (2017) indica que, en los cultivares Amarilla redonda y Llanqueja se encontró un promedio de tres tallos por planta. Los resultados encontrados en esta investigación son similares, se obtuvo un mínimo de 3 y un máximo de 4 tallos por planta.

**Figura 13**

Número de tallos de papa Phureja, combinando cuatro dosis de fertilizante y dos modalidades de aplicación



#### 4.7 Análisis de varianza (ANOVA) para porcentaje de materia seca de tubérculos

**Tabla 13**

Análisis de varianza (ANOVA) para materia seca de tubérculos de papa Phureja, combinando cuatro dosis de fertilizante y dos modalidades de aplicación

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F Calculado	p-valor
Bloque	1.25	2	0.63	0.13 NS	0.8775
Fertilizante(F)	8.35	3	2.78	0.59 NS	0.6334
Aplicación (A)	0.22	1	0.22	0.05 NS	0.8324
F * A	20.29	3	6.76	1.43 NS	0.2769
Error	66.38	14	4.74		
Total	96.49	23			

Nota. NS = no significativo.

**CV = 10.13 %**

En el análisis de varianza para el porcentaje de materia seca de tubérculos (tabla 13), no se encontró significación estadística para la interacción de los factores (F\*A), dado que el valor de significación (p-valor = 0.2917) es mayor al 0.05 (5%), este resultado indica que el porcentaje de materia seca de tallos no está afectado por la interacción de los factores. Para el fertilizante (F) y la aplicación (A) no se encontró significación estadística, dado que, el valor de significación (p-valor) para ambos factores es mayor al 0.05 (5%), lo cual indica que el fertilizante y momento de aplicación no afecta al número total tubérculos.

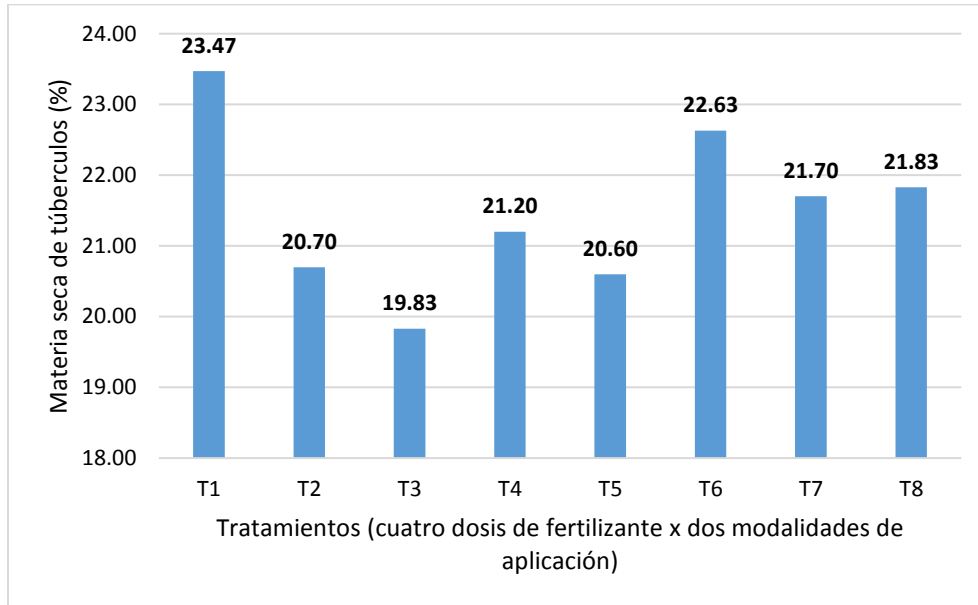
El coeficiente de variación (CV = 5.10 %), indica la variabilidad de los resultados obtenidos en cada tratamiento (combinación de factores), es decir, que se encontraron diferente porcentaje de materia seca en sus tres repeticiones de un tratamiento.

En la (Figura 14), se observa que el porcentaje de materia seca de tubérculos se encuentra entre los valores 19.83 % (T3: 160-100-100 de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y K<sub>2</sub>O con aplicación a la siembra) y 23.47% (T1: testigo), siendo el tratamiento T1 con mayor resultado y el T3 con menor porcentaje.

Seminario et al. (2017) en su estudio realizado reportaron que en los 17 cultivares de papa los resultados de materia seca de tubérculos variaron de 18% a 25 % con un promedio de 22%. Tapia (2017) en su trabajo de investigación reporta valores de materia seca de tubérculos que oscila entre 19% (cultivar montañera 1) y 28% (cultivar montañera 3) con un promedio de 24%. Dichos resultados se asemejan a los valores de materia seca obtenidos en la presente investigación.

**Figura 14**

*Materia seca de tubérculos de papa Phureja (%), combinando cuatro dosis de fertilizante y dos modalidades de aplicación*



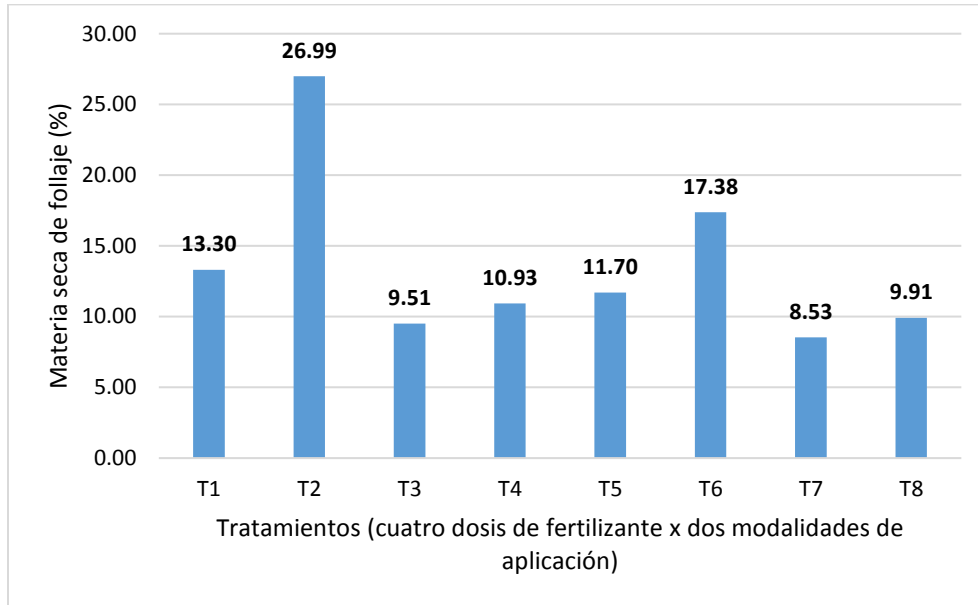
#### **4.8 Porcentaje de materia seca de follaje**

En la (Figura 15), se observa que el porcentaje de materia seca para follaje se encuentra entre los valores 8.53 % (T7: 120-60-60 de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y K<sub>2</sub>O con aplicación a la siembra) y 26.99 % (T2: testigo), siendo el tratamiento T2 con mayor resultado en porcentaje y el tratamiento T7 con menor porcentaje.

Los resultados antes mencionados se aproximan a los encontrados por Seminario et al. (2017) en estudios realizados sobre rendimiento de cosecha de diecisiete cultivares de papa (*Solanum tuberosum* L.) del grupo Phureja, los cuales obtuvieron datos de materia seca de follaje que varió de 10% a 29%.

**Figura 15**

*Materia seca de follaje de papa Phureja (%), combinando cuatro dosis de fertilizante y dos modalidades de aplicación*



#### **4.9 Gravedad específica (GE)**

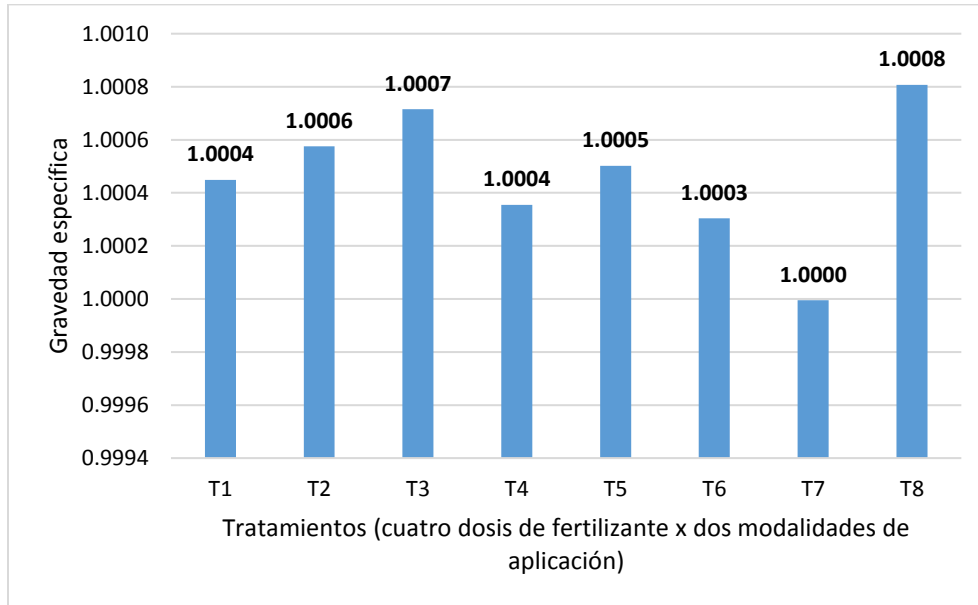
En la Figura 16, se observa que los promedios de gravedad específica obtenidos con cada tratamiento varían de 10000 a 10008, los cuales se obtuvieron con los tratamientos T1 (testigo) y T6 (80-40-40 de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y K<sub>2</sub>O con aplicación al deshierbo), respectivamente.

Los valores encontrados en la presente investigación se asemejan a los de Castillo (2019) obtuvo resultados de gravedad específica que variaron de 0.997 a 1.001 en el cultivar de papa Amarilla redonda. Por su parte Rodríguez (2021) reportó promedio de gravedad específica equivalente a 1.001.

Los resultados encontrados en este trabajo de investigación difieren a los de Seminario et al. (2017) encontraron que la gravedad específica varió de 1.01 a 1.06 en estudios realizados sobre rendimientos de cosecha de 17 cultivares de papa (*Solanum tuberosum* L.) del grupo Phureja.

**Figura 16**

*Gravedad específica de papa Phureja (%), combinando cuatro dosis de fertilizante y dos modalidades de aplicación*



#### **4.10 Índice de cosecha**

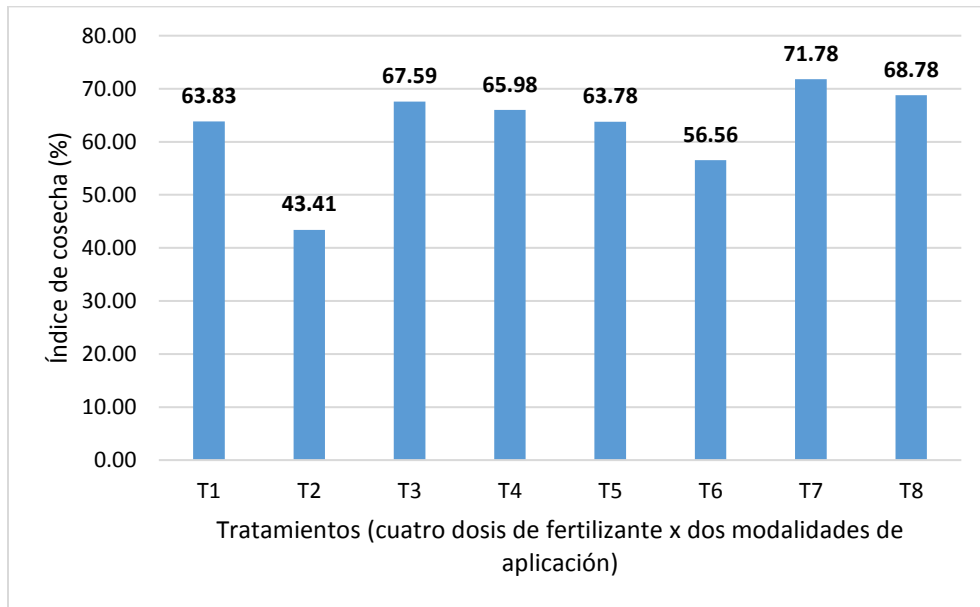
En la (Figura 17), se observa que el índice de cosecha (%) de los ocho tratamientos se encuentra entre los valores 43.41 % (T2: testigo) y 71.78 % (T7: 120-60-60 de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y K<sub>2</sub>O con aplicación a la siembra) siendo el tratamiento T7 con mayor resultado y el T2 con menor porcentaje, el promedio fue de 62.71 % y la desviación estándar de 9.00 %.

Los resultados obtenidos en la presente investigación se asemejan a los de seminario et al. (2017) quienes reportaron índices de cosecha de 53 % (Limeña huachuma) y 77 % (Montañera 2) con un promedio de 64.5 % en papa phureja.

Castillo (2019) hace mención que encontró índices de cosecha que variaron de 45.9 % (mínimo valor) a 63.9 % (máximo valor) en la variedad de papa Amarilla redonda del grupo Phureja.

**Figura 17**

*Índice de cosecha de papa Phureja (%), combinando cuatro dosis de fertilizante y dos modalidades de aplicación*



## CAPÍTULO V

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1 Conclusiones

No se encontró significación estadística para la interacción de los factores (dosis de fertilizante por modalidad de aplicación) en rendimiento total y rendimiento comercial de tubérculos de papa Amarilla redonda (grupo Phureja).

El peso total de tubérculos varió de 383.57 g ( $10.65 \text{ t ha}^{-1}$ ) a 579.47 g ( $16.10 \text{ t ha}^{-1}$ ); sin embargo, los mejores tratamientos fueron T7 (120-60-60 de N,  $\text{P}_2\text{O}_5$  y  $\text{K}_2\text{O}$  con aplicación a la siembra,  $16.01 \text{ t ha}^{-1}$ ) y T5 (80-40-40 de N,  $\text{P}_2\text{O}_5$  y  $\text{K}_2\text{O}$  con aplicación a la siembra,  $16.10 \text{ t ha}^{-1}$ ) y los mejores tratamientos en peso de tubérculos comerciales fueron los mismos del peso total de tubérculos, con rendimientos de  $15.56$  y  $15.72 \text{ t ha}^{-1}$ , respectivamente.

Bajo las condiciones en las cuales se realizó el experimento se encontró significación estadística para el efecto de la interacción de los factores (dosis de fertilizante por modalidad de aplicación) sobre la variable altura de planta, en donde los tratamientos T5 (83.33 cm), T3 (88.67 cm) y T7 (90:0 cm) fueron superiores al resto de tratamientos y para el efecto individual del fertilizante (F) y aplicación (A) en la altura de planta se encontró alta significación estadística.

#### 5.2 Recomendaciones

Se debe continuar con las investigaciones con diferentes dosis de fertilización, modalidad de aplicación y fuentes químicas y orgánicas, en lo posible en suelos pobres en nutrientes, para comprender mejor el efecto de los fertilizantes y conocer los niveles óptimos, con el mismo cultivar, porque es uno de los más comerciales en la región.



## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alvarado, J. A. y Ramírez, M. A. (2016). *Respuesta de la papa criolla (Solanum phureja) a diferentes aplicaciones de fertilización orgánico mineral en Bogotá, Cundinamarca* [Tesis de pregrado, Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales]. Archivo digital. <https://repository.udca.edu.co/handle/11158/936>
- Becerra, L., Navia, S. y Ñustez, C. (2007). Efectos de niveles de fósforo y potasio sobre el rendimiento del cultivar "Gauneña", en el departamento de Nariño. *Agronomía colombiana*, 14(1), 51- 60.
- Benavides, E. (2019). *Rendimiento de la papa (Solanum tuberosum, grupo Phureja), cultivar Amarilla redonda, con tres dosis de humus y tres niveles de bioestimulante foliar* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Cajamarca]. Archivo digital. <https://repositorio.unc.edu.pe/handle/20.500.14074/2977>
- Bonilla, M. H., Cardozo, F. y Morales, A. (2009). *Agenda prospectiva de investigación y desarrollo tecnológico para la cadena productiva de la papa en Colombia, con énfasis en papa criolla*. Giro Editores Ltda. <https://repository.agrosavia.co/handle/20.500.12324/12813>
- Campos, C. R. (2014). *Efecto de la fertilización en el rendimiento y características biométricas del cultivo de papa variedad huayro en la comunidad de aramacha y Valle del Mantaro* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria la Molina]. Archivo digital. <https://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/20.500.12996/1390>
- Castillo, A. (2019). *Rendimiento de la papa (solanum tuberosum, grupo phureja), cultivar Amarilla redonda, con tres dosis de humus y tres niveles de bioestimulante foliar* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Cajamarca]. Archivo digital. <https://repositorio.unc.edu.pe/handle/20.500.14074/2977>
- Cortez, M. R. y Hurtado, G. 2002. *Guía Técnica: Cultivo de la papa*. <http://istphuancane.pe.tripod.com/docs/agrop/papa.pdf>

- Cotes, J., Ñustez, C. y Pachon, J. (1999). Establecimiento de una metodología para la producción de semilla prebásica de papa criolla variedad “yema de huevo” (*Solanum phureja* Juz et Buk) a partir de minitubérculos. *Agronomía colombiana*, 16(1-3), 5-12.
- Cueva, W. A. (1992). *Comparativo de cultivares y Clones Avanzados de Papa (Solanum Tuberosum L.) para evaluar características Agronómicas de Rendimiento* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional de Cajamarca, Cajamarca, Perú.
- Del Valle, A. (1933). *Papa criolla variedad yema de huevo* (N° 7). Federación de Productores de Papa. Fedepapa.
- Díaz, E. M., Martínez, E. y Menez, L. Y. (2008). *Guías para prácticas de laboratorio de poscosecha en vegetales* (1.<sup>a</sup> ed.). Pedagógica y Tecnológica de Colombia. <https://catalogosiidca.csuca.org/Record/UCR.000112547>
- Durán, L. y Peña, F. (1997). *Respuesta de la papa criolla (Solanum phureja Juz et Buk) a la aplicación de fuentes y dosis de potasio en suelos derivados de cenizas volcánicas* [Tesis de pregrado, Corporación Universitaria de Ciencias Aplicadas y Ambientales de Bogotá]. Archivo digital. <https://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=CO20030008234>
- Federación Colombiana de Productores de Papa. (1994). *Proyecto para la producción, utilización y comercialización de papa criolla Solanum phureja: Informe de actividades realizadas a diciembre de 1994*.
- García, B. y Pantoja, C. (1998). Fertilización del cultivo de la papa en el departamento de Nariño. En R. Guerrero (ed.). *Fertilización de cultivos de clima frío* (2.<sup>a</sup> ed.). Monómeros Colombo-Venezolanos.
- Giletto, C. M., Echevarria, H. E. y Sadras V. (2003). Fertilización nitrogenada de cultivares de papa (*Solanum tuberosum*) en el Sudeste Bonaerense. *Ciencia del Suelo*, 21(2), 44-51.

- Gómez, T., López, J., Pineda, R., Galindo, L., Arango, R. y Morales, J. (2012). Caracterización citogénica de cinco genotipos de papa criolla *Solanum phureja* (Juz. et Buk). *Fac. nal. agr. Medellín*, 65(1), 6379-6387.
- Guerrero, R. (Ed.). (1998). *Fertilización de cultivos de clima frío* (2.ª ed.). Monómeros Colombiano-Venezolanos. <https://docplayer.es/4080934-Fertilizacion-de-cultivos-en-clima-frio-editor-ricardo-guerrero-riascos.html>
- Inostroza, J. (2009). *Manual de papa para la Araucanía: Manejo y plantación*. <http://biblioteca.inia.cl/medios/biblioteca/boletines/NR36470.pdf>.
- Instituto de Investigaciones Agropecuarias Chile [INIA]. (2016, 23 de noviembre). *Fertilización del Cultivo de la Papa: Dosis y rangos óptimos de nutrientes*. <https://www.portalfruticola.com/noticias/2016/11/23/fertilizacion-del-cultivo-de-la-papa-dosis-y-rangos-optimos-de-nutrientes/>
- Instituto Para la Innovación Tecnológica en Agricultura. (2017). *Requerimientos de Clima y Suelo para el Cultivo de la Papa* [Folleto]. <https://www.intagri.com/articulos/hortalizas/requerimientos-de-clima-y-suelo-para-el-cultivo-de-la-papa#>
- Lora, R. (2005). *Efecto residual de la fertilización en la papa*. En: *Memorias I Taller Nacional sobre suelos, fisiología y nutrición vegetal en el cultivo de la papa* [Folleto]. [https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/17453/41898\\_44481.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/17453/41898_44481.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Luna, R., Espinosa, K., Trávez, R., Ulloa, C., Espinoza, A. y Bejarano, A. (2016). Respuesta de variedades de papa (*Solanum tuberosum*, L) a la aplicación de abonos orgánicos y fertilización química. *Ciencia y Tecnología*, 9(1), 11-16.
- Marouani, A. y Harbeoui, Y. (2016). Eficiencia de uso de nitrógeno en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.). *Acta Agronómica*, 65 (2), 164-169.

- Martínez, F. A. (2009). *Caracterización morfológica e inventario de conocimientos colectivos de variedades de papas nativas (Solanum tuberosum L.) en la provincia de Chimborazo* [Tesis de pregrado, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo]. Archivo digital. <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/337>
- Martínez, F. P. (2015). *Eficiencia de la fertilización nitrogenada en el cultivo de papa cv Yungay en el anexo de Cruzpampa. Distrito de Sincos, Jauja* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional del Centro del Perú]. Archivo digital. <https://repositorio.uncp.edu.pe/handle/20.500.12894/975>
- Medina, S. W. (2009). *Colección, caracterización y evaluación preliminar de las papas nativas del distrito de Chota* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional de Cajamarca, Cajamarca, Perú.
- Ministerio de agricultura y riego [MINAGRI]. (2015). *VI festival de papa nativa en el Perú: La papa de los andes para el mundo*. <https://www.midagri.gob.pe/portal/noticias-antiores/notas-2015/12762-minagri-inaugura-manana-el-vi-festival-de-la-papa-nativa-en-parque-de-la-exposicion>
- Muñoz, F. y Cruz, L. (1984). *Manual del cultivo de papa*. <https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/807/4/iniapscm5.pdf>
- Muñoz, L. A. y Lucero, A. M. (2008). Efecto de la fertilización orgánica en el cultivo de papa criolla *Solanum phureja*. *Agronomía Colombiana*, 26(2), 340-346.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la agricultura. (2014). *Anuario Estadístico 2014 de la Alimentación y Agricultura en América Latina y el Caribe*. <https://www.fao.org/3/i3592s/i3592s.pdf>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2002). *Los fertilizantes y su uso* [manual] (4.ª ed.). <https://www.fao.org/3/x4781s/x4781s.pdf>.
- Paca, J. H. (2009). *Respuesta del cultivo de papa (Solanum tuberosum L.) variedad chaucha a la aplicación de cuatro tipos de abonos en tres dosis* [Tesis de pregrado, Escuela Superior

Politécnica de Chimborazo]. Archivo digital.

<http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/343>

Pérez, L. C., Rodríguez, L. E. y Gómez M. I. (2008). Efecto del fraccionamiento de la fertilización con N, P, K y Mg y la aplicación de los micronutrientes B, Mn y Zn en el rendimiento y calidad de papa criolla (*Solanum phureja*) variedad Criolla Colombia. *Agronomía Colombiana*, 26(3), 477-486.

Piñeros, C. J. (2009). *Recopilación de la investigación del sistema productivo papa criolla* [Folleto]. <https://docplayer.es/4184168-Recopilacion-de-la-investigacion-del-sistema-productivo-papa-criolla.html>

Ríos, J. Y., Jaramillo, S. C., González, L. H. y Cotes, J. M. (2010). Determinación del efecto de diferentes niveles de fertilización en papa (*Solanum tuberosum* ssp. Andigena) DIACOL Capiro en un suelo con propiedades andicas de Santa Rosa de Osos, Colombia. *Revista Facultad Nacional de Agronomía – Medellín*, 63(1), 5225-5237.

Rodríguez, L., Ñustez, C. y Estrada, N. (2009). Criolla latina, criolla paisa, y criolla Colombia, nuevos cultivares de papa criolla para el departamento de Antioquia (Colombia). *Agronomía colombiana*, 27(3), 289-303.

Rodríguez, Y. (2021). *Efecto de seis densidades de siembra en el rendimiento de un compuesto clonal de papa (solanum tuberosum L.) del grupo phureja* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Cajamarca]. Archivo digital. <https://repositorio.unc.edu.pe/handle/20.500.14074/4116>

Rojas, L. P. (2013). *"Prueba de rendimiento de diez cultivares promisorios de papa chaucha (Solonom tuberoaum L. grupo Phureja)"* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Cajamarca]. Archivo digital. <https://repositorio.unc.edu.pe/handle/20.500.14074/388>

Rojas, L. P. y Seminario, J. F. (2014). Productividad de diez cultivares promisorios de papa chaucha (*Solanum tuberosum*, grupo phureja) de la región Cajamarca. *Scientia agropecuaria*, 5, 165-175.

- Rojas, S. (2008). *Recolección y caracterización de las papas chauchas (Solanum phureja, Juz y Buk) de la provincia de Hualgayoc* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional de Cajamarca, Cajamarca, Perú.
- Rozo, Y. C. y Ñustez, C. E. (2011). Efecto de niveles de fósforo y potasio sobre el rendimiento de la variedad Criolla Colombia en el departamento de Cundinamarca. *Agronomía Colombia*, 29(2), 205-212.
- Salón, A. (2018). *Efecto del número de tallos principales y tres dosis de fertilización en el rendimiento de papa solanum tuberosum l. variedad huamantanga en el distrito de la Jalca Grande* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza]. Archivo digital. <https://repositorio.untrm.edu.pe/handle/20.500.14077/1554?locale-attribute=en>
- Sánchez, M. (2008). *Cultivo de papa en Ancash* [Folleto]. [https://agroancash.gob.pe/agro/wp-content/uploads/2016/07/la\\_papa.pdf](https://agroancash.gob.pe/agro/wp-content/uploads/2016/07/la_papa.pdf)
- Seminario, A., Huerta, P., Vásquez, V., Seminario, J., Honorio, M. y Huerta, A. (2021). Productividad de quince cultivares tradicionales de papa Phureja en ocho ambientes distintos. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 12(6), 949-960.
- Seminario, J. (2008). Origen y taxonomía de la papa: controversias no resueltas. *Fiat Lux*, 4(1), 89-108.
- Seminario, J. F., Seminario, A. y Domínguez, A. (2016). Potencial productivo de 12 cultivares de papa chaucha (*Solanum tuberosum* L. grupo Phureja) de la región Cajamarca. *Fiat Lux* 12(2), 115-127.
- Seminario, J. F., Seminario, A., Domínguez, A. y Escalante, B. (2017). Rendimiento de diecisiete cultivares de papa (*Solanum tuberosum* L. del grupo Phureja). *Scientia Agropecuaria*, 8(3), 181-191.

- Seminario, J. F., Villanueva, R. y Valdez, M. H. (2018). Rendimiento de cultivares de papa (*Solanum tuberosum* L.) amarillos precoces del grupo Phureja. *Agronomía Mesoamérica*, 29(3), 639-653.
- Seminario, J. y Zarpan, L. (2011). Conservación in situ on farm-ex situ de *Solanum tuberosum* L. grupo phureja en la cuenca del Ilaucano y áreas adyacentes. *Arnaldoa*, 18(2), 103-114.
- Seminario, J. y Medina, W. (2009). Diversidad de papas nativas en agro ecosistemas tradicionales: caso del distrito de Chota, Cajamarca, Perú. *Fiat Lux*, 5(1), 5-24.
- Sierra, C., Rojas, J. C. y Kalazich, J. (2002). *Manual de fertilización del cultivo de papa en la zona sur Chile*. <http://biblioteca.inia.cl/medios/biblioteca/boletines/NR28007.pdf>
- Tapia, H. (2017). *Fenología y caracterización morfológica de 43 entradas de papa chaucha (solanum tuberosum, grupo phureja) de la región Cajamarca* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Cajamarca]. Archivo digital. <https://repositorio.unc.edu.pe/handle/20.500.14074/1673>
- Universidad Nacional Agraria la Molina. (2011). Guía técnica: Manejo *Integrado de la papa: Jornada de capacitación*. [https://www.agrobanco.com.pe/pdfs/CapacitacionesProductores/Papa/MANEJO\\_INTEGRADO\\_DE\\_PAPA.pdf](https://www.agrobanco.com.pe/pdfs/CapacitacionesProductores/Papa/MANEJO_INTEGRADO_DE_PAPA.pdf).
- Valverde, L. D. y Rivera, L.G. (2017). Efecto de tres densidades de siembra y diferentes dosis de fertilización química en el rendimiento de papa variedad Luyanita INIA-322 propagadas mediante brotes. *Rev. De investig. Agroproducción sustentable*, 1(3), 7-13.
- Villanueva, R. (2016). *Rendimiento y componentes de 15 cultivares redondos de papa chaucha (solanum tuberosum L.; grupo phureja) de la región Cajamarca* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional de Cajamarca. Cajamarca, Perú.

## ANEXOS

**Figura 18**

*Preparación de terreno con tractor para la siembra del cultivo*



**Figura 19**

*Surcado de parcela de investigación para la siembra de papa amarilla redonda*





**Figura 20**

*Siembra de la papa Amarilla redonda del grupo Phureja con distanciamientos de 0.90 m entre surco por 0.40 m entre planta*



**Figura 21**

*Deshierbo del cultivo de papa Amarilla redonda del grupo Phureja*



**Figura 22**

*Riego del cultivo de papa Amarilla redonda del grupo Phureja*



**Figura 23**

*Aporque del cultivo de papa Amarilla redonda del grupo Phureja*



**Figura 24**

*Medida de altura de planta del cultivo de papa Amarilla redonda*



**Figura 25**

*Cosecha de papa Amarilla redonda*



**Figura 26**

*Peso de tubérculos para determinar gravedad específica de tubérculos de papa Amarilla redonda*



**Figura 27**

*Muestras de tubérculos de papa Amarilla redonda puestas en la estufa para obtener la materia seca*



**Figura 28**

*Resultado del análisis físicoquímico del suelo utilizado en la investigación*



**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA**  
**DEPARTAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS DRH**  
**LABORATORIO DE AGUA, SUELO, MEDIO AMBIENTE, FERTIRRIEGO**  
 Av. La Molina s/n teléf.: 614 7800 Anexo 226 / 349 3969 E-mail: las-fla@lamolina.edu.pe



**ANÁLISIS DE SUELO - RUTINA**

**SOLICITANTE** : HUAMAN ALVA EDUIN MILDER  
**PROYECTO** : EFECTO DE CUATRO NIVELES DE FERTILIZANTE Y DOS MODALIDADES DE APLICACIÓN EN EL CULTIVAR DE PAPA "AMARILLA REDONDA"(GRUPO PHUREJA)  
**UBICACIÓN** : Cajamarca - Servicio Silvoagropecuario UNC  
**RESP. ANÁLISIS** : Ing. Elizabeth Monterrey Porras  
**FECHA DE ANÁLISIS** : La Molina, 25 de agosto de 2021

Número de muestra		CE	pH	M.O.	P	K	CaCO <sub>3</sub>	Al <sup>3+</sup> +H <sup>+</sup>
Lab.	Campo	dS / m Relación 1:1	Relación 1:1	%	ppm	ppm	%	
17267	Tierra-001	0.52	7.46	3.14	22.57	380.00	0.07	-



Eusebio Ingol Blanco, PhD.  
 JEFE DE LABORATORIO



Figura 29

Análisis de suelo y recomendación de nutrientes



"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

**LABORATORIO DE SERVICIO DE SUELOS**

NOMBRE : **EDUIN HUAMAN ALVA**

PROCEDENCIA: Cajamarca - UNC - Silvo Agropecuario Fecha: **15/09/2017**

RESULTADOS DEL ANÁLISIS

Nombre Parcela	Código Laboratorio	P Ppm	K Ppm	pH	M.O %	Al meq/100g	Arena %	Limo %	Arcilla %	Clase Textural
Silvo Agropecuario	SU0794-EEBI-17	35.30	310.0	6.6	2.44	--	55	9	36	Ar A

**INTERPRETACIÓN**

Fósforo (P) : MUY ALTO  
 Potasio (K) : MEDIO  
 pH (reacción) : **LIGERAMENTE ACIDO**  
 Materia orgánica (M.O) : MEDIO  
 Clase textural : ARCILLO ARENOSO

**RECOMENDACIONES DE NUTRIENTES**

**Cultivo a Sembrar: PAPA**

NUTRIENTES	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CAL	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CAL	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CAL
	Kg/ha	Kg/ha	Kg/ha	Ton /ha	Kg/ha	Kg/ha	Kg/ha	Ton /ha	Kg/ha	Kg/ha	Kg/ha	Ton /ha
Cantidad	160	100	100									

Recomendaciones y Observaciones Especiales:



INSTITUTO NACIONAL DE INNOVACIÓN AGRARIA  
 Estación Experimental Baños del Inca  
 Ing. *Edo A. Velásquez Camacho*  
 JEFE LABORATORIO DE SUELOS

Jirón Wiracocha S/N - Baños del Inca  
 T: 076-348386  
 www.inia.gob.pe  
 www.minagri.gob.pe

