

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



Respuesta a la aplicación de tres dosis de fertilizante foliar (folirey 20-20-20) y dos Frecuencias de aplicación, en el rendimiento y calidad del cultivo de papa (*Solanum tuberosum*) var. Amarilis, Caserío el Calvario-Bellandina, provincia Chota, departamento de Cajamarca.

# **TESIS**

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

**INGENIERO AGRÓNOMO**

PRESENTADA POR LA BACHILLER:

**Delia Dalila Floríndez Aguirre**

ASESOR:

Ing. M. Sc. Attilio Isrrael Cadenillas Martínez

**CAJAMARCA - PERÚ**

**- 2018 -**



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

Fundada por Ley 14015 del 13 de febrero de 1962

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE AGRONOMÍA




### ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

En Cajamarca, a los **veinticuatro** días del mes de **abril** del año dos mil **dieciocho**, se reunieron en el ambiente 2A - 205 de la Facultad de Ciencias Agrarias, los integrantes del Jurado designado por el Consejo de Facultad de Ciencias Agrarias, según Resolución de Consejo de Facultad N° 439-2018-FCA-UNC, de Fecha 04 de diciembre del 2017; con el objeto de evaluar la sustentación del trabajo de Tesis titulado: **“Respuesta a la aplicación de tres dosis de fertilizante foliar (folirey 20-20-20) y dos frecuencias de aplicación, en el rendimiento y calidad del cultivo de papa (*Solanum tuberosum*) Var. Amarilis, caserío el Calvario-Bellandina, provincia Chota, departamento de Cajamarca”**, la misma que fue sustentada por la Bachiller en Agronomía: **Delia Dalila Florindez Aguirre**, para optar el Título profesional de **INGENIERO AGRÓNOMO**.

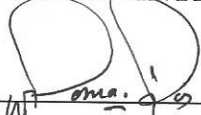
A las **diez** horas y **cuarenta** minutos y de acuerdo a lo estipulado en el Reglamento respectivo, el Presidente del Jurado dio por iniciado el acto. Después de la exposición del trabajo de Tesis, formulación de preguntas y la correspondiente deliberación del Jurado, el Presidente anunció la **aprobación por unanimidad** con el calificativo de **dieciséis (16)**; por lo tanto, la graduada queda expedita para que se le otorgue el **Título Profesional** correspondiente.

A las **once** horas y **cincuenta** minutos, el Presidente del Jurado dio por concluido el acto.

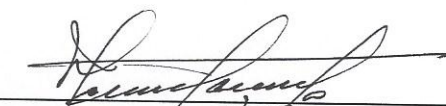
Cajamarca, 24 de abril del 2018.

  
Dr. Segundo Berardo Escalante Zumaeta

**PRESIDENTE**

  
Ing. M.Sc. Wilfredo Poma Rojas

**VOCAL**

  
Ing. Urias Mostacero Plasencia

**SECRETARIO**

  
Ing. M.Sc. Attilio Israel Cadenillas Martínez

**ASESOR**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**

**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL AGRONOMÍA**



Respuesta a la aplicación de tres dosis de fertilizante foliar (Folirey 20-20-20) y dos frecuencias de aplicación, en el rendimiento y calidad del cultivo de papa (*Solanum tuberosum*) var. Amarilis, Caserío el Calvario-Bellandina, provincia Chota, departamento de Cajamarca.

## **TESIS**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL:**

**INGENIERO AGRÓNOMO**

PRESENTADA POR LA BACHILLER:

**Delia Dalila Floríndez Aguirre**

Asesor:

Ing. M. Sc. Attilio Israel Cadenillas Martínez

**CAJAMARCA – PERÚ**

**2018**

## **DEDICATORIA**

*A ti mi amor, por tu ayuda, cariño y estar siempre conmigo y ser mi mejor amigo.*

*A mis padres por todo lo que hicieron por mí, y a la confianza brindada.*

*A mi nueva familia, los admiro y los agradezco por todos sus apoyos que me brindaron, sin ellos no hubiera sido posible este trabajo.*

*A mis hermanitos por apóyame, para llegar a esta meta.*

*A Dios, Por haberme permitido llegar hasta este punto y haberme dado salud para lograr mis objetivos, además de su infinita bondad y amor.*

*Delia Dalila Floríndez Aguirre*

## **AGRADECIMIENTO**

*Son muchas las personas especiales a las que me gustaría agradecer su amistad, apoyo, ánimo y compañía en las diferentes etapas de mi vida. Algunas están aquí conmigo y otras en mis recuerdos y en mi corazón, a ti abuelita.*

*La ayuda que me has brindado ha sido sumamente importante, estuviste a mi lado inclusive en los momentos y situaciones difíciles, siempre ayudándome. Siempre fuiste muy motivador y esperanzador, me decías que lo lograría. Me ayudaste hasta donde te fue posible, incluso más que eso. Muchas gracias amor.*

*Al ing. Attilio Israel Cadenillas Martínez, asesor de la tesis, por su valiosa guía y asesoramiento a la realización de esta.*

*Gracias a todas las personas que ayudaron directa e indirectamente la realización de este proyecto.*

*Delia Dalila Floríndez Aguirre*

## RESUMEN

El presente proyecto se realizó en caserío el Calvario-Bellandina, provincia de Chota, departamento de Cajamarca, a 3 650 metros de altitud, con el objetivo de **evaluar la respuesta de tres dosis de fertilizante foliar (Folirey 20-20-20) y dos aplicaciones, en el rendimiento y calidad del cultivo de papa (*Solanun tuberosum L.*) var. Amarilis**. Se utilizó un diseño completamente al azar con arreglo factorial  $3 \times 2 + 1$ , donde el primer factor es la Dosis de aplicación con valores de 50 ml/20 l, 100 ml/20 l, 125 ml/20 l y segundo factor es la frecuencia de aplicación (cada 15 y 30 días). Se realizaron mediciones en las variables: rendimiento total, rendimiento comercial, número total de tubérculos y número de tubérculos comerciales. Los resultados indicaron que a una dosis 100 ml/20 l de agua y con una frecuencia de aplicación cada 15 días se obtienen los mejores resultados en cuanto a, rendimiento total con un promedio de 2.51284 kg por planta , rendimiento comercial con un promedio de 2.31183 kg por planta y número de tubérculos comerciales con un promedio de 11.9531 tubérculos por plantas; en cuanto a la variable número de tubérculos totales se obtuvo los mejores resultados a una dosis de 125 ml/ 20 l de agua con un promedio de 18.1094 número de total de tubérculos por planta.

**Palabras clave:** Fertilizante foliar, dosis de aplicación, frecuencia de aplicación

## ABSTRACT

This study was conducted at the settlement Calvario-Bellandina province of Chota, department of Cajamarca, and an altitude of 3560 metres, **in order to determine the response of three doses of foliar fertilizer (Folirey 20-20-20) and two applications on the yield and quality of potato cultivation (Solanun tuberosum) var. amarilis.** It was used a completely random design with factorial arrangement of  $2 \times 3 + 1$ , where the first factor is the dose applied with values of 50 ml / 20 l, 100 ml / 20 l, 125 ml / 20 l and the second factor is the frequency of application (every 15 or 30 days). Measurements were performed to determine: total yield, business yield, total number of tubers and number of commercial tubers. The results indicated that at a dose of 100 ml / 20 l and a frequency of application of each 15 days, it was obtained the best results in respect of total yield, with a media of 2.51284 kg per plant; business yield with a media of 2.31183 kg per plant; and number of commercial tubers with a media of 11.9531 tubers per plant. In respect of total number of tubers, the best results were obtained with a dose of 125 ml/20 l of water, reaching a media of 18.1094 of total number of tubers per plant.

**Keywords:** foliar fertilizer application rates, frequency of application

# ÍNDICE

CONTENIDO	PÁGINA
RESUMEN.....	i
ABSTRACT.....	ii
INTRODUCCIÓN .....	1
CAPÍTULO II.....	4
REVISIÓN DE LITERATURA .....	4
2.1.    Aspectos generales del cultivo de papa.....	4
2.1.1.    Origen y distribución .....	4
2.1.2.    Taxonomía.....	4
2.1.3.    Descripción botánica .....	5
2.1.3.1.    Raíz.....	5
2.1.3.2.    Tallo .....	5
2.1.3.3.    Tubérculos .....	5
2.1.3.4.    Hojas .....	5
2.1.3.5.    Inflorescencias .....	6
2.1.3.6.    Fruto.....	6
2.1.3.7.    Rizomas.....	6
2.1.4.    Composición química del tubérculo.....	6
2.1.5.    Fases fenológicas.....	7
2.1.6.    Importancia del cultivo.....	7
2.1.7.    Requerimientos edafoclimáticos .....	8
2.1.8.    Aspectos agronómicos .....	9
2.1.9.    Consumo per cápita.....	13
2.1.10.    Exportaciones .....	13
2.1.11.    Importaciones.....	14
2.1.12.    Plagas y enfermedades .....	14
2.1.13.    Calidad del cultivo de papa .....	14
2.1.14.    Fertilización foliar .....	15
2.1.14.1.    Concepto .....	16
2.1.14.2.    Mecanismos de penetración en la planta .....	16
2.1.14.3.    Factores que influyen en la fertilización foliar .....	16
2.1.14.4.    Tiempo de asimilación de nutrientes en la fertilización foliar .....	19
2.1.14.5.    Frecuencia de Aplicación .....	19
2.1.14.6.    Ventajas de la fertilización foliar .....	20



2.1.14.7.	Limitaciones de la fertilización foliar .....	21
2.1.14.8.	La nutrición foliar y la defensa natural .....	22
2.1.15.	Abono foliar FOLIREY 20-20-20 ® .....	22
2.1.16.	Macro y micro elementos: Sus principales funciones dentro de la planta.....	24
<b>CAPÍTULO III</b>	.....	<b>27</b>
<b>MATERIALES Y MÉTODOS</b>	.....	<b>27</b>
<b>3.1.</b>	<b>Caracterización del lugar de estudio .....</b>	<b>27</b>
3.1.1.	Ubicación UTM de la localidad .....	27
3.1.2.	Condiciones climáticas .....	27
3.1.3.	Historial del campo .....	27
3.1.4.	Características físicas del suelo .....	27
3.1.5.	Características químicas de suelo .....	28
<b>3.2.</b>	<b>Materiales y equipo.....</b>	<b>28</b>
3.2.1.	Material experimental.....	28
3.2.2.	Insumos .....	28
3.2.3.	Maquinaria.....	28
3.2.4.	Equipo.....	28
3.2.5.	Herramientas .....	28
3.2.6.	Otros materiales .....	28
3.2.7.	Factores de estudio .....	29
3.2.8.	Tratamientos .....	29
3.2.9.	Diseño experimental .....	30
3.2.10.	Dimensiones del área del experimento .....	30
3.2.11.	Análisis estadístico.....	31
<b>CAPÍTULO IV</b>	.....	<b>37</b>
<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>	.....	<b>37</b>
4.1.	Rendimiento total.....	37
4.2	Rendimiento comercial .....	42
4.3.	Número total de tubérculos cosechados.....	48
4.4.	Número de tubérculos comerciales. ....	53
4.5.	Análisis económico.....	59
<b>CAPÍTULO V</b>	.....	<b>61</b>
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	.....	<b>61</b>
5.1.	Conclusiones.....	61
5.2.	Recomendaciones.....	62
<b>CAPÍTULO VI</b>	.....	<b>63</b>

<b>BIBLIOGRAFÍA CITADA</b> .....	63
<b>ANEXOS</b> .....	73

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tablas</b>	<b>Pág.</b>
<b>Tabla 1.</b> Composición química del fertilizante foliar Folirey 20-20-20® .....	23
<b>Tabla 2.</b> Resultado del análisis del suelo .....	28
<b>Tabla 3.</b> Factores .....	29
<b>Tabla 4.</b> Codificación de los tratamientos .....	29
<b>Tabla 5.</b> Análisis de varianza para la variable rendimiento total .....	37
<b>Tabla 6.</b> Prueba de significación de rango múltiple de Duncan al 5 % para tratamientos en la variable rendimiento total .....	38
<b>Tabla 7.</b> Prueba de significación de rango múltiple de Duncan al 5 % para dosis de aplicación en la variable rendimiento .....	39
<b>Tabla 8.</b> Prueba de significación de rango múltiple de Duncan al 5 % para frecuencias de aplicación en la variable rendimiento .....	40
<b>Tabla 9.</b> Prueba de significación de rango múltiple de Duncan al 5 % para interacción D*F en la variable rendimiento .....	41
<b>Tabla 10.</b> Análisis de varianza para la variable rendimiento comercial .....	42
<b>Tabla 11.</b> Prueba de significación de rango múltiple de Duncan al 5 % para tratamientos en la variable rendimiento comercial .....	43
<b>Tabla 12.</b> Prueba de significación de rango múltiple de Duncan al 5 % para dosis de aplicación en la variable rendimiento comercial .....	44
<b>Tabla 13.</b> Prueba de significación de rango múltiple de Duncan al 5 % para frecuencias de aplicación en la variable rendimiento comercial .....	45
<b>Tabla 14.</b> Prueba de significación de rango múltiple de Duncan al 5 % para interacción D*F en la variable rendimiento comercial .....	47
<b>Tabla 15.</b> Análisis de varianza para la variable número total de tubérculos cosechados .....	48
<b>Tabla 16.</b> Prueba de significación de rango múltiple de Duncan al 5 % para tratamientos en la variable número total de tubérculos .....	48
<b>Tabla 17.</b> Prueba de significación de rango múltiple de Duncan al 5 % para dosis de aplicación en la variable número total de tubérculos .....	49
<b>Tabla 18.</b> Prueba de significación de rango múltiple de Duncan al 5 % para frecuencias de aplicación en la variable número de tubérculos .....	51
<b>Tabla 19.</b> Prueba de significación de rango múltiple de Duncan al 5 % para interacción D*F en la variable número de tubérculos .....	52
<b>Tabla 20.</b> Análisis de varianza para la variable número de tubérculos comerciales .....	53
<b>Tabla 21.</b> Prueba de significación de rango múltiple de Duncan al 5 % para tratamientos en la variable número de tubérculos comerciales .....	54

<b>Tabla 22.</b> Prueba de significación de rango múltiple de Duncan al 5 % para dosis de aplicación en la variable número de tubérculos comerciales. ....	55
<b>Tabla 23.</b> Prueba de significación de rango múltiple de Duncan al 5 % para frecuencias de aplicación en la variable número de tubérculos comerciales. ....	56
<b>Tabla 24.</b> Prueba de significación de rango múltiple de Duncan al 5 % para interacción D*F en la variable número de tubérculos comerciales. ....	58
<b>Tabla 25.</b> Costo de producción del ensayo .....	59
<b>Tabla 26.</b> Ingreso total del ensayo .....	59
<b>Tabla 27.</b> Datos obtenidos en la evaluación de rendimiento total. ....	74
<b>Tabla 28.</b> Datos obtenidos en la evaluación de número total de tubérculos. ....	75
<b>Tabla 29.</b> Datos obtenidos en la evaluación de rendimiento comercial .....	76
<b>Tabla 30.</b> Datos obtenidos en la evaluación de número de tubérculos comerciales. ....	77
<b>Tabla 31.</b> Informe de gastos del experimento.....	78

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figuras	Pág.
Figura 1. Clasificación del tubérculo según la norma NTC 341 y la clasificación comercial.....	15
Figura 2. Distribución de los tratamientos en el campo experimental .....	30
Figura 3. Rendimiento total por planta.....	31
Figura 4. Peso de tubérculos comerciales .....	32
Figura 5. Número de total de tubérculos por planta.....	32
Figura 6. Conteo de tubérculos comerciales. ....	32
Figura 7. Preparación del terreno. ....	33
Figura 8. Siembra del tubérculo de papa .....	33
Figura 9. Cultivo de papa después del deshierbo (9a) y cultivo antes del deshierbo (9b). ....	34
Figura 10. Aplicación del abono a chorro continuo en el fondo del surco.....	34
Figura 11. cultivo de papa aporcada .....	35
Figura 12. Presencia de <i>Diabrotica spp.</i> (12a), gusano de tierra (12b) y rancha <i>Phytophthora infestan</i> (12c) .....	35
Figura 13. Aplicación de sellador (13a-13b), aplicación de los tiramientos (13c) y fumigación al cultivo de papa (13d). ....	36
Figura 14. Cosecha manual de tubérculos de papa .....	36
Figura 15. Comparación de medias de los tratamientos para el rendimiento total.....	38
Figura 16. Comparación de medias de factor dosis de aplicación para el rendimiento. ....	39
Figura 17. Tendencia cuadrática para dosis de aplicación en la variable rendimiento. ....	40
Figura 18. Comparación de medias de factor frecuencia de aplicación para el rendimiento. ....	40
Figura 19. Tendencia lineal para frecuencia de aplicación en la variable rendimiento. ....	41
Figura 20. Dispersión lineal entre la interacción de los factores dosis y frecuencia de aplicación en la variable rendimiento. ....	42
Figura 21. Comparación de medias de los tratamientos para la variable rendimiento comercial.....	43
Figura 22. Comparación de medias del factor dosis de aplicación para la variable rendimiento comercial. ....	44
Figura 23. Tendencia cuadrática para dosis de aplicación en la variable rendimiento comercial por planta. ....	45
Figura 24. Comparación de medias del factor frecuencia de aplicación para la variable rendimiento comercial.....	46
Figura 25. Tendencia lineal para frecuencia de aplicación en la variable rendimiento comercial. ....	46
Figura 26. Dispersión lineal entre la interacción de los factores dosis y frecuencia de aplicación (D*F) en la variable rendimiento comercial. ....	47

<b>Figura 27.</b> Comparación de medias del factor dosis de aplicación para la variable número total de tubérculos.....	50
<b>Figura 28.</b> Tendencia cuadrática para dosis de aplicación en la variable número de tubérculos.....	50
<b>Figura 29.</b> Comparación de medias del factor frecuencias de aplicación para la variable número total de tubérculos.....	51
<b>Figura 30.</b> Tendencia lineal para frecuencia de aplicación en la variable número de tubérculos.....	52
<b>Figura 31.</b> Dispersión lineal entre la interacción de los factores dosis y frecuencia de aplicación en la variable número de tubérculos. ....	53
<b>Figura 32.</b> Comparación de medias de los tratamientos para la variable número de tubérculos comerciales. ....	54
<b>Figura 33.</b> Comparación de medias de factor dosis de aplicación para la variable número de tubérculos comerciales. ....	55
<b>Figura 34.</b> Tendencia cuadrática para dosis de aplicación en la variable número de tubérculos comerciales. ....	56
<b>Figura 35.</b> Comparación de medias del factor frecuencia de aplicación para la variable número de tubérculos comerciales.....	57
<b>Figura 36.</b> Tendencia lineal para frecuencia de aplicación en la variable número de tubérculos comerciales. ....	57
<b>Figura 37.</b> Dispersión lineal entre la interacción de los factores dosis y frecuencia de aplicación en la variable número de tubérculos comerciales. ....	58
<b>Figura 38.</b> Costo e ingreso del experimento por tratamientos.....	60
<b>Figura 39.</b> Análisis de suelo.....	73
<b>Figura 40.</b> Emergencia del cultivo de papa amarilis .....	79
<b>Figura 41.</b> Pulverización manual del abono foliar.....	79
<b>Figura 42.</b> Presencia de rancha ( <b>Phytophthora infestans</b> ) en el cultivo de papa. ....	80
<b>Figura 43.</b> Cultivo de papa deshierbada .....	80
<b>Figura 44.</b> Cultivo de papa aporcada .....	81
<b>Figura 45.</b> Amarilis en floración .....	81
<b>Figura 46.</b> Preparacion de dosis de aplicación foliar .....	82
<b>Figura 47.</b> Evaluación del rendimiento y número de tubérculos.....	82

## INTRODUCCIÓN

La papa (*Solanum tuberosum L.*) es el tercer cultivo en importancia a nivel mundial después del arroz y el trigo (Ritter y Galarreta 2008). Es un tubérculo básico de la dieta de la población y fuente de ingresos económicos para las familias campesinas de la sierra (Pumisacho y Sherwood 2002). La producción global de papa es de aproximadamente 385 millones de toneladas en una superficie de 20 millones de hectáreas. Con respecto a rendimientos, si bien puede ser muy variable, se calcula un promedio de 20 t/ha. China es el mayor productor mundial con 96 millones de toneladas anual, en orden lo siguen Rusia, India, Polonia, Estados Unidos, Ucrania, Alemania y los Países Bajos (Ministerio de agroindustrias 2017).

El Perú produce más de 4.6 millones de toneladas métricas del mencionado tubérculo, seguido de Brasil (3.5 millones), Colombia (2.13 millones) y Argentina (2 millones). La papa en Perú se cultiva en 19 departamentos, cubriendo una superficie de 317 mil hectáreas. Genera 110 mil puestos de trabajo permanentes y 33 millones de jornales. Asimismo, la papa representa el 3 % del PBI agrícola, mayor que cualquier otro cultivo alimenticio nacional. A nivel mundial nuestro país ocupa el puesto 14 en producción de papa. El ranking es liderado por India, Rusia y Ucrania (MINAGRI 2017).

En la región Cajamarca, es el cultivo más importante y base de la alimentación; y aunque Cajamarca es una de las principales regiones productoras de papa en Perú (MINAGRI 2013); el rendimiento del mencionado cultivo es aún bajo, con 11,8 t/ha (MINAGRI 2016).

La variedad INIA 302 Amarilis, fue puesta en mercado en 1993, es una de las más cultivadas en la región y entre sus características figuran su precocidad y resistencia a enfermedades, es adecuada para papa frita. Si bien es un cultivar mejorado, poco se conoce sobre su comportamiento frente a condiciones ambientales específicas (Rojas y Seminario 2014; Villanueva 2017).

La fertilización foliar no es una práctica nueva, desde hace muchos años se ha estado utilizando rociaduras que contienen nutrientes secundarios y otros llamados micronutrientes o elementos menores, tales como hierro, magnesio, cobre, zinc, esta práctica ha incidido que el rendimiento del cultivo se incremente y mejore la calidad del producto, es complementario a la fertilización del suelo utilizado para corregir deficiencia de micronutrientes y para promover la recuperación de la planta afectada por condiciones bióticas y abióticas adversa (Valverde 1998). Con un buen programa foliar se podría poner a disposición de la planta, en los lugares de síntesis, una cantidad suficiente de nutrientes que le permita a la planta compensar su mal manejo, no de una manera espectacular, pero si se pudieran obtener incrementos que justifiquen plenamente su aplicación (Pozo 2008).

La fertilización foliar puede ser utilizada para superar problemas existentes en las raíces cuando éstas sufren una actividad limitada debido a temperaturas bajas de menos 10 °C y altas de más de 40 °C, falta de oxígeno en campos inundados, ataque de nemátodos que dañan el sistema radicular, y una reducción en la actividad de la raíz durante las etapas reproductivas en las cuales la mayor parte de los fotoasimilados es transferida para la producción, dejando pocos para la respiración de la raíz (Marschner 2012).

El presente trabajo tuvo como objetivo comparar, la respuesta a la aplicación de tres dosis de fertilizante foliar (Folirey 20-20-20 ®) y dos frecuencias de aplicación, en el rendimiento y calidad del cultivo de papa (*Solanum tuberosum L.*) var. Amarilis.

## 1.1. OBJETIVOS

### Objetivo general

- Evaluar la respuesta de tres dosis de fertilizante foliar (**FOLIREY 20-20-20**) y dos aplicaciones foliares, en el rendimiento y la calidad del cultivo de papa (*Solanun tuberosum L.*) var. Amarilis.

### Objetivo específico

- Determinar dosis y frecuencia adecuadas de aplicación de **FOLIREY 20-20-20** en el cultivo de papa.
- Determinar el efecto de la aplicación foliar de **FOLIREY 20-20-20** en el rendimiento y calidad del tubérculo de papa.
- Determinar la eficiencia económica de los tratamientos.



## **1.2. Hipótesis.**

La respuesta a la aplicación de tres dosis de fertilizante foliar (FOLIREY 20-20-20) y dos frecuencias de aplicaciones, se refleja en un aumento del rendimiento y la calidad del cultivo de papa (***Solanun tuberosum L.***) var. Amarilis.

## CAPÍTULO II

### REVISIÓN DE LITERATURA

#### 2.1. Aspectos generales del cultivo de papa.

##### 2.1.1. Origen y distribución

Los estudios genéticos demuestran que el origen de la papa es el Perú, los Incas en la región del Altiplano Peruano - Boliviano entre los siglos XII y XVI ya se dedicaban a su cultivo (Bayer 1989). Los primeros vestigios de papa poseen más de 8 000 años de antigüedad y fueron encontrados durante unas excavaciones realizadas en las cercanías del pueblo de Chilca, al sur de Lima, en el año de 1976 (Box 2005).

La mayor diversidad genética de papa *Solanum tuberosum L.* cultivada y silvestre se encuentra en las tierras altas de los Andes de América del Sur (Pumisacho y Sherwood 2002). La especie o variedad que ha dado origen a *Solanum tuberosum L.* es al parecer *Solanum andigena*, que algunos consideran una subespecie de la anterior (Box 2005). A mediados del siglo XVI los españoles introdujeron la papa en Europa, durante los dos siguientes siglos la papa fue sólo una curiosidad, siendo cultivada en áreas pequeñas y mantenida principalmente por propósitos botánicos (Pumisacho y Sherwood 2002).

Su distribución es desde el sur del cañón del Colorado, en Estados Unidos de Norteamérica, pasando por todos los países con cordillera andina, hasta los Chonos, en el sur de Chile (Nuñez 2011).

##### 2.1.2. Taxonomía

Según Cuesta (2002), la papa pertenece a las siguientes categorías taxonómicas:

**Reino:** Plantae

**División:** Magnoliophyta

**Clase:** Magnoliopsida

**Subclase:** Asteridae

**Orden:** Solanales

**Familia:** Solanaceae

**Subfamilia:** Solanoideae

**Tribu:** Solaneae

**Género:** Solanum

**Sub género:** Potatoe

**Sección:** Petota

**Serie:** Tuberosa

**Especie:** *Tuberosum*

**Nombre científico:** *Solanum tuberosum L.*

**Nombre común:** papa, acshu (quechua) y acso (aymara).

### 2.1.3. Descripción botánica

#### 2.1.3.1. Raíz.

La raíz se origina en los nudos de los tallos subterráneos y en conjunto forman un sistema fibroso. El extremo o ápice de la raíz es un tejido especializado para su crecimiento o elongación, el conjunto de raíces forma la cabellera o sistema radicular, el mismo que cumple la función importante de absorción de agua y nutrientes contenidos en el suelo (Sánchez 2003).

#### 2.1.3.2. Tallo

Egúsqiza (2000), dice que la planta de papa es un conjunto de tallo aéreos y subterráneos.

•**Tallos aéreos:** el tallo principal se origina del brote del tubérculo semilla. El tallo secundario se origina de una yema subterránea del tallo principal. El tallo estolonífero se origina de un rizoma que toma contacto con la luz.

•**Tallos subterráneos:** el estolón transporta sustancias que se trasladan desde el follaje. El tubérculo es el tallo que almacena sustancias.

#### 2.1.3.3. Tubérculos

Son tallos carnosos que se originan en el extremo del rizoma teniendo yemas y ojos. La formación de tubérculos es consecuencia de la proliferación del tejido de reserva que estimula el aumento de células (Pumisacho y Sherwood 2002).

#### 2.1.3.4. Hojas

Las hojas adultas son pinnadas compuestas; las hojas primarias de las plantas, así como las primeras hojas provenientes del tubérculo pueden ser simples. Las hojas están compuestas por

pequeños pelos de diversos tipos los cuales también se encuentran presentes en las demás partes de la planta (Sánchez 2003).

#### **2.1.3.5. Inflorescencias**

Las flores nacen en racimos y por lo regular son terminales. Cada flor contiene órganos masculinos (androceo) y femenino (gineceo). Son pentámeras (poseen cinco pétalos) y sépalos que pueden ser de variados colores, pero comúnmente blanco, amarillo, rojo y púrpura. Muchas variedades dejan caer las flores después de la fecundación (Pumisacho y Sherwood 2002).

#### **2.1.3.6. Fruto**

Es una baya pequeña y carnosa que contiene las semillas sexuales, es de forma redonda u ovalada, de color verde amarillento o castaño rojizo, de 1 a 3 cm de diámetro. Posee dos lóbulos con un promedio de doscientos cincuenta (250) semillas (Pumisacho y Sherwood 2002).

#### **2.1.3.7. Rizomas**

Son tallos laterales que crecen horizontalmente por debajo del suelo a partir de yemas de la parte subterránea de los tallos. La longitud de los rizomas es uno de los caracteres varietales importantes. Los rizomas largos son comunes en las papas silvestres, y el mejoramiento de la papa tiene como una de las metas obtener rizomas cortos. Los rizomas pueden formar tubérculos mediante un agrandamiento de su extremo terminal. Sin embargo, no todos los rizomas llegan a formar tubérculos, un rizoma no cubierto con suelo puede desarrollarse en un tallo vertical con un follaje normal (Guirola y Valdés 2014).

#### **2.1.4. Composición química del tubérculo.**

Según la FAO (2008), la composición química del tubérculo es:

- Agua: 72 - 75 %
- Almidón: 16 - 20 %
- Proteínas: 2 - 2,5 %
- Fibra: 1 - 1,8 %
- Ácidos grasos: 0,15 %
- Cenizas, 0,44 % a 1.9 %.

Los otros constituyentes son: azúcares, ácido ascórbico y vitaminas (Pumisacho y Sherwood 2002).

### **2.1.5. Fases fenológicas**

Según Bouzo (2009), El ciclo del cultivo de la papa está definido en cinco estados diferentes.

**2.1.5.1. Desarrollo de los brotes:** a partir del tubérculo-semilla, que será el tallo y en la base de este comienzan a emerger las raíces. Dentro del estado de brotación ocurren varios eventos antes de que el tubérculo esté en condiciones ideales para dar origen a una nueva planta.

**2.1.5.2. Crecimiento vegetativo:** comienza la fotosíntesis, desarrollo de tallos, ramas, hojas en la parte aérea, desarrollo de raíces y rizomas en la parte subterránea.

**2.1.5.3. Inicio de la tuberización:** los tubérculos se forman en la punta de los rizomas en la parte subterránea, en la mayoría de los cultivares el fin de esta etapa coincide con el inicio de la floración.

**2.1.5.4. Llenado de tubérculos:** las células de los tubérculos se expanden con la acumulación de agua, nutrientes y carbohidratos, los tubérculos se convierten en la parte dominante de la acumulación de carbohidratos y nutrientes inorgánicos.

**2.1.5.5. Maduración:** la fotosíntesis disminuye, el crecimiento del tubérculo también disminuye, la planta toma un color amarillento y eventualmente muere, en este punto el tubérculo alcanza su máximo contenido de materia seca y tiene la piel bien formada.

### **2.1.6. Importancia del cultivo.**

La papa es reconocida por su importante contribución a la alimentación, la seguridad alimentaria y el desarrollo económico de los pueblos del mundo, por ello, la ONU el 18 de octubre de 2007 proclamó al 2008 como el “Año internacional de la papa”, buscando incrementar la conciencia internacional sobre la importancia de la papa como alimento y como generador de ingresos en las naciones en desarrollo, promover la investigación y el desarrollo de los sistemas basados en papa como un medio para contribuir en el cumplimiento de los objetivos del Milenio (MDRAyMA 2008).

Se estima que América Latina produce más de 12 millones de toneladas métricas anuales de papa donde las exportaciones e importaciones regionales de papa representa más de 9 % de su producción interna, con tendencia creciente (Rodríguez 2004).

Hoy en día, la papa representa una de las contribuciones más importantes de la región andina (y en especial de nuestro país) al mundo entero, por ser uno de los cultivos alimenticios más consumidos y apreciados. Actualmente en el Perú, es el principal cultivo del país en superficie sembrada y representa el 25 % del PBI agropecuario. Es la base de la alimentación de la zona andina y es producido por 600 mil pequeñas unidades agrarias. La papa es un cultivo competitivo del trigo y arroz en la dieta alimentaria (MINAGRI 2017). La papa es una fuente importante de empleo e ingresos en las zonas rurales. En términos de generación de empleo, el cultivo de papa se caracteriza por el alto uso de mano de obra, entre contratada y familiar (Reinoso 2011).

### **2.1.7. Requerimientos edafoclimáticos**

#### **2.1.7.1. Fotoperíodo**

El fotoperíodo influye sobre la síntesis de proteínas y almidón del tubérculo. La exposición del follaje a días cortos induce la tuberización; las plantas muestran una formación temprana de tubérculo; los rizomas son cortos. En exposición a días largos, las plantas inducen floración y formación de ramas laterales y la restricción en la tuberización o la producción de tubérculos es mucho más tarde. La variedad de *spp. Indígena* requieren de días cortos para la tuberización, comparado con variedades de *spp. Tuberosum*, requieren días largos (Li 1985).

#### **2.1.7.2. Temperatura**

Se trata de una planta de clima templado-frío, siendo las temperaturas más favorables para su cultivo las que están en torno a 13 y 18 ° C. Durante su crecimiento, el cultivo de papas requiere una variación en la temperatura ambiental. Después de la siembra, la temperatura debe subir hasta 20 ° C para que la planta se desarrolle bien. Luego, se necesita una temperatura más alta para un buen crecimiento del follaje; aunque no debe pasar de los 30 ° C. Durante el desarrollo de los tubérculos, es importante que la temperatura se encuentre entre 16 y 20 ° C (Parsons 1999).

#### **2.1.7.3. Intensidad de luz**

La longitud de onda comprendida entre 400–700 nanómetros (Radiación Fotosintéticamente Activa - RFA) es la adecuada para el proceso fotosintético de la papa. Se estima que un cultivo de

papa en plena producción utiliza para la fotosíntesis sólo el 4 % de la RFA. El 51 % de la fotoenergía captada es ocupada para el proceso de transpiración, un 20 % es reflejado, el 14 % corresponde a calor sensible y un 15 % es luz transmitida. La intensidad lumínica depende del ángulo de incidencia de los rayos solares en el follaje y este del momento del día, de la latitud y del ángulo de distribución del follaje y la claridad del cielo. La reacción fotoquímica a la temperatura tiene estrecha relación con la intensidad lumínica. Así, cuando ésta última es alta (sobre 50.000 lux) la fotosíntesis neta se optimiza en altas temperaturas (Contreras 2002).

#### **2.1.7.4. Agua**

Los requerimientos hídricos varían entre los 600 a 1000 mm por ciclo de producción, lo cual dependerá de las condiciones de temperatura, capacidad de almacenamiento del suelo y de la variedad. Las mayores demandas existen en las etapas de germinación y crecimiento de los tubérculos, por lo que es necesario efectuar algunos riegos secundarios en los períodos más críticos del cultivo, cuando no se presenta precipitación (INTAGRI 2017).

#### **2.1.7.5. Suelo**

La papa puede crecer en la mayoría de los suelos, aunque son recomendables suelos con poca resistencia al crecimiento de los tubérculos. Los mejores suelos son los francos, franco-arenosos, franco-limosos y franco-arcillosos, con buen drenaje y aireación, 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 rizomas 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 (INTAGRI 2017).

### **2.1.8. Aspectos agronómicos**

#### **2.1.8.1. Preparación del suelo**

La preparación del suelo es de gran importancia para el establecimiento del cultivo. Esta labor debe realizarse con tiempo para llegar al momento de la plantación con una buena cama para los tubérculos semilla que ofrece condiciones favorables para el establecimiento de la población de plantas como: humedad adecuada, buena aireación y temperaturas apropiadas del suelo, las

cuales permiten una efectiva emergencia, enraizamiento y tuberización de la planta. Esto asegura una rápida emergencia de los tallos, un buen enraizamiento y un buen drenaje. Por otro lado, la preparación de suelo permite la destrucción de las malezas e insectos presentes en el suelo y que podrían atacar a las plantas y dañar el cultivo (Sandaña 2015).

#### **2.1.8.2. Preparación de la semilla.**

Para seleccionar la variedad de papa que se va a utilizar como semilla se debe saber el tipo de cultivo que se desea producir, si es para autoconsumo o para venderla en el mercado, qué variedad prefiere el consumidor y que disponibilidad de semilla existe para realizar la siembra (Naranjo 2000).

#### **2.1.8.3. Siembra**

La siembra es la principal labor durante el establecimiento del cultivo de papa y su buena realización será muy importante en el desarrollo posterior del cultivo. Aspectos cómo: distancia entre hilera, densidad de plantación, profundidad de plantación o fertilizante suministrado son algunos factores considerados y que al momento de la siembra tendrán un tremendo efecto en el rendimiento del plantel comercial de papa. La siembra puede realizarse en forma manual depositando los tubérculos-semilla en el fondo del surco, de acuerdo a la densidad de plantación y el objetivo de producción. También se puede plantar en forma semimecanizada a través de plantadoras con ayuda manual o con plantadoras automáticas. Lo importante es que, cualquiera sea el método, el fertilizante quede depositado al fondo del surco, luego sobre él una cubierta de suelo y sobre éste, los tubérculos-semillas (INIA 2015).

#### **2.1.8.4. Labores culturales**

•**Deshierbo:** Esta labor consiste en arrimar la tierra a la base de las plantas, en forma de camellones con el propósito de proporcionar sostén a la planta, evitar pérdidas de humedad y controlar el desarrollo de malezas (Muñoz y Cruz 1984). En ciertos casos esta labor viene acompañado de la fertilización complementaria y se la realiza dependiendo del desarrollo de la planta; el momento más adecuado para realizar esta labor comprende entre 50 a 60 días después de la siembra (Oyarzún 2002).

•**Aporque:** Esta labor se la realiza a los 90 días después de la siembra o inicios de la floración el principal objetivo de esta labor es proporcionar sostén a la planta y favorecer la formación de



tubérculos, dentro del suelo, para lo cual se incorpora una capa de suelo, a fin de cubrir los rizomas en forma adecuada, ayudando de esta manera a crear un ambiente propicio para tuberización (Andrade 1991). Además, fomenta el desarrollo de raíces, facilita el drenaje y la aireación, evita el verdeo de los tubérculos y ayuda a conservar la humedad del suelo (Oyarzún 2002).

#### **2.1.8.5. Fertilización del cultivo de papa**

Es una sustancia orgánica, inorgánica, natural o sintética que aporta a las plantas uno o varios elementos nutritivos (Merchán *et al.* 2009). Para lograr una buena y eficiente fertilización es imprescindible hacer un análisis de suelo, a que, cada zona presenta una disponibilidad de nutriente determinada. Sin embargo, un suelo con alta cantidad de nutriente no es necesariamente fértil, ya que diversos factores, como la compactación, mal drenaje, sequía, enfermedades o insectos pueden limitar la disponibilidad de nutrientes (Oyarzún 2002).

Según Pumisacho y Sherwood (2002) los requerimientos nutricionales varían dependiendo de la etapa de desarrollo cultivo de papa:

- **Establecimiento de plántulas:** Está orientada a producir un buen desarrollo radicular y un desarrollo aéreo inicial. Por ello durante esta etapa se requiere un alto aporte de fósforo y dosis iniciales de nitrógeno y potasio.

- **Crecimiento vegetativo:** Ello sucede principalmente durante los primeros 45 a 50 días. El crecimiento es rápido para establecer un buen desarrollo foliar y una total cobertura del suelo. El requerimiento de nitrógeno en esta etapa es alto.

- **Tuberización y desarrollo de tubérculos:** Dependiendo de la variedad, condiciones ambientales y de manejo, la tuberización se inicia en promedio a los 35 a 50 días después de la emergencia. Esta etapa se caracteriza por una alta extracción de los carbohidratos en los tubérculos en un corto período de tiempo. Esta fase es crítica, ya que determina el rendimiento y calidad final del producto. En esta etapa la demanda de potasio es alta y debe haber una alta disponibilidad de este nutriente, para asegurar la movilización de nutrientes al tubérculo.

#### **2.1.8.6. Labores fitosanitarias**

Para combatir las enfermedades se debe tener en cuenta: la rotación de cultivos, el uso de variedades tolerantes, tubérculos semilla saludables y certificados, eliminar todas las fuentes de

infección, realizar aporques altos, mejorar los drenajes del suelo, evitar el riego en exceso y en época cercana a la cosecha, utilizar tubérculos semillas verdeados, evitar sembrar en campo fuertemente infestados y eliminar o quemar los restos de cosecha (Torres 2002).

No existen sustancias químicas para combatir las enfermedades bacterianas y virales, pero se pueden controlar mediante una vigilancia constante de los áfidos, elección de terreno donde no se ha reportado la enfermedad, eliminación de rastrojos del cultivo anterior y malezas, rotación de cultivos, uso de semilla sana, evitar riegos pesados y anegamiento del campo, desinfección de herramientas, selección de tubérculos sanos y almacenamiento adecuado (CIP y FAO 2011).

Las plagas de insectos pueden destruir velozmente un cultivo de papas. Las medidas recomendadas para combatirlas son la vigilancia constante y la protección de los enemigos naturales de las plagas. Una plaga importante, se puede reducir destruyendo los insectos, sus huevos y sus larvas cuando aparecen a principios de la temporada (FAO 2008).

La sanidad, la rotación de cultivos y el uso de variedades resistentes de papa ayudan a prevenir la propagación de los nemátodos, así como la elección de terreno donde no se han reportado nemátodos, eliminación de rastrojos del cultivo anterior y malezas, araduras profundas, uso de semilla sana, uso de variedad resistente, uso de materia orgánica, uso de nematicidas y de plantas trampas además de una cosecha oportuna (CIP y FAO 2011).

#### **2.1.8.7. Cosecha y rendimiento.**

Existe muchos criterios a tomar en cuenta al momento de la cosecha, tales como la madurez comercial de los tubérculos, senescencia o cuando la cáscara de la papa no se pela fácilmente al friccionar. La labor de cosecha puede realizarse en forma manual, por tracción animal o en forma mecanizada teniendo en cuenta de no dañar los tubérculos, para evitar pudriciones durante el almacenamiento (Sánchez 2003).

Las regiones que obtienen mayor rendimiento son Ica, Arequipa y Lima Metropolitana que pertenecen a la Costa cuando es la Sierra donde el cultivo está más extendido. Así Ica, que lidera la lista de rendimiento, produce 35 toneladas por hectárea, 2 veces más de lo que rinde Apurímac (17, 7 t/ha) o 3 veces más que en Huancavelica (10,4 t/ha). En la costa tiene un rendimiento promedio de 18 000 kg/ha, la sierra tiene un rendimiento promedio de 15 411 kg/ha y el promedio nacional es de 16 447 kg/ha (MINAG 2016).

En la región sierra los pequeños productores cosechan su producción a los 6 meses en promedio, el rendimiento por debajo de las 12 t/ha es el proveniente de las cosechas bajo secano entre enero y julio, mientras que los rendimientos por encima de las 15 t/ha se dan a partir del mes de agosto hasta diciembre (MINAG 2009).

#### **2.1.8.8. Post cosecha**

El propósito fundamental de la postcosecha es la conservación de los tubérculos en buen estado. Comprende las labores de selección, clasificación, ensacado y transporte. Las pérdidas en postcosecha son consecuencia de la incidencia e interacción de diversos factores físicos, fisiológicos y patológicos, que reducen la cantidad y calidad de los tubérculos cosechados. Se estima que las pérdidas ascienden a un 25 % del total de la cosecha. Esto significa que la cuarta parte de lo que se produce en el campo no llega al consumidor o llega en mal estado (Naranjo *et al.* 2002).

#### **2.1.9. Consumo per cápita**

El consumo per cápita de papa creció en los últimos once años, al pasar de 76 kilos per cápita anuales en el 2005 a 89 kilos per cápita anual en la actualidad, impulsado por el auge de los negocios de pollerías y restaurantes, que lo usan como insumo en la elaboración de sus comidas, la meta del sector es llegar a los 100 kilos per cápita anual para el 2021 (MINAGRI 2017).

#### **2.1.10. Exportaciones**

El Perú también importa papa preparada y congelada sumando un total US\$6.3 millones (valor CIF) entre enero y marzo del 2017, cifra que representa una ligera reducción de 1.7 % respecto al mismo periodo del año anterior. Sólo en marzo del 2017, uno de los meses más golpeados por El Niño, las importaciones de papa cayeron 24.3 %, con US\$2.7 millones (valor CIF). En volumen, estas importaciones sumaron 7,919 toneladas en el primer trimestre del 2017, cifra que también representa una ligera caída interanual de 0.9 % (MINAGRI 2017).

En las exportaciones de papa y sus derivados, los que resaltan son los *snacks* tradicionales y orgánicos, sumando US\$594,428 en el primer trimestre del año 2017, 19.4 % más que en el mismo periodo del año pasado. Los *snacks* representan casi el 94 % del total despachado a 13 mercados internacionales. Los montos más pequeños se registran en la fécula de papa (2.2 % del total), papas frescas o refrigeradas (1.7 %), harina y sémola de papa (0.9 %), copos, gránulos de papa y

papa congelada. los principales destinos son Bolivia, que concentra el 82.9 %, seguido de Francia, Chile, Estados Unidos, España, Reino Unido, Emiratos Árabes Unidos, Italia, Países Bajos y Suiza (ADEX 2017).

#### **2.1.11. Importaciones**

Perú, aunque es el país de donde es originario la papa, importa este producto hace varios años. Empresarios la compran preparada (prefrita) principalmente de Holanda, Bélgica, Estados Unidos, Canadá, entre otros, sobre todo para las grandes cadenas de comida. Año a año se incrementan las toneladas que ingresan al país, en el 2015 se importó 27 mil toneladas y el 2017 la cifra creció a casi 32 mil toneladas, siendo la principal compradora Alicorp. Esto cuando el país aumentó su producción a 4,5 millones en el 2016 (SUNAT 2017).

#### **2.1.12. Plagas y enfermedades**

Castro y Contreras (2011) menciona los siguientes agentes bióticos que producen daño al cultivo de papa.

**Plagas:** Gusano blanco de la papa (*Prepnortypes vorax Hust*), gusano negro trozador (*Agrotis ypsilon Rott*), Cutzo (*Barotheus*), Pulguilla (*Epritis sp.*), Trips (*Frankliniella*), minador de la hoja (*Liriomyza quadrata Malloch*), saltones (*Empoasca sp.*), chinches de la hoja (*Proba sallei*) y (*Rhinacloa sp.*), pulgones (*Myzuz persicae*) y (*Macrosiphum euphorbiae*).

**Enfermedades:** Lanosa (*Rosellinia sp.*), Rizoctonia (*Rhizoctonia solani Kuih*), Sarna polvorienta (*Spongospora subterranea*), Lancha (*Phytophthora infestans Mont*), Roya (*Puccinia pittieriana Hern*), Septoriosis (*Septoria lycopersici*), Lancha temprana (*Alternaria solani*), Mal blanco (*Sclerotinia sclerotium*), Mosaico leve Agente causal (VXP), Mosaico severo Agente causal (VYP), Mosaico Rugoso Interacción VXP y VYP, Enrollamiento Agente causal (VEHP), Pie negro (*Erwinia Carotovora*), Sarna común (*Streptomyces scabies Thoxt*).

#### **2.1.13. Calidad del cultivo de papa**

La calidad de los productos agrícolas hace referencia a una serie de características que determinan su grado de aceptación por parte del consumidor, relacionadas fundamentalmente con su sanidad general y con su vida comercial. Dentro de tales características se pueden mencionar entre otras: valor nutricional, características organolépticas, características físicas y propiedades mecánicas (Buitragol *et al.* 2003).

La calidad del producto determina su uso potencial para la industria o su consumo como producto fresco, es importante determinar características fenológicas como la duración del ciclo de cultivo y otras como producción de flores, frutos y número de tallos (Lynch *et al.* 2001 y NIVAA 2002).

El cultivo de papa requiere cantidades significativas de nutrientes para obtener elevados rendimientos. Sin embargo, es necesario realizar un manejo racional de la fertilización para maximizar el rendimiento, obtener tubérculos de calidad y no producir efectos adversos en el ambiente (Echeverría 2005). El nitrógeno (N) es el nutriente que más afecta el rendimiento y la calidad de los tubérculos. Elevadas dosis de N retrasan el inicio de la tuberización y promueven el crecimiento del follaje, pero reducen el rendimiento afectando la calidad al disminuir el porcentaje de materia seca de los tubérculos (Giletto *et al.* 2003; Love *et al.* 2005).

Los daños a los tubérculos durante la recolección y el tratamiento posterior son una de las causas más importantes de la pérdida de calidad y de valor de la papa, aumentando la incidencia de enfermedades y las pérdidas durante el almacenamiento (Ramos 2010).

Clasificación Comercial		Clasificación "Norma NTC 341"	
Denominación	Diámetro (mm)	Denominación	Diámetro (mm)
Grado 0	> 90	Muy Grande	>90
Grado 1	70 – 89	Grande	65-90
Grado 2	50 – 69	Mediana	45-64
Grado 3	35 – 49	Pequeña	30-44

**Figura 1.** Clasificación del tubérculo según la norma NTC 341 y la clasificación comercial

#### **2.1.14. Fertilización foliar**

La fertilización foliar ha despertado un creciente interés en productores y asesores, debido a la aparición de casos en los que ha permitido corregir deficiencias nutrimentales de las plantas, promover un buen desarrollo de los cultivos, y mejorar el rendimiento y la calidad del producto cosechado (Trinidad y Aguilar 2000). Su principal utilidad consiste en complementar los requerimientos de un cultivo que no se pueden abastecer mediante la fertilización clásica, ya se trate de elementos de baja absorción desde el suelo (Malavolta 1986).

#### **2.1.14.1. Concepto**

La fertilización foliar, es la nutrición a través de las hojas, se utiliza como un complemento a la fertilización al suelo; esta práctica es reportada en la literatura en 1844, aunque su uso se inicia desde la época Babilónica. Bajo este sistema de nutrición la hoja juega un papel importante en el aprovechamiento de los nutrimentos, algunos componentes de ésta participan en la absorción de los iones (Trinidad y Aguilar 2000).

#### **2.1.14.2. Mecanismos de penetración en la planta**

Los procesos mediante los cuales una solución de nutrientes que se aplica al follaje de un cultivo es asimilada son: contacto con la hoja y adsorción a la superficie de la misma, penetración cuticular/estomática/a través de otras estructuras epidérmicas, absorción celular y penetración en los compartimentos celulares metabólicamente activos en la hoja, y finalmente, en su caso, la translocación y la utilización de los nutrientes absorbidos por la planta (Fernandez *et al.* 2015).

#### **2.1.14.3. Factores que influyen en la fertilización foliar**

Las características químicas y estructurales de las superficies vegetales tienen un efecto sobre las interacciones con posibles líquidos, partículas, insectos o microorganismos depositados sobre las superficies (Khayet y Fernández 2012). La combinación de la rugosidad y composición química de las superficies vegetales determinará el grado de humectabilidad, la polaridad e hidrofobicidad de las mismas, así como la posibilidad de que se produzca la absorción de fertilizantes foliares aplicados sobre los órganos vegetales (Fernández y Brown 2013).

•**Concentración:** La concentración de un nutriente presente en un spray foliar siempre será significativamente más alta que la concentración encontrada dentro del órgano de la planta. Por lo tanto, se establecerá un gradiente de concentración cuando se aplique una solución nutritiva a la superficie de la planta y ésta conducirá potencialmente a la difusión a través de su superficie. Se han reportado mayores tasas de penetración asociadas a concentraciones crecientes de varios elementos minerales aplicados (Schönherr 2001). El rango ideal de concentraciones de las soluciones de nutrientes minerales para la aplicación foliar debería elegirse de acuerdo con factores tales como la clase de nutriente, especie vegetal, edad de la planta, estado nutricional y condiciones ambientales (Kannan 2010) y todos ellos estarán en definitiva limitados por la necesidad de evitar la toxicidad (Wojcik 2004).

•**Solubilidad:** Antes de aplicar una formulación foliar pulverizada, es crucial que los compuestos que contenga estén apropiadamente disueltos o suspendidos. La solubilidad de un compuesto químico en un solvente específico (normalmente el agua) a una temperatura determinada, es una propiedad física que puede alterarse con el uso de aditivos. La solubilidad en agua de una sustancia aplicada es un factor clave para la absorción foliar, dado que la absorción teóricamente solo ocurre cuando el compuesto aplicado se encuentra en fase líquida sobre la superficie de la planta, y que subsecuentemente se difundirá hacia los órganos de la planta (Vu *et al.* 2013).

•**Peso molecular:** El tamaño de la molécula del nutriente en disolución afectará la tasa de penetración de un fertilizante foliar como consecuencia del mecanismo de absorción cuticular, el cual se ha comprobado que es selectivo en cuanto al tamaño molecular. Se ha sugerido que el agua y los solutos cruzan la cutícula por vía de los poros acuosos (Schönherr 2006). El radio de los llamados “poros acuosos” de unas pocas especies vegetales se ha estimado indirectamente y ronda entre 0.3 y 0.5 nm en hojas y entre 0.7 y 1.2 nm en los frutos (Beyer *et al.* 2005). Sin embargo, se han calculado radios de poros más grandes, entre 4 y 5 nm; el proceso de absorción de las estomas también puede ser selectivo en cuanto al tamaño ya que no se vio evidencia de que las partículas con un diámetro de 1  $\mu\text{m}$  entraran a través de las estomas mientras que las partículas de 43 nm de diámetro penetraron en los estomas (Eichert y Goldbach 2008).

•**Carga eléctrica:** A  $\text{pH} > 3$  las cutículas vegetales están cargadas negativamente y las paredes celulares tienen cargas que se corresponden a ácidos débiles disociados. Consecuentemente, los compuestos sin carga y aniones o compuestos con carga negativa pueden en teoría penetrar las hojas y ser translocados en el apoplasto más fácilmente que los complejos cargados positivamente o cationes. Sin embargo, cuando se aplican sales o quelatos o complejos, estos dos últimos formados al mezclar sales metálicas con ligando acompañados con su propio ion correspondiente, todos los aniones y cationes presentes en la disolución pueden penetrar a través de las superficies vegetales. La naturaleza de los aniones y cationes en la solución foliar aplicada tendrá significancia fisiológica y deberá considerarse cuando se diseña una formulación foliar (Fernández *et al.* 2014).

•**pH de la solución:** Dado que las cutículas de las plantas son poli-electrolitos, su capacidad de intercambio catiónico se alterará con las fluctuaciones del pH (Las cutículas tienen un punto isoeléctrico alrededor de  $\text{pH} 3$  y cuando los valores de pH de la solución son más altos que éste, dejarán a la cutícula cargada negativamente, uniéndose entonces los grupos carboxílicos a los iones cargados positivamente Si bien está claro que el pH de la solución a pulverizar puede causar

un efecto en cuanto a la tasa de penetración, este efecto no ha sido aún bien caracterizado, y dependerá de los nutrientes aplicados y la especie vegetal tratada (Chamel y Vitton 1996).

•**Punto de deliquesencia:** Cuando la humedad relativa ambiente es más alta que el punto de deliquesencia de un compuesto aplicado por vía foliar, la sustancia se disolverá y se volverá disponible para ser absorbida por la hoja. (Similarmente, los efectos fisiológicos asociados con la deposición de partículas higroscópicas de aerosoles sobre la superficie de las plantas no están totalmente comprendidos, pero se considera que tales partículas pueden ya sea actuar como desecantes del follaje, o promover un aumento de la tasa de absorción (Fernández y Eichert 2009).

•**El ambiente:** Los factores ambientales tales como la humedad relativa y la temperatura juegan un rol importante en la performance de las pulverizaciones foliares y en la absorción de soluciones aplicadas al follaje. A una alta humedad relativa la permeabilidad pueda aumentar debido a la hidratación cuticular y a la demora en el secado de las sales depositadas en la superficie de la planta siguiente a la aplicación de la pulverización. La temperatura afectará varios parámetros fisicoquímicos de la formulación de pulverización foliar, tales como la tensión superficial, la solubilidad, viscosidad o punto de deliquesencia. En general bajo cualquier condición de campo, al aumentar el rango de temperatura (i.e. desde 0 a 40 °C) aumentará la solubilidad de los ingredientes activos y coadyuvantes, pero decrecerá la viscosidad, la tensión superficial y el punto de deliquesencia. Además, las altas temperaturas acelerarán la tasa de evaporación y secado de la solución depositada en el follaje reduciendo el tiempo necesario para que se seque la solución y se detenga la penetración por las hojas (Fernández *et al.* 2014).

•**Formulaciones y coadyuvantes:** Las formulaciones comerciales de nutrientes foliares están compuestas en general de al menos dos componentes principales: el ingrediente(es) activo, y el material(es) inerte(s) o coadyuvante(s). los coadyuvantes ayudan a mejorar la cobertura (mojado) y la persistencia (pegajosidad) del ingrediente(s) activo, o de los elemento(s) mineral(es) en la superficie de las hojas, así también como promover mayor velocidad de absorción y bioactividad de los elemento(s) minerales aplicados. La limitación a la absorción foliar de los elementos minerales aplicados ha conducido a un amplio uso y búsqueda continua de coadyuvantes que mejoren la performance de los tratamientos de pulverización foliar (Fernandez *et al.* 2014).



•**Edad de la planta:** Existe considerable evidencia a partir de estudios de campo y de laboratorio que demuestra la hoja y la edad de la planta pueden tener un impacto significativo sobre la eficacia de la aplicación foliar de nutrientes. pero también pueden ser el resultado de diferencias en el estado fisiológico de la planta que actúa para alterar la disponibilidad de energía y de sustrato para la absorción y asimilación, así como la velocidad a la que los nutrientes absorbidos son translocados fuera de la hoja (Weinbaum 1988). Un cierto número de estudios han demostrado que las tasas de absorción de sustancias químicas aplicadas sobre las hojas disminuyen con la edad de la hoja desde la iniciación hasta la plena expansión. Esto también puede continuar con un período de aumento de la permeabilidad a medida que las hojas maduras comienzan su senescencia (Zhang y Brown 1999).

•**Especies y longevidad de la hoja:** Las diferencias entre especies en la utilización de los nutrientes foliares están, sin duda relacionada con la composición física y química de la superficie de la hoja (Zhang y Brown 1999). La longevidad de la hoja también puede estar relacionada con las diferencias entre especies en respuesta a los fertilizantes foliares. Los árboles de hoja perenne como los cítricos, banano, café y cacao son más eficientes en la utilización de nutrientes derivados del suelo y de aplicación foliar debido a sus hojas más longevas; y los ciclos de humedecimiento y secado de las hojas mejora el reciclado de los nutrientes a través del proceso de la caída de estas durante el otoño y posterior proceso de descomposición (Aerts y Chapin 2000).

#### **2.1.14.4. Tiempo de asimilación de nutrientes en la fertilización foliar**

Las velocidades de absorción foliar de los diferentes nutrientes no son iguales. El nitrógeno se absorbe entre 1 a 6 horas; el potasio se absorbe entre 10 a 24 horas, los elementos secundarios y los micronutrientes como Ca, Mg, Fe Mn y Zn se absorben en períodos de horas hasta un día. El único nutriente cuya velocidad de absorción es más lenta, es el fósforo con 5 días (Venegas 2008).

#### **2.1.14.5. Frecuencia de Aplicación**

Para corregir deficiencias de micronutrientes vía foliar, se recomienda realizar dos a cuatro aplicaciones desde el inicio de la floración y con intervalos de 21 días (Pumisacho y Stephen 2002).

#### **2.1.14.6. Ventajas de la fertilización foliar**

Según Venegas (2008) la aplicación foliar de nutrientes presenta una gran utilidad práctica bajo ciertas condiciones que se detallan a continuación:

- **Suelo superficial seco:** En regiones semiáridas, una carencia de agua disponible en la capa superficial del suelo origina una disminución en la disponibilidad de nutrientes durante el período de crecimiento del cultivo. Aún a pesar de que el agua pueda encontrarse disponible en el subsuelo, la nutrición mineral se convierte en el factor limitante del crecimiento. Bajo estas condiciones, la aplicación de nutrientes al suelo es menos efectiva que la aplicación foliar.

- **Disminución de la actividad de las raíces durante el estado reproductivo:** Como resultado de una competencia por carbohidratos, la actividad de la raíz y por ende la absorción de nutrientes por las raíces disminuye tan pronto se inicia el estado reproductivo (floración y fructificación). Las aplicaciones foliares pueden compensar esta disminución de nutrientes durante esta etapa.

- **Incremento en el contenido de proteína en la semilla de cereales:** En cultivos de cereales como el trigo, el contenido de proteínas de las semillas y así su calidad para ciertos propósitos (alimentación animal, panificación) puede ser rápidamente incrementada por la aplicación foliar de nitrógeno en los últimos estados de crecimiento. El nitrógeno aplicado durante estos estados es rápidamente retranslocado o remobilizado de las hojas y directamente transportado hacia el desarrollo de los granos.

- **Incremento del contenido de calcio en frutos:** Los desórdenes ocasionados por el calcio son ampliamente conocidos en ciertas especies de plantas. Debido a su baja o nula movilidad vía floema, las aplicaciones foliares de calcio deben realizarse varias veces durante el estado de crecimiento. Sin embargo, en frutales se han encontrado resultados positivos a las aplicaciones foliares de calcio durante la etapa de fructificación, en especial en la superficie de los frutos en desarrollo, con calcios con quelatos orgánicos.

- **Bajas Temperaturas:** El efecto de las bajas temperaturas se manifiesta en el daño que puede sufrir el follaje y en su efecto en el suelo. Las heladas pueden ocasionar un daño tal al follaje, que se limite la actividad fotosintética de la planta, limitándose, por ende, la absorción de nutrientes. En este caso, las aplicaciones foliares, de más rápida respuesta, permiten que la planta se recupere más rápidamente de esta condición de stress. Por otra parte, en las latitudes extremas,

es frecuente que las bajas temperaturas congelen el suelo, limitándose en este caso la actividad de las raíces. Aquí también, la nutrición vía aplicaciones foliares ayuda a las plantas a sobrellevar esta situación adversa.

- **Estimula la absorción de nutrientes:** La fertilización foliar con dosis aún baja de nutrientes, además de su acción nutritiva, tiene un efecto parcialmente estimulante de los procesos productivos de las plantas, estimulando el crecimiento y su capacidad asimilante, lo cual se manifiesta en una mayor absorción de nutrientes y un mejor rendimiento a la cosecha.

#### **2.1.14.7. Limitaciones de la fertilización foliar**

Según Venegas (2008) las principales limitaciones de la fertilización foliar se enumeran a continuación:

- **Dosis limitadas de macronutrientes:** El riesgo de fitotoxicidad recientemente indicado, sumado al hecho que el requerimiento de macronutrientes, tal como su nombre lo indica, es de elevada magnitud, limita la nutrición foliar de estos elementos, quedando restringida a complementar la fertilización al suelo, a corregir deficiencias en casos particulares.

- **Requiere un buen desarrollo del follaje:** La nutrición foliar depende de la absorción que se realiza a través del follaje. Si este tiene un desarrollo limitado, la aplicación no será eficiente. Los mejores resultados se obtienen mientras mayor sea el desarrollo del follaje.

- **Costo de materias primas:** Para las aplicaciones foliares se requieren sales de elevada solubilidad y sin impurezas, para evitar el taponamiento de las boquillas y los riesgos de fitotoxicidad. Estos productos son de mayor valor que los fertilizantes convencionales que se aplican al suelo.

- **Pérdidas en la aspersión:** Para asegurar una buena absorción de la solución nutritiva aplicada, se debe asegurar una buena cobertura del follaje. Luego, se deben aplicar grandes cantidades de solución, resultando inevitable que la parte de ésta escurra por gravedad y caiga al suelo. Por esto, es conveniente evaluar la utilización de aditivos, de tal manera de minimizar estas pérdidas.

- **Riesgo de fitotoxicidad:** Las especies vegetales son sensibles a las aplicaciones foliares de soluciones nutritivas concentradas. Para cada nutriente existen valores límites de concentración, sobre estos la planta se afecta en su normal desarrollo (Venegas 2008). Si se aplica altas concentraciones se podría dañar la epidermis de la hoja, al deshidratar sus células y causar

necrosis foliar. En este sentido, se hace muy importante determinar la dosis óptima para facilitar la adsorción del soluto, sin dañar el tejido foliar (Téllez *et al.* 2007).

#### **2.1.14.8. La nutrición foliar y la defensa natural**

Los nutrientes cuando estas equilibrados en un vegetal, están directamente ligados a los procesos de la defensa natural de las plantas cultivadas, sobre todo ciertos elementos como el calcio, potasio, manganeso, magnesio entre otros. En la pared celular se libera pequeños fragmentos de pared, denominados oligosacarinas, que ante la presencia de un patógeno, desencadenan una serie de procesos que ligados al mensaje secundario del calcio, inducen a la formación de fitoalexinas, que son compuestos nocivos para los patógenos, que inhiben su crecimiento, o desencadenan procesos de defensa como la generación de hipersensibilidad, aislamiento o formación de barreras físicas y bioquímicas, que no facilitan el desarrollo de los patógenos, por lo que la nutrición foliar, resulta muy importante en los mecanismos de defensa natural de los cultivos (Soria 2008).

#### **2.1.15. Abono foliar FOLIREY 20-20-20 ®**

- Características:** FOLIREY 20-20-20®, es la combinación perfectamente y balanceada de nitrógeno, fosforo y potasio extraídos de la fermentación orgánica y procesos biotecnológicos a base de extracciones por hidrolisis enzimática enriquecido con algas marinas, vitaminas y fitohormonas hace un producto de alta estimulación en los procesos metabólicos de las plantas fortaleciéndolas al corregir carencias y proporcionando nutrientes totalmente asimilables por la hoja, tallos verdes y raíces aprovechando la planta íntegramente garantizando cultivos vigorosos con abundantes cosechas de calidad.

- Propiedades:** FOLIREY 20-20-20® contiene micro elementos en forma de quelatos vitaminas, hormonas de crecimiento y coadyuvantes que mejoran la penetración y absorción de todos los nutrientes haciendo su asimilación más rápida a través de las hojas, se puede utilizar en periodos críticos, recomendándose su aplicación en todas las fases fenológicas de los cultivos.

•Composición química

Tabla 1. Composición química del fertilizante foliar Folirey 20-20-20®

COMPOSICIÓN QUÍMICA	
ELEMENTOS	CANTIDAD
Nitrógeno (N)	20 %
Fósforo (P)	20 %
Potasio (K)	20 %
Molibdeno (Mo)	0.03 ppm
Hierro (Fe)	150 ppm
Magnesio (MgO)	300 ppm
Zinc (ZnO)	520 ppm
Cobre (Cu)	25 ppm
Boro (B)	80 ppm
Manganeso (Mn)	120 ppm
Aminoácidos libres	0.2 %
Extracto de algas marinas	0.4 %
Extractos de ácidos fúlvicos	0.5 %
Ácidos carboxílicos	5%
Complejo de vitaminas	250 mg/L
Ácidos húmicos	1 %
Fito hormonas	trazas

•**Recomendaciones de uso:** Antes de usar agitar fuertemente, luego medir la cantidad adecuada y mezclar disolviendo en un recipiente pequeño (balde de 5-10 litros), luego adicionarlo al cilindro con agua hasta la mitad y llenar el volumen completo de agua agitando fuertemente para hacer una buena homogenización.

•**Número de aplicaciones:** Iniciar la aplicación a los 30 días después de la siembra y repetir cada 15 días.

## **2.1.16. Macro y micro elementos: Sus principales funciones dentro de la planta**

**2.1.16.1. Nitrógeno:** es considerado como uno de los elementos más importantes en la nutrición de las plantas. Es constituyente de la clorofila y está involucrado en el proceso de fotosíntesis. Es componente de las vitaminas y aminoácidos que forman proteínas. La papa puede absorber N en forma nítrica ( $\text{NO}_3^-$ ) y amoniacal ( $\text{NH}_4^+$ ). Sin embargo, la planta presenta mayores tasas de crecimiento cuando hay mayor disponibilidad de nitratos. Una deficiencia de N reduce la producción de clorofila y produce clorosis en las hojas viejas de la planta. Dosis excesivas de nitrógeno en papa pueden prolongar el ciclo vegetativo, reducir el porcentaje de materia seca de los tubérculos, provocar acame y aumentar la susceptibilidad de la planta a enfermedades. En algunos casos favorece el crecimiento exagerado del follaje, reduciendo la producción de tubérculos (Pumisacho y Sherwood 2002).

**2.1.16.2. Fósforo:** es esencial para la calidad y rendimiento de los cultivos. Contribuye a los procesos de fotosíntesis, respiración, almacenamiento y transferencia de energía, división y crecimiento celular, y transferencia genética. El P promueve la rápida formación de tubérculos y crecimiento de las raíces. Mejora la resistencia a las bajas temperaturas, incrementa la eficiencia del uso de agua, contribuye a la resistencia a enfermedades y acelera la madurez. El fósforo es un elemento crítico durante el periodo inicial de desarrollo de la planta y de tuberización. Una deficiencia de fósforo retarda el crecimiento apical, dando lugar a plantas pequeñas y rígidas. Se reduce la formación de almidón en los tubérculos, contribuyendo a la formación de manchas necróticas de color castaño herrumbre, distribuidas en forma dispersa en toda la pulpa (Pumisacho y Sherwood 2002).

**2.1.16.3. Potasio:** El cultivo de papa extrae grandes cantidades de potasio (300 a 600 kg/ha de  $\text{K}_2\text{O}$ ), la cual excede la demanda de N. El potasio en las plantas es vital para la fotosíntesis, especialmente en la síntesis de proteínas. Es importante para la descomposición de carbohidratos para producir energía, ayuda a controlar el balance iónico, promueve la translocación de fotosintatos y contribuye a la translocación de metales pesados como Fe. Además, da resistencia a enfermedades, como la fusariosis y la mancha negra del tubérculo. El K es un activador de los sistemas enzimáticos que regulan el metabolismo de la planta, como la apertura y cierre de los estomas lo cual contribuye a la resistencia de sequía (Pumisacho y Sherwood 2002).

**2.1.16.4. Magnesio:** Es esencial para el proceso de fotosíntesis. El magnesio funciona como activador (catalizador) de muchas enzimas que se requieren para los procesos de crecimiento de las plantas. El magnesio dentro de las plantas es traslocado fácilmente de los tejidos maduros a los tejidos jóvenes (CFA 1995).

**2.1.16.5. Zinc:** es importante para varios procesos enzimáticos de las plantas, controla la síntesis del ácido indolacético, un importante regulador del crecimiento de la planta (CFA 1995).

**2.1.16.6. Hierro:** se requiere para la síntesis de clorofila en las células vegetales. Funciona como activador de procesos bioquímicos como la respiración, la fotosíntesis y la fijación simbiótica de nitrógeno (CFA 1995).

**2.1.16.7. Manganeso:** Actúa como activador de enzimas en los procesos del crecimiento, juntamente con el hierro forman la clorofila (CFA 1995).

**2.1.16.8. Cobre:** es un activador de varias de las enzimas de las plantas desempeña la función importante en la síntesis de vitamina A (CFA 1995).

**2.1.16.9. Molibdeno:** las plantas lo requieren para poder utilizar el nitrógeno (CFA 1995).

**2.1.16.10. Ácidos húmicos y fúlvicos:** incrementan la Capacidad de Intercambio Catiónico del suelo y la retención de humedad. Estimulan el desarrollo de la raíz, y a nivel foliar aumentan la permeabilidad de la membrana celular facilitando la absorción de nutrientes. Constituyen una alternativa eficaz para la nutrición foliar de los cultivos, no solo por su capacidad de acomplejar cationes, sino además por los efectos estimulantes del crecimiento vegetal y su facilidad para incrementar la absorción foliar. Como desventajas con relación a otras fuentes, los ácidos húmicos por lo general son de mayor costo que las sales y de menor concentración de nutrientes debido a su capacidad más limitada para acomplejar cationes (Meléndez y Molina 2002).

**2.1.16.11. Aminoácidos:** El uso de aminoácidos en fertilización foliar es relativamente reciente. Una de las ventajas más reconocidas de los aminoácidos es su rápida absorción, que en algunos casos oscila entre 1-3 horas para completar el 50 de absorción. Otro principio que utiliza esta tecnología es que la planta recibe aminoácidos biológicamente activos de rápida absorción y translocación, lo cual reduce el gasto de energía metabólica por parte de la planta en la síntesis

de proteínas. También se le atribuyen propiedades bioestimulantes en el crecimiento vegetal (Meléndez y Molina 2002).



## CAPÍTULO III

### MATERIALES Y MÉTODO

#### 3.1. Caracterización del lugar de estudio

##### 3.1.1. Ubicación UTM de la localidad

La presente investigación se realizó en el caserío de El Calvario-Bellandina, provincia de Chota departamento de Cajamarca, ubicado en las coordenadas UTM 17M 9274614 metros al Norte, 0770065 metros al este y 3653 msnm.

##### 3.1.2. Condiciones climáticas

El clima de esta región es frío- seco, seco durante los meses de mayo a octubre, precipitaciones desde octubre hasta abril, puede producirse heladas durante los meses de mayo a octubre, la temperatura media anual es de 11 °C y la máxima son superiores a 20 °C, la temperatura mínima se registra entre los meses de mayo a junio fluctuando entre -1 °C a -16 °C. (Pulgar 1981)

##### 3.1.3. Historial del campo

Los cultivos anteriores al ensayo instalados en el campo experimental fueron:

<b>Campaña</b>	<b>Cultivo</b>
----------------	----------------

2016-I	Rye Grass + trébol rojo.
--------	--------------------------

2016-II	Avena Forrajera
---------	-----------------

##### 3.1.4. Características físicas del suelo

- Textura:** franco arenoso
- Topografía:** rocosa escarpada
- Drenaje superficial:** regular

### 3.1.5. Características químicas de suelo

**Tabla 2. Resultado del análisis del suelo**

P(ppm)	K(ppm)	pH	M.O.%	Al meq/100g	Arena (%)	Limo (%)	Arcilla (%)
61.53	158	4.1	14.75	1.52	60	26	14

Fuente: INIA 2017

### 3.2. Materiales y equipo

#### 3.2.1. Material experimental

- Tubérculos de papa variedad amarilis INIA 302.

#### 3.2.2. Insumos

- Fertilizante químico: molimax papa sierra (15-25-15)
- Abono foliar: Folirey 20-20-20®
- Abono orgánico: Gallinaza
- Fungicida (Ridomil ® GOLD MZ)
- Insecticida (Compact plus®)

#### 3.2.3. Maquinaria

- Tractor

#### 3.2.4. Equipo

- Computadora
- Mochila de fumigar
- Equipo de protección

#### 3.2.5. Herramientas

- Palana
- Zapapico
- Lampa

#### 3.2.6. Otros materiales

- Libro de campo
- Vincha
- Piola

- Estacas
- Rótulos
- USB
- Calculadora
- Cámara fotográfica
- Balanza electrónica

### 3.2.7. Factores de estudio

Tabla 3. Factores

### 3.2.8. Tratamientos

Factor de estudio		Niveles
<b>Factor A</b>	Dosis de aplicación abono foliar, folirey 20-20-20®.	A1: 50 ml / 20 l
		A2: 100 ml / 20 l
		A3: 125 ml / 20 l
<b>Factor B</b>	Frecuencia de aplicación del abono foliar	B1: cada 15 días
		B2: cada 30 días

Tabla 4. Codificación de los tratamientos

TRATAMIENTO	CÓDIGO	DESCRIPCIÓN
T <sub>1</sub>	A <sub>1</sub> B <sub>1</sub>	50 ml/ 20 l cada 15 días
T <sub>2</sub>	A <sub>1</sub> B <sub>2</sub>	50 ml/ 20 l cada 30 días
T <sub>3</sub>	A <sub>2</sub> B <sub>1</sub>	100 ml/ 20 l cada 15 días
T <sub>4</sub>	A <sub>2</sub> B <sub>2</sub>	100 ml/ 20 l cada 30 días
T <sub>5</sub>	A <sub>3</sub> B <sub>1</sub>	125 ml/ 20 l cada 15 días
T <sub>6</sub>	A <sub>3</sub> B <sub>2</sub>	125 ml/ 20 l cada 30 días
T <sub>0</sub>	T <sub>0</sub>	Testigo

### 3.2.9. Diseño experimental

BLOQUE I	T <sub>0</sub>	T <sub>4</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>5</sub>	T <sub>1</sub>	T <sub>3</sub>	T <sub>6</sub>
Calle							
BLOQUE II	T <sub>6</sub>	T <sub>3</sub>	T <sub>0</sub>	T <sub>4</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>5</sub>	T <sub>1</sub>
Calle							
BLOQUE III	T <sub>4</sub>	T <sub>1</sub>	T <sub>5</sub>	T <sub>0</sub>	T <sub>3</sub>	T <sub>6</sub>	T <sub>2</sub>
Calle							
BLOQUE IV	T <sub>2</sub>	T <sub>5</sub>	T <sub>6</sub>	T <sub>1</sub>	T <sub>0</sub>	T <sub>4</sub>	T <sub>3</sub>

Figura 2. Distribución de los tratamientos en el campo experimental

### 3.2.10. Dimensiones del área del experimento

#### 3.2.10.1. Bloque

- Número: 04
- Largo: 19.5 m
- Ancho: 5.5 m
- Área: 107.25 m

#### 3.2.10.2. Parcela

- Número por bloque: 07
- Largo: 1.5 m
- Ancho: 5.5 m
- Área: 8.25 m

#### 3.2.10.3. Calle

- Número por bloque: 03
- Largo: 19.5 m
- Ancho: 1.5 m
- Área: 29.25 m

3.2.10.4. Área neta: 231 m

3.2.10.5. Área total: 516.75 m

3.2.10.6. Densidad de siembra: 1.1 m x 0.30 m

3.2.10.7. Número de tubérculos por golpe: 2

### 3.2.11. Análisis estadístico

a. **Diseño experimental:** Diseño De Bloques Completos Aleatorio DBCA con arreglo factorial de 3 x 2 más el testigo, con 4 repeticiones.

b. **Análisis funcional:** Prueba de rango múltiple de Duncan al 5 % para Dosis, Frecuencia e interacción D x F.

#### c. Variables evaluadas

- Rendimiento total.
- Rendimiento comercial.
- Número total de tubérculos.
- Número de tubérculos comerciales.

#### d. Método de evaluación

• **Rendimiento total por planta:** se procedió a pesar el total de tubérculos producidos por la planta de una muestra de 16 plantas por tratamiento por bloque.



Figura 3. Rendimiento total por planta.

•**Rendimiento comercial por planta:** esta variable se evalúa a 16 plantas por tratamiento por bloque donde se pesó todos los tubérculos comerciales.



**Figura 4.** Peso de tubérculos comerciales

•**Número total de tubérculos total por planta:** de una muestra de 16 plantas por tratamiento por bloque se contó el total de tubérculos producidos por la planta.



**Figura 5.** Número de total de tubérculos por planta.

•**Número de tubérculos comerciales por planta:** al momento de la cosecha se tomó una muestra de 16 plantas por tratamiento por bloque, de las cuales se contó tubérculos con un peso mayor de 60 g.



**Figura 6.** Conteo de tubérculos comerciales.

### a. Manejo del experimento

●**Preparación del terreno:** Se realizó en forma mecanizada, con la finalidad de voltear la capa superficial del suelo, mullir la compactación y eliminar las malezas; mejorando las condiciones del suelo para facilitar el enraizamiento y desarrollo de las plántulas del cultivo de papa.



**Figura 7.** Preparación del terreno.

●**Siembra:** Se realizó en forma directa, al secano, utilizando tubérculos enteros y brotados de papa de aproximadamente 60 g de peso. La distancia entre surcos fue de 1.10 m y entre plantas de 0.30 m



**Figura 8.** Siembra del tubérculo de papa

•**Deshierbo:** Se realizó en forma manual a los 55 días después de emergencia del cultivo, con la finalidad de evitar competencia por nutriente y espacio con las malezas, eliminando la presencia de hospedero de plagas y enfermedades que puedan afectar al cultivo.



**Figura 9.** Cultivo de papa después del deshierbo (9 a) y cultivo antes del deshierbo (9 b).

•**Fertilización al suelo:** Se realizó al momento de la siembra utilizando 50 kg de Molimax papa (15-25-15) y gallinaza molida (2 sacos). La aplicación se hizo al fondo del surco a chorro continuo, en forma uniforme por todo el experimento. La segunda fertilización se realizó en la deshierbo aplicando solamente Molimax papa sierra (25 kg).



**Figura 10.** Aplicación del abono a chorro continuo en el fondo del surco.



•**Aporque:** se realizó en forma manual a los 75 días después de la emergencia del cultivo, con la finalidad de incorporar tierra a la planta para tener mejor tuberización para aumentar el rendimiento y número de tubérculos.



**Figura 11.** cultivo de papa aporcada

•**Control fitosanitario:** Para prevenir el ataque de gorgojo de los andes (*Premnotrypes vorax*) y Gusanos blancos (*Anomala* spp) se utilizó al momento de la siembra FURADAN 5% G (carfoburan) (1.5 Kg). Para el control de *Epitrix* spp. y *Diabrotica* spp. se hizo tres aplicaciones de Compact plus 250 EC (cipermetrina a 250 g/l) cada 15 días 30 ml/mochila de 20l. Para prevención y control de ranca (*Phytophthora infestan*), se aplicó cada 15 días Ridomil ® GOLD M (metalaxyl-M 40g/kg + mancozeb 640 g/kg), 30 g/mochila de 20 l.



**Figura 12.** Presencia de *Diabrotica* spp. (12 a), gusano de tierra (12 b) y ranca *Phytophthora infestan*(12c)

●**Aplicación de los tratamientos:** se realizó en horas frescas del día utilizando las diferentes dosis (50 ml/20 l, 100 ml/20 l, 125 ml/20 l) de abono foliar (FOLIREY 20-20-20) requeridas. Se llevó a cabo 5 aplicaciones, cada 15 días y 30 días, utilizando una bomba de mochila de 20 l.



**Figura 13.** Aplicación de sellador (13 a-13 b), aplicación de los tiramientos (13 c) y fumigación al cultivo de papa (13 d).

●**Cosecha:** Se realizó manualmente a los 190 días, se clasificó los tubérculos en las 2 categorías papa comercial de primera (tubérculos mayores a 60 g), papa comercial de segunda (tubérculos entre 31 a 60 g), y posteriormente se efectuó los cálculos para verificar el rendimiento. Se colocaron en sacos para luego ser vendidos al mercado local.



**Figura 14.** Cosecha manual de tubérculos de papa

**CAPÍTULO IV**  
**RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

**4.1. Rendimiento total**

**Tabla 5. Análisis de varianza para la variable rendimiento total.**

<b>Fuente de variación</b>	<b>DF</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>Cuadrado de la media</b>	<b>F-Valor</b>	<b>Pr &gt; F</b>
<b>Tratamiento</b>	6	20.51083570	3.41847262	11.22**	<.0001
<b>Bloque</b>	3	76.28525640	25.42841880	239.59**	<.0001
<b>D</b>	2	7.21529627	3.60764813	33.99**	<.0001
<b>F</b>	1	1.34876709	1.34876709	12.71**	0.0004
<b>D*F</b>	2	0.66541005	0.33270502	3.13*	0.0447
<b>T0 vs. Trat.</b>	1	11.27129156	11.27129156	36.98**	<.0001

**NS =no significativo**

**\*=significativo**

**\*\*=altamente significativo**

**Coefficiente de variación= 14.26338**

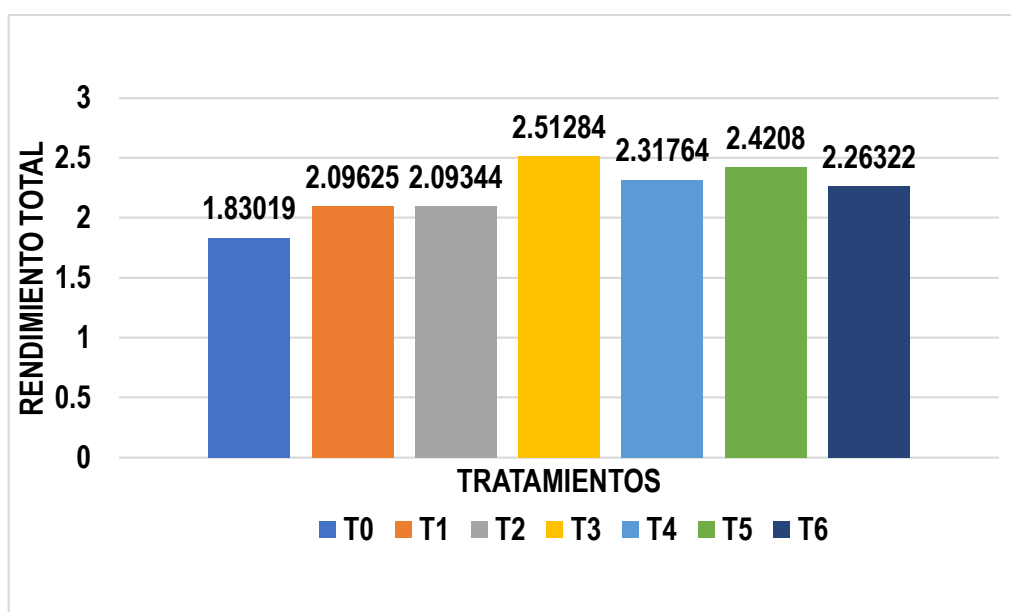
**Promedio= 2.284031**

En la tabla 5, se muestra el análisis de varianza para la variable rendimiento total del cultivo de papa variedad amarilis; donde se observa, que existe alta significancia estadística para tratamiento, bloque, dosis de aplicación, frecuencia de aplicación y tratamiento vs testigo; en cuanto a la interacción de dosis y frecuencia de aplicación sólo presenta significancia estadística. El coeficiente de variación es 14.26, concluyendo que el ensayo es muy confiable. Se obtuvo un promedio de 2.28 kg por planta.

**Tabla 6. Prueba de significación de rango múltiple de Duncan al 5 % para tratamientos en la variable rendimiento total.**

Duncan Agrupamiento	Promedio(Kg/planta)	Rendimiento(kg/ha)	Trat	Símbolo
A	2.51284	76146.59	T <sub>3</sub>	D <sub>2</sub> F <sub>1</sub>
B A	2.42080	73357.50	T <sub>5</sub>	D <sub>3</sub> F <sub>1</sub>
B A	2.31764	70231.44	T <sub>4</sub>	D <sub>2</sub> F <sub>2</sub>
B C	2.26322	68582.36	T <sub>6</sub>	D <sub>3</sub> F <sub>2</sub>
C	2.09625	63437.51	T <sub>1</sub>	D <sub>1</sub> F <sub>1</sub>
C	2.09344	63437.51	T <sub>2</sub>	D <sub>1</sub> F <sub>2</sub>
D	1.83019	55460.25	T <sub>0</sub>	Testigo

Valores con la misma letra no difieren estadísticamente según la prueba de Duncan (P=0.05)



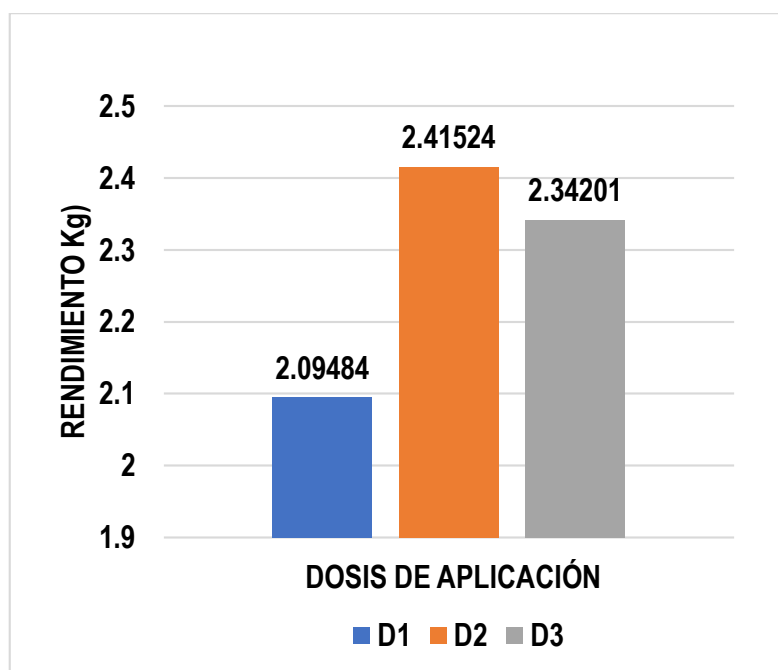
**Figura 15.** Comparación de medias de los tratamientos para el rendimiento total.

Según la prueba de significancia de Duncan al 5 % de probabilidad, tabla 6, para la variable rendimiento total de tubérculos cosechados; nos indica que el tratamiento T3 (D<sub>2</sub>F<sub>1</sub>), con una dosis de aplicación de 100 ml de folirey 20-20-20® en 20 l de agua y una frecuencia de aplicación cada 15 días, es superior al resto de tratamientos, con un promedio de 2.51284 kg por planta, el último lugar ocupó el testigo (T0), con un promedio de 1.83019 kg por planta, tal como se puede apreciar en la figura 15; debido posiblemente a que la planta utiliza los nutrientes vía foliar mucho más rápido y eficiente, a diferencia de la aplicación vía radicular tal como menciona Venegas 2010, esto se debe al pH ácido de 4.1 que tuvo el suelo donde se realizó la investigación, dificultando la absorción de macro y micronutrientes, siendo el pH ideal para el cultivo de papa entre 5,0 y 7.0 (INTAGRI 2017).

**Tabla 7. Prueba de significación de rango múltiple de Duncan al 5 % para dosis de aplicación en la variable rendimiento.**

Duncan Agrupamiento	Promedio(Kg/planta)	Rendimiento(kg/ha)	Dosis
A	2.41524	73189.02	D <sub>2</sub>
A	2.34201	70969.93	D <sub>3</sub>
B	2.09484	63479.94	D <sub>1</sub>

Valores con la misma letra no difieren estadísticamente según la prueba de Duncan (P=0.05)



**Figura 16.** Comparación de medias de factor dosis de aplicación para el rendimiento.

Según la prueba de Duncan al 5 %, tabla 7, para la variable rendimiento total la dosis D2 (100 ml/20l) y dosis D3 (125 ml/20 l), son estadísticamente iguales, con una media de 2.41524 y 2.34201 kg por planta; superiores al D1 (50 ml/20 l) con una media de 2.09484 kg por planta, tal como, se aprecia en la figura 16; coincidiendo con Pazmiño (2012), quien realizó estudios en el cultivo de repollo y obtuvo mejores resultados, aplicando abono foliar quimifol a una dosis de 100 g/ 20 l.

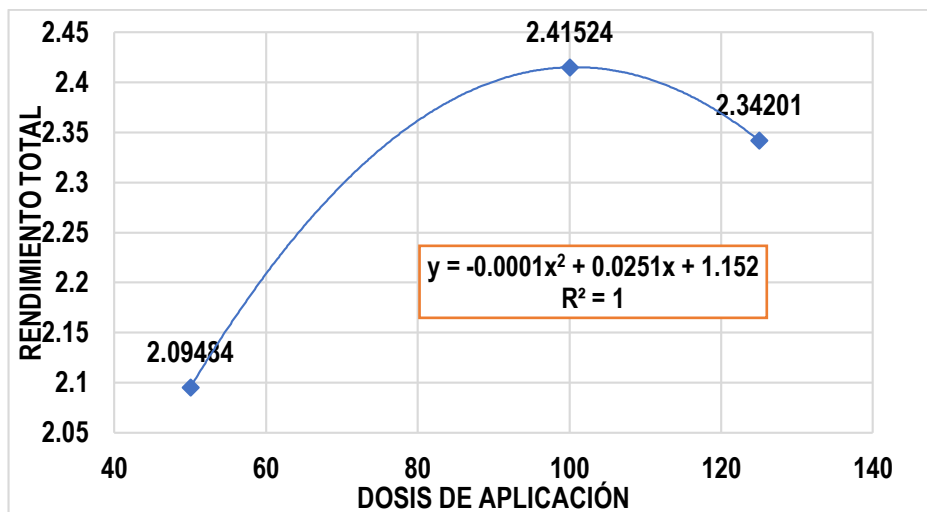


Figura 17. Tendencia cuadrática para dosis de aplicación en la variable rendimiento.

Según la tendencia cuadrática, figura 17, para dosis de aplicaciones en la variable rendimiento total; se puede apreciar que a medida que incrementa la dosis de aplicación; también incrementa el rendimiento, hasta, una dosis de 100 ml por 20 l con un promedio de 2.41524 kg por planta, a partir del cual el rendimiento decrece.

Tabla 8. Prueba de significación de rango múltiple de Duncan al 5 % para frecuencias de aplicación en la variable rendimiento.

Duncan Agrupamiento	Promedio(Kg/planta)	Rendimiento (Kg/ha)	Frecuencia
A	2.34330	71009.02	F <sub>1</sub>
B	2.22477	67417.21	F <sub>2</sub>

Valores con la misma letra no difieren estadísticamente según la prueba de Duncan (P=0.05)

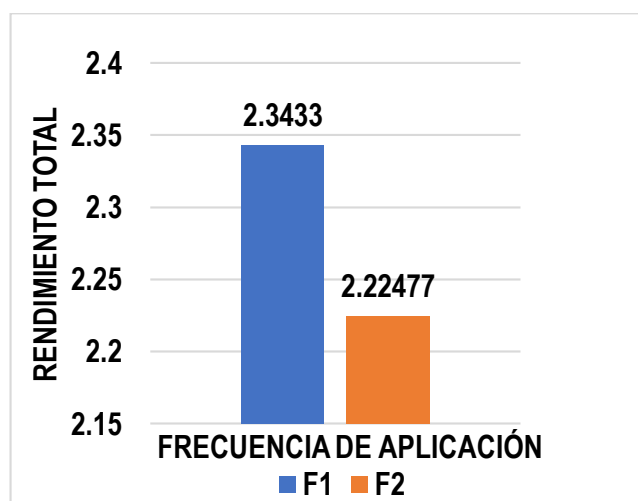


Figura 18. Comparación de medias de factor frecuencia de aplicación para el rendimiento.

Con respecto a la frecuencia de aplicación, la prueba de Duncan al 5 %, tabla 8, para la variable rendimiento total; nos muestra diferencias significativas en la frecuencia de aplicación F1 (cada 15 días) y F2 (cada 30 días) con una media de 2.3433 y 2.22477 kg por planta, como se puede apreciar en la figura 18; pudiendo decir que la aplicación foliar con intervalos más cortos aumenta el rendimiento, tal como dice Ramírez (2000), que no solo incrementa la producción, sino que, tampoco altera el medio ambiente.

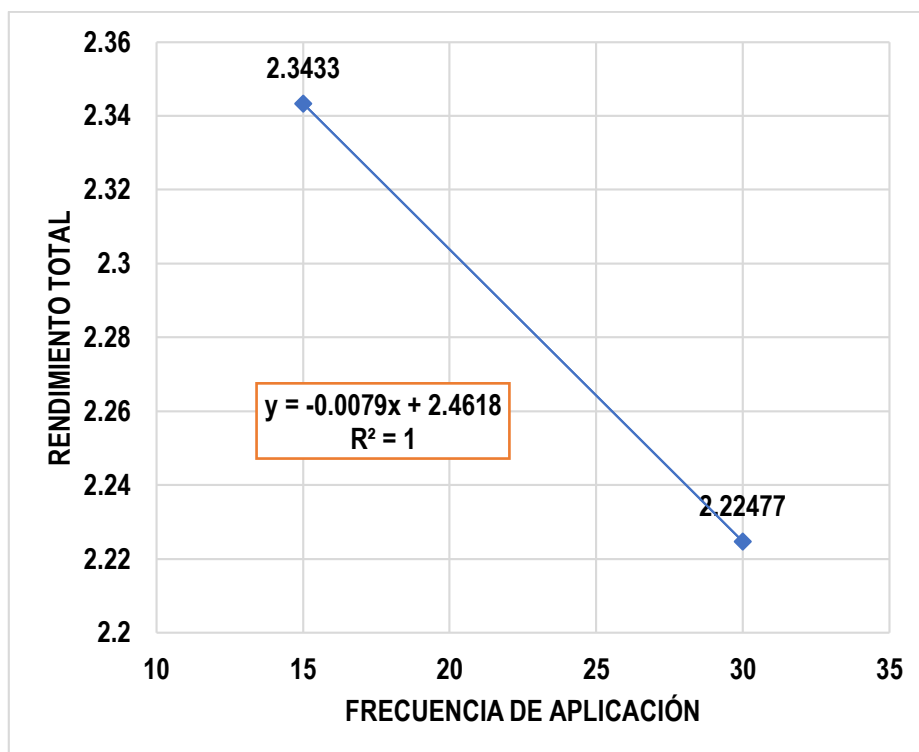


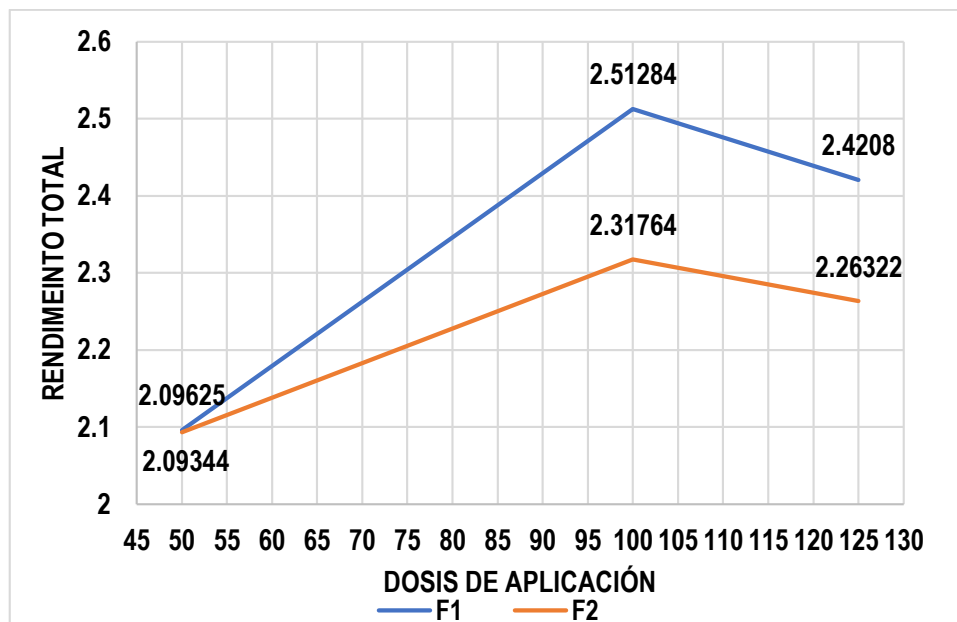
Figura 19. Tendencia lineal para frecuencia de aplicación en la variable rendimiento.

Según la figura 19, el rendimiento aumenta a medida que disminuye la frecuencia de aplicación esto quiere decir que, si la frecuencia disminuye en una unidad el rendimiento aumenta en 0.0079.

Tabla 9. Prueba de significación de rango múltiple de Duncan al 5 % para interacción D\*F en la variable rendimiento.

Duncan Agrupamiento	Promedio(Kg/planta)	Rendimiento (Kg/ha)	Trat	Símbolo
A	2.51284	76146.59	T <sub>3</sub>	D <sub>2</sub> F <sub>1</sub>
B A	2.42080	73357.50	T <sub>5</sub>	D <sub>3</sub> F <sub>1</sub>
B A	2.31764	73357.50	T <sub>4</sub>	D <sub>2</sub> F <sub>2</sub>
B C	2.26322	68582.36	T <sub>6</sub>	D <sub>3</sub> F <sub>2</sub>
C	2.09625	63522.66	T <sub>1</sub>	D <sub>1</sub> F <sub>1</sub>
C	2.09344	63437.51	T <sub>2</sub>	D <sub>1</sub> F <sub>2</sub>

Valores con la misma letra no difieren estadísticamente según la prueba de Duncan (P=0.05)



**Figura 20.** Dispersión lineal entre la interacción de los factores dosis y frecuencia de aplicación en la variable rendimiento.

Mediante la prueba de significación de Duncan al 5 %; tabla 9, para la interacción dosis y frecuencia de aplicación, en la variable rendimiento total, el tratamiento T3 (D2F1) es estadísticamente superior al resto de tratamientos con una media de 2.51284 kg por planta. Según la figura 20, se puede decir, que a medida que se disminuye la frecuencia de aplicación y se aumenta la dosis hasta 100 ml se logra un incremento de la producción.

#### 4.2 Rendimiento comercial

**Tabla 10. Análisis de varianza para la variable rendimiento comercial.**

Fuente de variación	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Tratamiento	6	19.94922744	3.32487124	11.45**	<.0001
Bloque	3	65.36661710	21.78887237	173.17**	<.0001
D	2	7.94400920	3.97200460	31.57**	<.0001
F	1	1.84573654	1.84573654	14.67**	0.0002
D*F	2	1.06211841	0.53105921	4.22 *	0.0154
T0 vs. Trat.	1	9.13931814	9.13931814	31.48**	<.0001

NS =no significativo

\*=significativo

\*\*=altamente significativo

Coefficiente de variación= 17.36958

Promedio= 2.042149

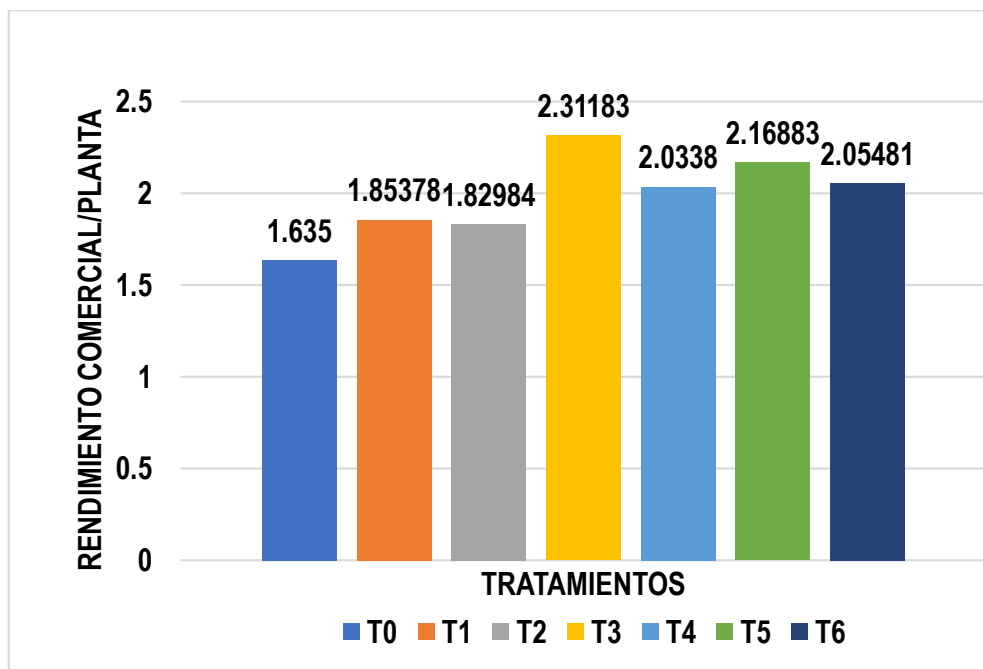


En la tabla 10, se muestra el análisis de varianza para la variable rendimiento comercial; se observa que existe alta significancia estadística para tratamiento, bloque, dosis de aplicación, frecuencia de aplicación y tratamiento vs testigo; en cuanto a la interacción de dosis y frecuencia de aplicación sólo presenta significancia estadística. El coeficiente de variación es 17.369, se concluye que el ensayo es muy confiable. Se obtuvo un promedio de 2.042 kg por planta.

**Tabla 11. Prueba de significación de rango múltiple de Duncan al 5 % para tratamientos en la variable rendimiento comercial.**

Duncan Agrupamiento	Promedio (Kg/planta)	Rendimiento(Kg/ha)	Trat	Símbolo
A	2.31183	70055.38	T <sub>3</sub>	D <sub>2</sub> F <sub>1</sub>
B A	2.16883	65722.06	T <sub>5</sub>	D <sub>3</sub> F <sub>1</sub>
B	2.05481	62266.91	T <sub>6</sub>	D <sub>3</sub> F <sub>2</sub>
C B	2.03380	61630.24	T <sub>4</sub>	D <sub>2</sub> F <sub>2</sub>
D C	1.85378	56175.09	T <sub>1</sub>	D <sub>1</sub> F <sub>1</sub>
D	1.82984	55449.64	T <sub>2</sub>	D <sub>1</sub> F <sub>2</sub>
E	1.63500	49545.41	T <sub>0</sub>	Testigo

Valores con la misma letra no difieren estadísticamente según la prueba de Duncan (P=0.05)



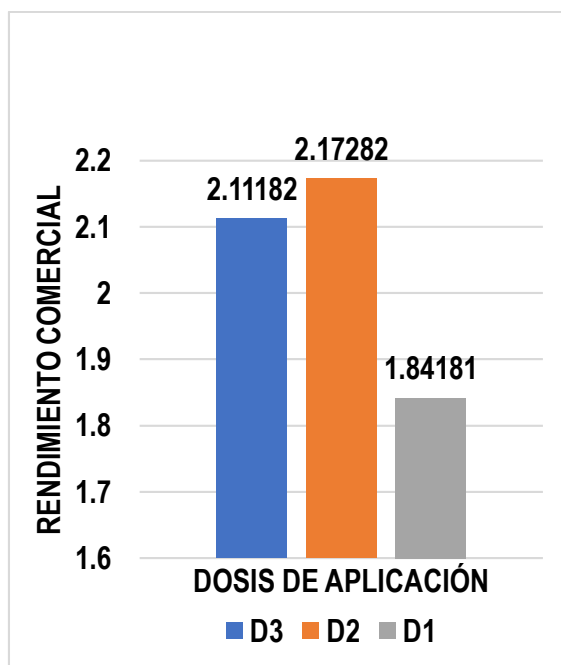
**Figura 21.** Comparación de medias de los tratamientos para la variable rendimiento comercial.

Según la prueba de significancia de Duncan al 5 % de probabilidad, tabla 11, para la variable rendimiento comercial de tubérculos ; nos indica que el tratamiento T3 (D2F1), con una dosis de aplicación de 100 ml de folirey 20-20-20 en 20 l de agua y una frecuencia de aplicación cada 15 días, es superior al resto de tratamientos, con un promedio de 2.31183 kg por planta, el último lugar ocupó el testigo (T0), con un promedio de 1.635 kg por planta , tal como se puede apreciar en la figura 21; debido a que el foliar, folirey 20-20-20®, tiene en su composición 20 % de potasio asimilable, mejorando la calidad, peso y tamaño de tubérculos debido a que el K promueve la formación de fotosintatos tal como afirma Pumisacho y Sherwood (2002).

**Tabla 12. Prueba de significación de rango múltiple de Duncan al 5 % para dosis de aplicación en la variable rendimiento comercial.**

Duncan Agrupamiento	Promedio(Kg/planta)	Rendimiento(Kg/ha)	Dosis
A	2.17282	65842.96	D <sub>2</sub>
A	2.11182	63994.48	D <sub>3</sub>
B	1.84181	55812.39	D <sub>1</sub>

Valores con la misma letra no difieren estadísticamente según la prueba de Duncan (P=0.05)



**Figura 22.** Comparación de medias del factor dosis de aplicación para la variable rendimiento comercial.

Según la prueba de Duncan al 5 %, tabla 12, para la variable rendimiento comercial total la dosis D2 (100 ml/20 l) y dosis D3 (125 ml/20 l), son estadísticamente iguales, con una media de 2.17282 y 2.11182 kg por planta; superiores al D1 (50 ml/20 l) con una media de 1.84181 kg por planta tal como se aprecia en la figura 22. Se obtuvo mejores resultados con una dosis de aplicación de 100

ml por 20 l debido posiblemente a que a dosis muy elevadas se podría generar una toxicidad a la planta tal como afirma Téllez *et al.* (2007).

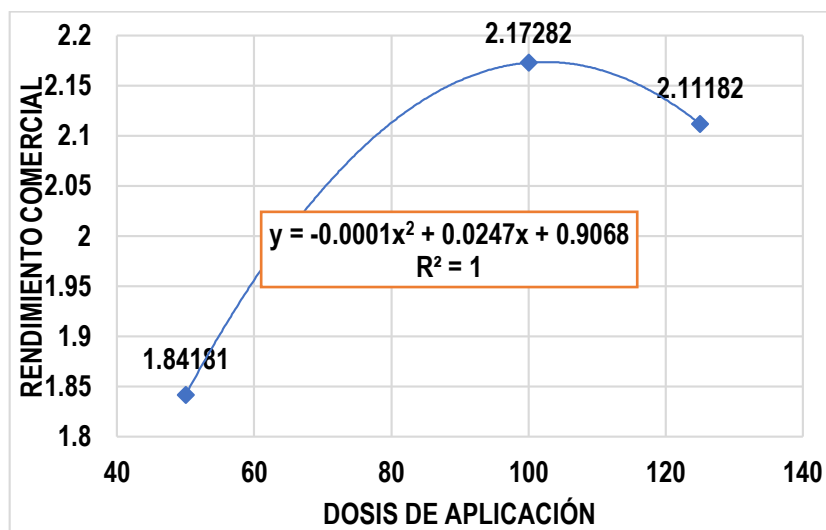


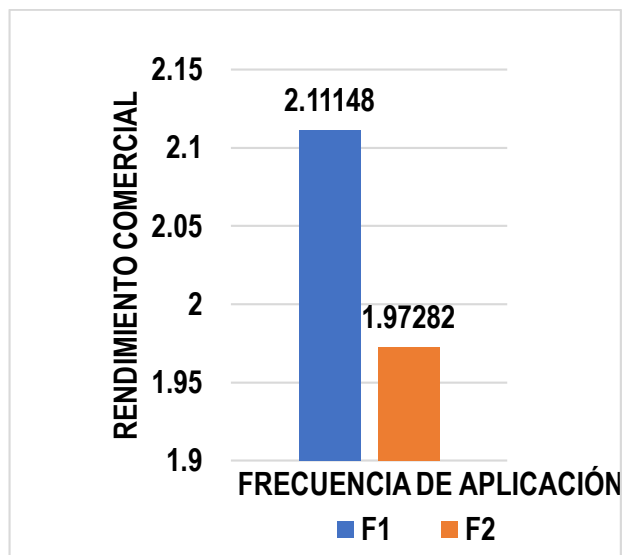
Figura 23. Tendencia cuadrática para dosis de aplicación en la variable rendimiento comercial por planta.

Según la tendencia cuadrática, figura 23, para dosis de aplicaciones en la variable rendimiento comercial; se puede apreciar que a medida que incrementa la dosis de aplicación; también incrementa el rendimiento, hasta, una dosis de 100 ml por 20 l con un promedio de 2.17282 kg por planta, a partir del cual el rendimiento decrece.

Tabla 13. Prueba de significación de rango múltiple de Duncan al 5 % para frecuencias de aplicación en la variable rendimiento comercial.

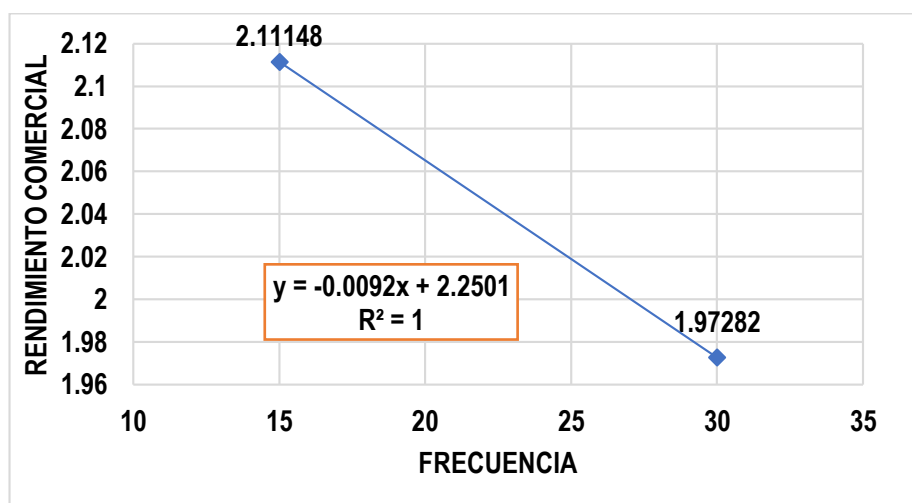
Duncan Agrupamiento	Promedio(Kg/planta)	Rendimiento(Kg/ha)	Frecuencia
A	2.11148	63984.19	F <sub>1</sub>
B	1.97282	59782.36	F <sub>2</sub>

Valores con la misma letra no difieren estadísticamente según la prueba de Duncan (P=0.05)



**Figura 24.** Comparación de medias del factor frecuencia de aplicación para la variable rendimiento comercial

Con respecto a la frecuencia de aplicación, la prueba de Duncan al 5 %, tabla 13, para la variable rendimiento comercial; nos muestra diferencias significativas en la frecuencia de aplicación F1 (cada 15 días) y F2 (cada 30 días) con una media de 2.11148 y 1.97282 kg por planta , como se puede apreciar en la figura 24. , según se deba posiblemente que a aplicaciones más frecuentes de foliares que contengan fósforo se logre obtener mayor tuberización, conociendo con Pumisacho y Sherwood (2002), quienes afirman; que en papa, el fósforo promueve el crecimiento de las raíces y la rápida formación de tubérculos, por lo que es un elemento crítico en el periodo inicial y de desarrollo de la planta y en la tuberización.



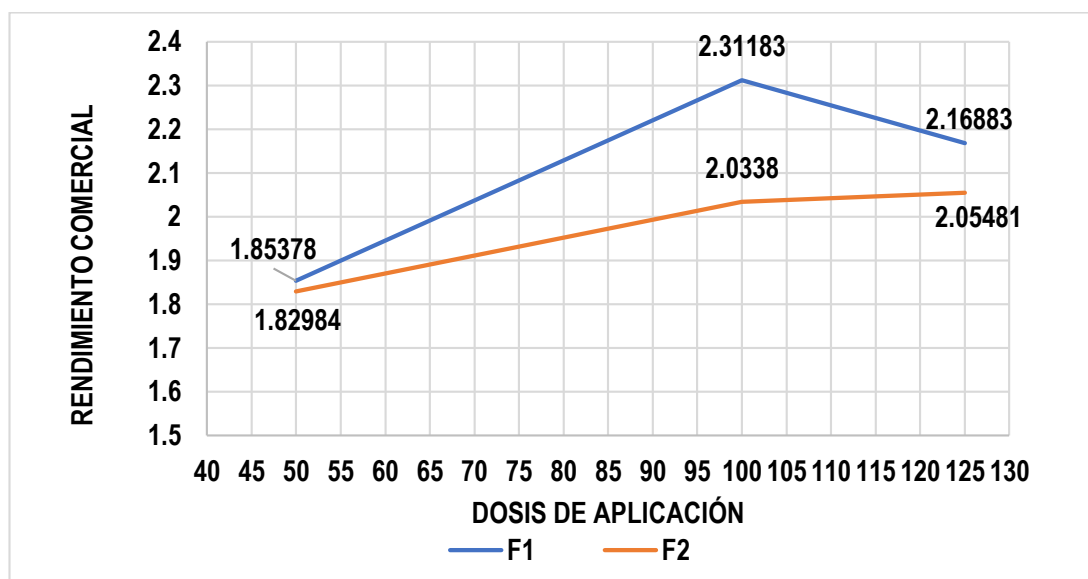
**Figura 25.** Tendencia lineal para frecuencia de aplicación en la variable rendimiento comercial.

Según la figura 25, el rendimiento aumenta a medida que disminuye la frecuencia de aplicación esto quiere decir que si la frecuencia disminuye en una unidad el rendimiento aumenta 0.0092.

**Tabla 14. Prueba de significación de rango múltiple de Duncan al 5 % para interacción D\*F en la variable rendimiento comercial.**

Duncan agrupamiento	Promedio(kg/planta)	Rendimiento (kg/ha)	Trat	Símbolo
A	2.31183	70055.38	T <sub>3</sub>	D <sub>2</sub> F <sub>1</sub>
B A	2.16883	65722.06	T <sub>5</sub>	D <sub>3</sub> F <sub>1</sub>
B	2.05481	62266.91	T <sub>6</sub>	D <sub>3</sub> F <sub>2</sub>
C B	2.03380	61630.24	T <sub>4</sub>	D <sub>2</sub> F <sub>2</sub>
D C	1.85378	56175.09	T <sub>1</sub>	D <sub>1</sub> F <sub>1</sub>
D	1.82984	55449.64	T <sub>2</sub>	D <sub>1</sub> F <sub>2</sub>

Valores con la misma letra no difieren estadísticamente según la prueba de Duncan (P=0.05)



**Figura 26.** Dispersión lineal entre la interacción de los factores dosis y frecuencia de aplicación (D\*F) en la variable rendimiento comercial.

Mediante la prueba de significación de Duncan al 5 %; tabla 14, para la interacción dosis y frecuencia de aplicación, en la variable rendimiento comercial, el tratamiento T<sub>3</sub> (D<sub>2</sub>F<sub>1</sub>) es estadísticamente superior al resto de tratamientos con una media de 2.21182 kg por planta. Según la figura 26, se puede decir, que a medida que se disminuye la frecuencia de aplicación y se aumenta la dosis hasta 100 ml se logra un incremento de la producción

### 4.3. Número total de tubérculos cosechados.

Tabla 15. Análisis de varianza para la variable número total de tubérculos cosechados

Fuente de variación	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Tratamiento	6	770.7812500	128.4635417	4.25**	0.0004
Bloque	3	1480.895833	493.631944	19.63**	<.0001
D	2	345.442708	172.721354	6.87**	0.0012
F	1	0.375000	0.375000	0.01NS	0.9029
D*F	2	34.734375	17.367188	0.69NS	0.5019
T0 vs. Trat.	1	533.0390625	533.0390625	17.63**	<.0001

NS =no significativo

\*=significativo

\*\*=altamente significativo

Coefficiente de variación=30.14361

Promedio=16.63542

En la tabla 15, se muestra el análisis de varianza para la variable rendimiento número total de tubérculos cosechas; se observa que existe alta significancia estadística para tratamiento, bloque, dosis de aplicación, y tratamiento vs testigo; en cuanto a la frecuencia de aplicación e interacción de dosis y frecuencia de aplicación no presenta significancia estadística. El coeficiente de variación es 30.14, se concluye que el ensayo es poco confiable. Se obtuvo un promedio de 16.64 tubérculos cosechados por planta.

Tabla 16. Prueba de significación de rango múltiple de Duncan al 5 % para tratamientos en la variable número total de tubérculos.

Duncan Agrupamiento	Media	Trat	Símbolo
A	18.1094	T <sub>6</sub>	D <sub>3</sub> F <sub>2</sub>
A	17.8438	T <sub>5</sub>	D <sub>3</sub> F <sub>1</sub>
B A	16.4375	T <sub>3</sub>	D <sub>2</sub> F <sub>1</sub>
B A	16.1719	T <sub>2</sub>	D <sub>1</sub> F <sub>2</sub>
B	15.7188	T <sub>1</sub>	D <sub>1</sub> F <sub>1</sub>
B	15.5313	T <sub>4</sub>	D <sub>2</sub> F <sub>2</sub>
C	13.2656	T <sub>0</sub>	Testigo

Valores con la misma letra no difieren estadísticamente según la prueba de Duncan (P=0.05)

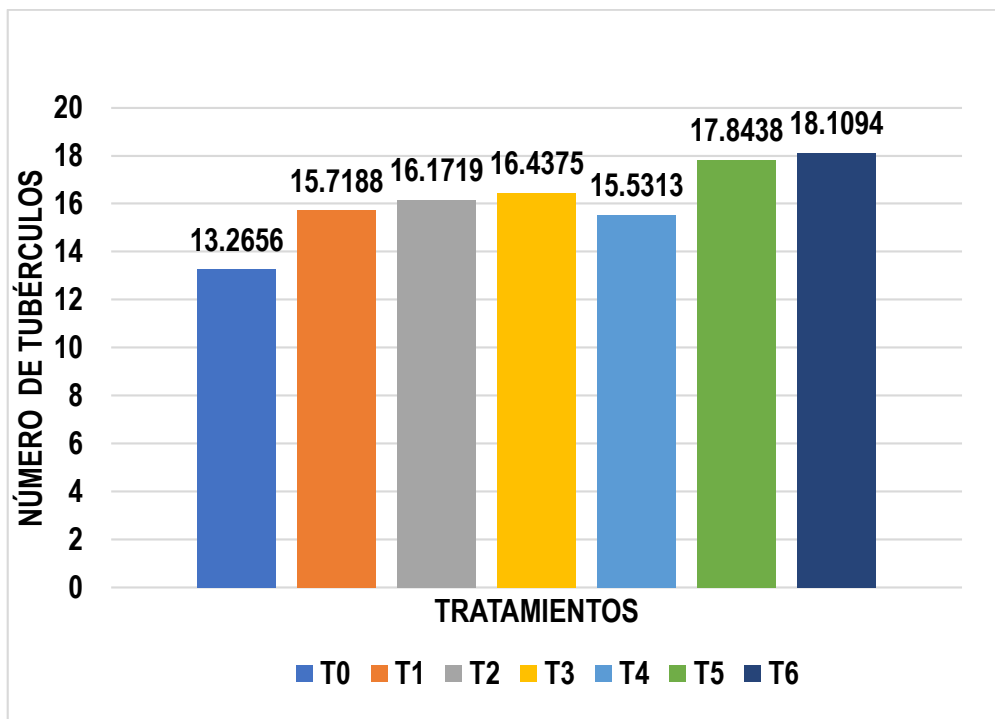


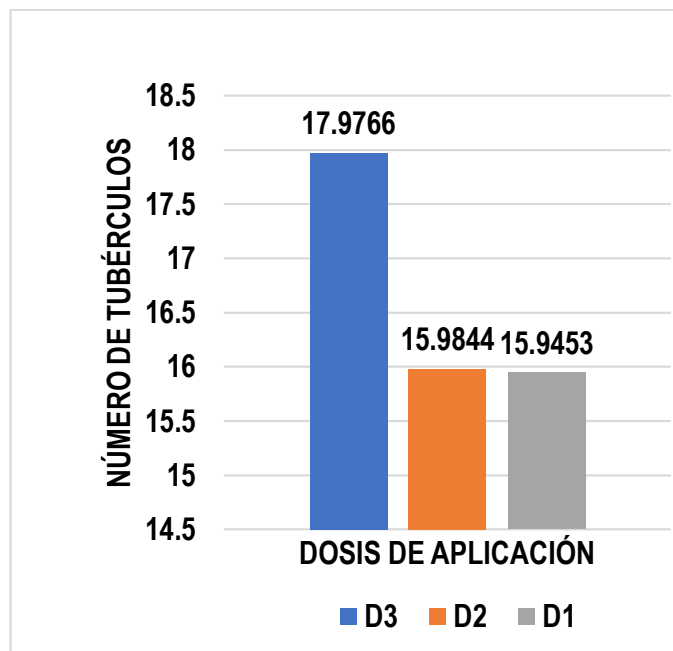
Figura 27. Comparación de medias de los tratamientos para la variable número total de tubérculos

Según la prueba de significancia de Duncan al 5 % de probabilidad, tabla 16, para la variable número total de tubérculos ; nos indica que el tratamiento T6 (D3F2), con una dosis de aplicación de 125 ml de folirey 20-20-20 en 20l de agua y una frecuencia de aplicación cada 30 días, es superior al resto de tratamientos, con un promedio de 18.1094 tubérculos por planta, el último lugar ocupó el testigo (T0), con un promedio de 13.2656 tubérculos por planta , tal como se puede apreciar en la figura 27; esto se debe posiblemente al fosforo (20 %) presente en el foliar el cual ayuda a la formación de mayor numero de raíces y tubérculos , tal como nos dice Pumisacho y Sherwood (2002).

Tabla 17. Prueba de significación de rango múltiple de Duncan al 5 % para dosis de aplicación en la variable número total de tubérculos.

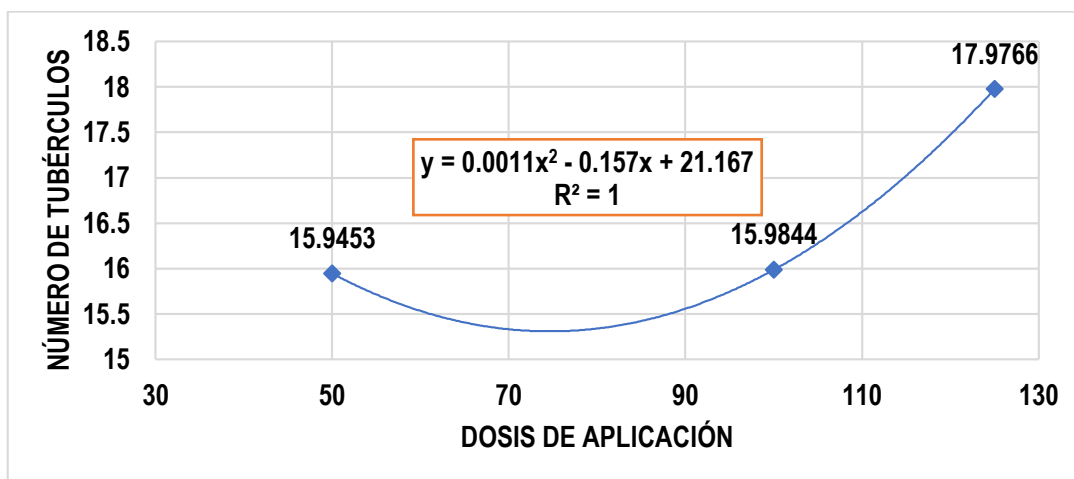
DUNCAN AGRUPAMIENTO	MEDIA	DOSIS
A	17.9766	D <sub>3</sub>
B	15.9844	D <sub>2</sub>
B	15.9453	D <sub>1</sub>

Valores con la misma letra no difieren estadísticamente según la prueba de Duncan (P=0.05)



**Figura 27.** Comparación de medias del factor dosis de aplicación para la variable número total de tubérculos.

Según la prueba de Duncan al 5 %, tabla 17, para la variable rendimiento comercial total la dosis D3 (125 ml/20 l), son estadísticamente superior al resto de dosis con una media de 17.9799 tubérculos por planta, tal como se aprecia en la figura 28. Coincidiendo con Vélez (2013), quien realizó estudios en aplicaciones foliares hierro y zinc en el cultivo de papa logrando obtener hasta 27.01 tubérculos por planta.



**Figura 28.** Tendencia cuadrática para dosis de aplicación en la variable número de tubérculos

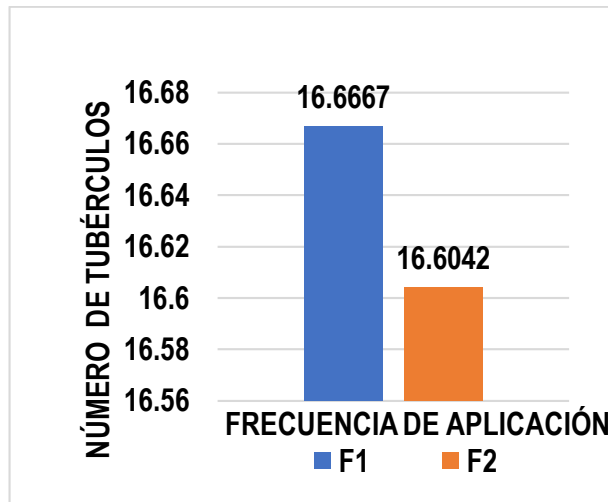
Según la tendencia cuadrática, figura 29, para dosis de aplicaciones en la variable número total de tubérculos; se puede apreciar que a medida que incrementa la dosis de aplicación; también incrementa el número total de tubérculos por planta.



**Tabla 18. Prueba de significación de rango múltiple de Duncan al 5 % para frecuencias de aplicación en la variable número de tubérculos.**

Duncan Agrupamiento	Media	Frecuencia
A	16.6667	F <sub>1</sub>
A	16.6042	F <sub>2</sub>

Valores con la misma letra no difieren estadísticamente según la prueba de Duncan (P=0.05)



**Figura 29.** Comparación de medias del factor frecuencias de aplicación para la variable número total de tubérculos.

Con respecto a la frecuencia de aplicación, la prueba de Duncan al 5 %, tabla 18, para la variable número total de tubérculos; nos muestra diferencias significativas en la frecuencia de aplicación F1 (cada 15 días) y F2 (cada 30 días) con una media de 16.6667 y 16.6042 tubérculos por planta, como se puede apreciar en la figura 30.

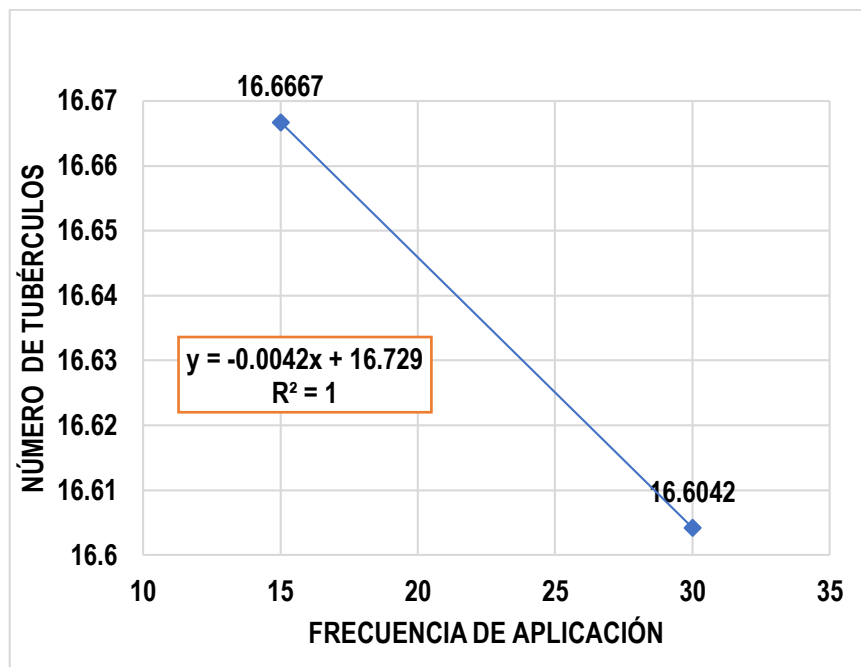


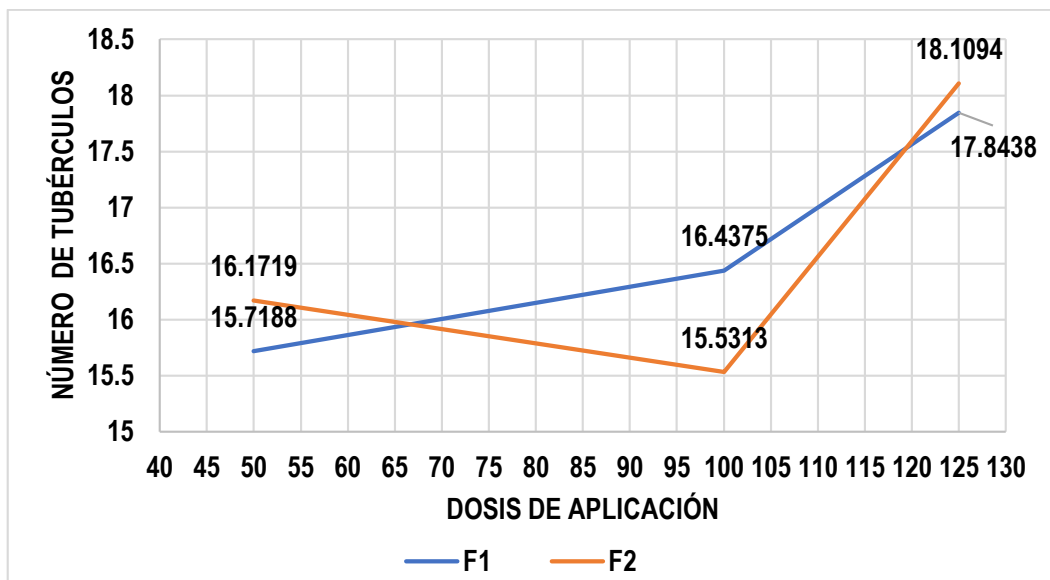
Figura 30. Tendencia lineal para frecuencia de aplicación en la variable número de tubérculos.

Según la figura 31, el rendimiento aumenta a medida que disminuye la frecuencia de aplicación esto quiere decir que si la frecuencia disminuye en una unidad el rendimiento aumenta en 0.0042.

Tabla 19. Prueba de significación de rango múltiple de Duncan al 5 % para interacción D\*F en la variable número de tubérculos.

Duncan Agrupamiento	Media	Trat	Símbolo
A	18.1094	T <sub>6</sub>	D <sub>3</sub> F <sub>2</sub>
A	17.8438	T <sub>5</sub>	D <sub>3</sub> F <sub>1</sub>
B A	16.4375	T <sub>3</sub>	D <sub>2</sub> F <sub>1</sub>
B A	16.1719	T <sub>2</sub>	D <sub>1</sub> F <sub>2</sub>
B	15.7188	T <sub>1</sub>	D <sub>1</sub> F <sub>1</sub>
B	15.5313	T <sub>4</sub>	D <sub>2</sub> F <sub>2</sub>

Valores con la misma letra no difieren estadísticamente según la prueba de Duncan (P=0.05).



**Figura 31.** Dispersión lineal entre la interacción de los factores dosis y frecuencia de aplicación en la variable número de tubérculos.

Mediante la prueba de significación de Duncan al 5 %; tabla 19, para la interacción dosis y frecuencia de aplicación, en la variable rendimiento comercial, el tratamiento T3 (D2F1) es estadísticamente superior al resto de tratamientos con una media de 18.1094 tubérculos por planta. Como nos muestra la figura 32, los factores dosis y frecuencia de aplicación son independientes entre sí; se puede decir que, los efectos de un factor serán los mismos para los niveles del otro factor.

#### 4.4. Número de tubérculos comerciales.

**Tabla 20. Análisis de varianza para la variable número de tubérculos comerciales**

Fuente de variación	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Tratamiento	6	865.2142857	144.2023810	12.67**	<.0001
Bloque	3	997.5625000	332.5208333	35.56**	<.0001
D	2	202.5364583	101.2682292	10.83**	<.0001
F	1	70.0416667	70.0416667	7.49**	0.0065
D*F	2	170.8177083	85.4088542	9.13**	0.0001
T0 vs. Trat.	1	429.9200149	429.9200149	37.69**	<.0001

NS =no significativo

\*=significativo

\*\*=altamente significativo

Coefficiente de variación= 28.66717

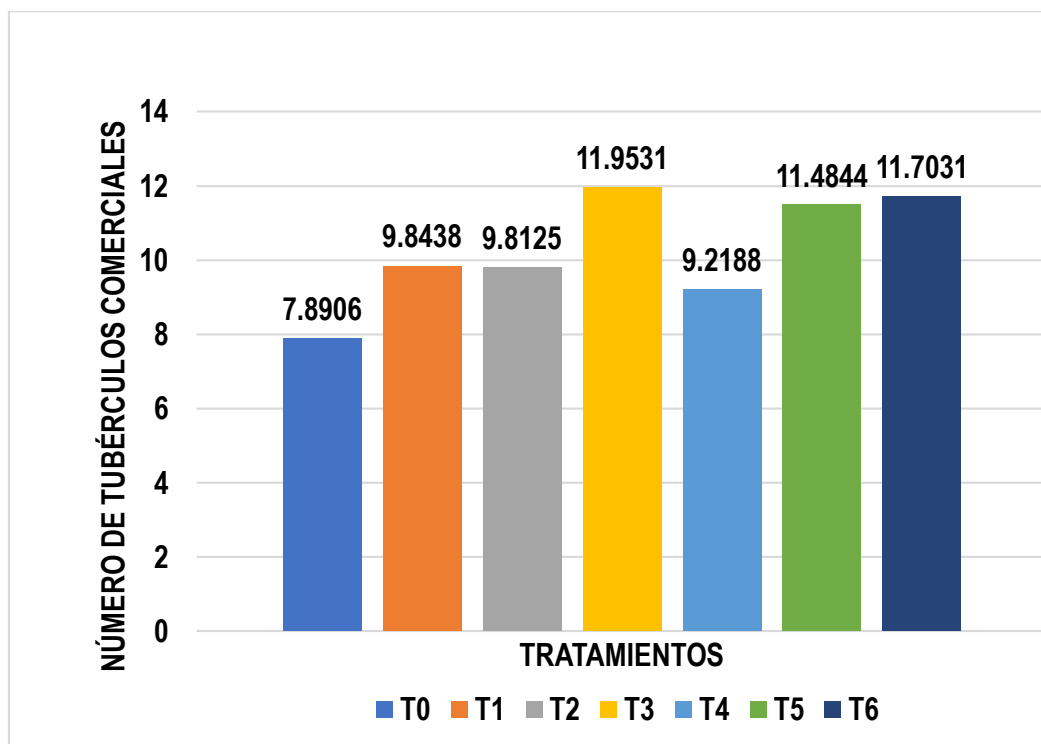
Promedio=10.66667

En la tabla 20, se muestra el análisis de varianza para la variable rendimiento total del cultivo de papa variedad amarilis; se observa que existe alta significancia estadística para tratamiento, bloque, dosis de aplicación, frecuencia de aplicación, interacción de dosis y frecuencia de aplicación y tratamiento vs testigo. El coeficiente de variación es 28.67, se concluye que el ensayo es muy confiable. Se obtuvo un promedio de 10.67 tubérculos comerciales por planta.

**Tabla 21. Prueba de significación de rango múltiple de Duncan al 5 % para tratamientos en la variable número de tubérculos comerciales.**

Duncan agrupamiento	Media	Tratamiento	Símbolo
A	11.9531	T <sub>3</sub>	D <sub>2</sub> F <sub>1</sub>
A	11.7031	T <sub>5</sub>	D <sub>3</sub> F <sub>1</sub>
A	11.4844	T <sub>6</sub>	D <sub>3</sub> F <sub>2</sub>
B	9.8438	T <sub>1</sub>	D <sub>1</sub> F <sub>1</sub>
B	9.8125	T <sub>2</sub>	D <sub>1</sub> F <sub>2</sub>
B	9.2188	T <sub>4</sub>	D <sub>2</sub> F <sub>2</sub>
C	7.8906	T <sub>0</sub>	Testigo

Valores con la misma letra no difieren estadísticamente según la prueba de Duncan (P=0.05)



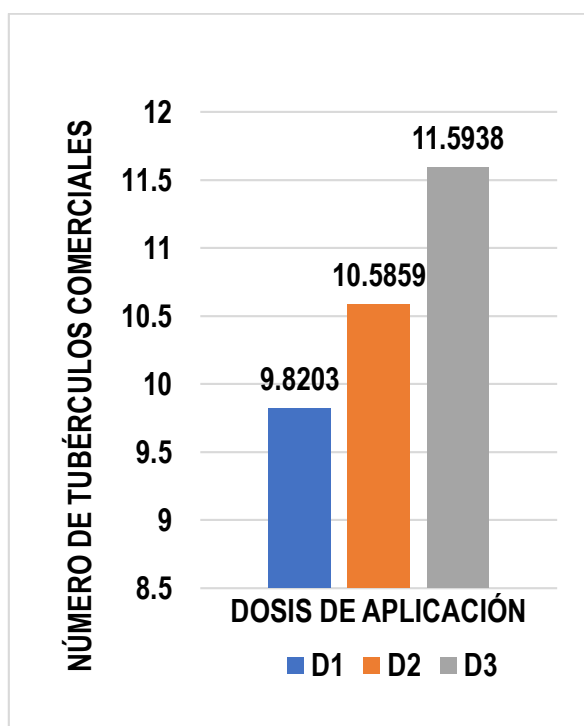
**Figura 32. Comparación de medias de los tratamientos para la variable número de tubérculos comerciales.**

Según la prueba de significancia de Duncan al 5 % de probabilidad, tabla 21, para la variable número de tubérculos comerciales ; nos indica que el tratamiento T3 (D2F1), con una dosis de aplicación de 100 ml de folirey 20-20-20 en 20 l de agua y una frecuencia de aplicación cada 15 días, es superior al resto de tratamientos, con un promedio de 11.9531 tubérculos por planta, el último lugar ocupó el testigo (T0), con un promedio de 7.8906 tubérculos por planta , tal como se puede apreciar en la figura 33. Es se debe a la presencia de fosforo y potasio que nos ayuda a lograr un mayor número de tubérculos de mayor tamaño coincido con Pumisacho y Sherwood (2002).

**Tabla 22. Prueba de significación de rango múltiple de Duncan al 5 % para dosis de aplicación en la variable número de tubérculos comerciales.**

Duncan Agrupamiento	Media	Dosis
<b>A</b>	11.5938	D <sub>3</sub>
<b>B</b>	10.5859	D <sub>2</sub>
<b>C</b>	9.8203	D <sub>1</sub>

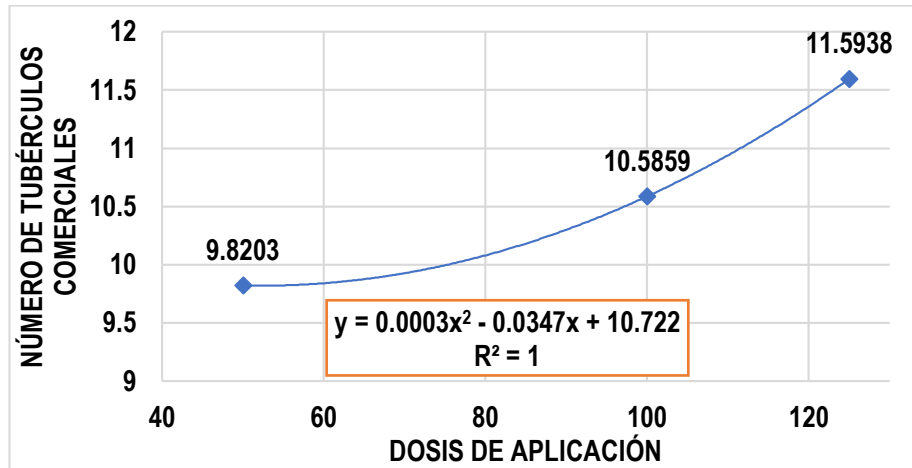
Valores con la misma letra no difieren estadísticamente según la prueba de Duncan (P=0.05)



**Figura 33.** Comparación de medias de factor dosis de aplicación para la variable número de tubérculos comerciales.

Con respecto a dosis de aplicación, la prueba de Duncan al 5 %, para la variable número de tubérculos comerciales, tabla 22, los tratamientos que recibieron las dosis D3 (125 ml/20 l) son superiores al resto con una media de 11.5939 tubérculos comerciales por planta, figura 34, debido

a que, los foliares estimulan la capacidad de asimilación de los nutrientes del suelo tal como afirma Venegas (2008), mejorando la calidad del tubérculo.



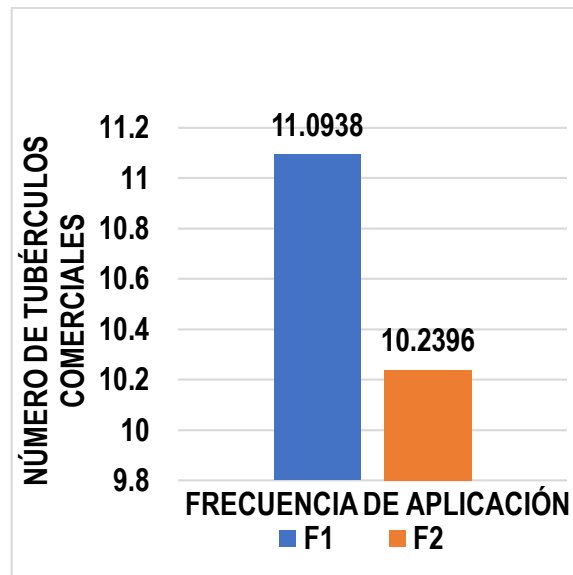
**Figura 34.** Tendencia cuadrática para dosis de aplicación en la variable número de tubérculos comerciales.

Según la tendencia cuadrática, figura 35, para dosis de aplicaciones en la variable número de tubérculos comerciales; se puede apreciar que a medida que incrementa la dosis de aplicación; también incrementa el número de tubérculos comerciales por planta.

**Tabla 23. Prueba de significación de rango múltiple de Duncan al 5 % para frecuencias de aplicación en la variable número de tubérculos comerciales.**

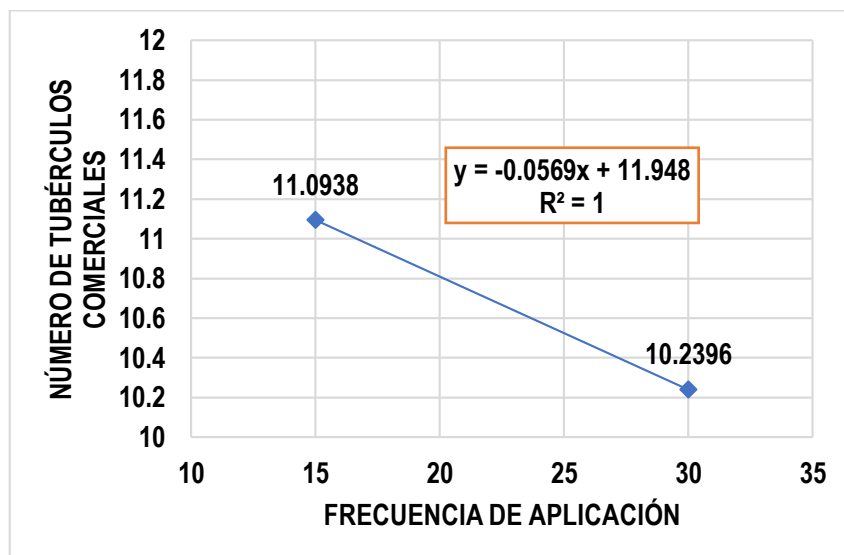
Duncan Agrupamiento	Media	Frecuencia
A	11.0938	F <sub>1</sub>
B	10.2396	F <sub>2</sub>

Valores con la misma letra no difieren estadísticamente según la prueba de Duncan (P=0.05)



**Figura 35.** Comparación de medias del factor frecuencia de aplicación para la variable número de tubérculos comerciales.

Con respecto a la frecuencia de aplicación, la prueba de Duncan al 5 %, tabla 23, para la variable número de tubérculos comerciales; nos muestra diferencias significativas en la frecuencia de aplicación F1 (cada 15 días) y F2 (cada 30 días) con una media de 11.0938 y 10.2396 tubérculos por planta, como se puede apreciar en la figura 36, el análisis de suelo el terreno tiene baja concentración de potasio, esencial para el llenado de los tubérculos, mediante el abono foliar se logró corregir esta deficiencia logrando mayor número de tubérculos comercial, mediante el incremento de frecuencia de aplicaciones; tal como afirman Medina (1989) que el potasio es esencial para la formación y traslocación de azúcares y almidón, contribuye al desarrollo de las raíces y al aumento del tamaño y calidad.



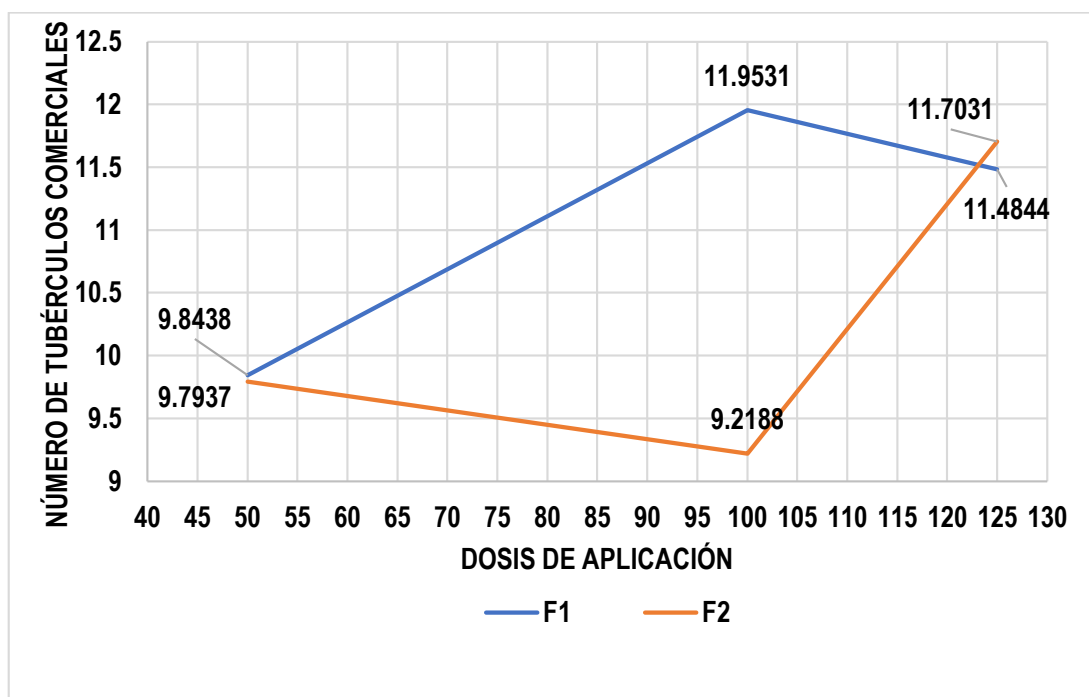
**Figura 36.** Tendencia lineal para frecuencia de aplicación en la variable número de tubérculos comerciales.

Según la figura 37, el rendimiento aumenta a medida que disminuye la frecuencia de aplicación esto quiere decir que si la frecuencia disminuye en una unidad el rendimiento aumenta 0.0569.

**Tabla 24. Prueba de significación de rango múltiple de Duncan al 5 % para interacción D\*F en la variable número de tubérculos comerciales.**

Duncan agrupamiento	Media	Trat	Símbolo
A	11.9531	T <sub>3</sub>	D <sub>2</sub> F <sub>1</sub>
A	11.7031	T <sub>6</sub>	D <sub>3</sub> F <sub>2</sub>
A	11.4844	T <sub>5</sub>	D <sub>3</sub> F <sub>1</sub>
B	9.8438	T <sub>1</sub>	D <sub>1</sub> F <sub>1</sub>
B	9.8125	T <sub>2</sub>	D <sub>1</sub> F <sub>2</sub>
B	9.2188	T <sub>4</sub>	D <sub>2</sub> F <sub>2</sub>

Valores con la misma letra no difieren estadísticamente según la prueba de Duncan (P=0.05)



**Figura 37.** Dispersión lineal entre la interacción de los factores dosis y frecuencia de aplicación en la variable número de tubérculos comerciales.

Mediante la prueba de significación de Duncan al 5 %; tabla 24, para la interacción dosis y frecuencia de aplicación, en la variable rendimiento comercial, el tratamiento T<sub>3</sub> (D<sub>2</sub>F<sub>1</sub>) es estadísticamente superior al resto de tratamientos con una media de 11.9531 tubérculos por planta. Según la figura 38, se puede decir, que a medida que se disminuye la frecuencia de aplicación y se aumenta la dosis hasta 100 ml se logra un incremento de la producción.



#### 4.5. Análisis económico

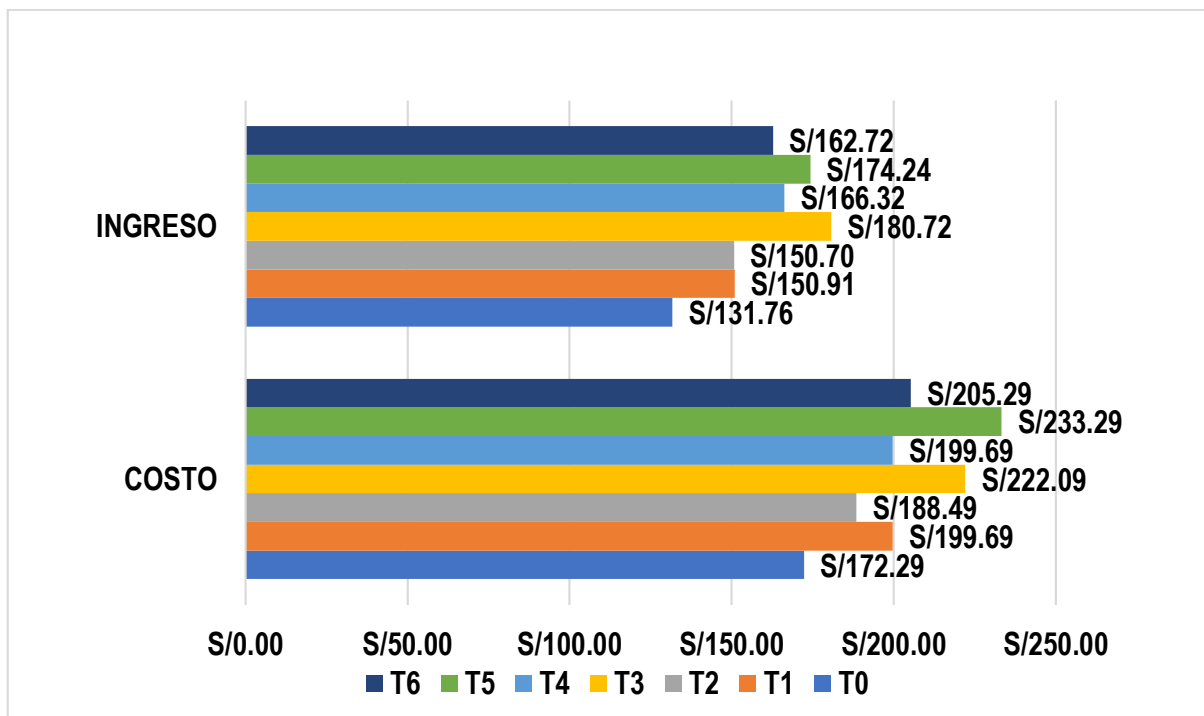
**Tabla 25. Costo de producción del ensayo**

Tratamientos	Símbolo	Costo Trat.	Costo/Ha
T <sub>5</sub>	D <sub>3</sub> F <sub>1</sub>	233.285714	49092.1111
T <sub>3</sub>	D <sub>2</sub> F <sub>1</sub>	222.085714	46735.2088
T <sub>6</sub>	D <sub>3</sub> F <sub>2</sub>	205.285714	43199.8553
T <sub>4</sub>	D <sub>2</sub> F <sub>2</sub>	199.685714	42021.4041
T <sub>1</sub>	D <sub>1</sub> F <sub>1</sub>	199.685714	42021.4041
T <sub>2</sub>	D <sub>1</sub> F <sub>2</sub>	188.485714	39664.5018
T <sub>0</sub>	Testigo	172.285714	36255.4109

**Tabla 26. Ingreso total del ensayo**

Trat.	Símbolo	Promedio rendimiento/planta (Kg)	Rendimiento/tratamiento (Kg)	Costo de papa/kg	Ingreso/ Trat.	Ingreso/Ha
T <sub>3</sub>	D <sub>2</sub> F <sub>1</sub>	2.51	361.44	0.5	S/180.72	S/38,030.27
T <sub>5</sub>	D <sub>3</sub> F <sub>1</sub>	2.42	348.48	0.5	S/174.24	S/36,666.63
T <sub>4</sub>	D <sub>2</sub> F <sub>2</sub>	2.31	332.64	0.5	S/166.32	S/34,999.97
T <sub>6</sub>	D <sub>3</sub> F <sub>2</sub>	2.26	325.44	0.5	S/162.72	S/34,242.39
T <sub>1</sub>	D <sub>1</sub> F <sub>1</sub>	2.096	301.824	0.5	S/150.91	S/31,757.54
T <sub>2</sub>	D <sub>1</sub> F <sub>2</sub>	2.093	301.392	0.5	S/150.70	S/31,712.09
T <sub>0</sub>	Testigo	1.83	263.52	0.5	S/131.76	S/27,727.25

Como se puede apreciar en la tabla 25, el tratamiento T<sub>5</sub>(D<sub>3</sub>F<sub>1</sub>), tiene el más elevado costo de inversión, debido a que se utilizó mayor cantidad de insumos y la frecuencia de aplicación del foliar fue cada 15 días, el tratamiento T<sub>3</sub> (D<sub>2</sub>F<sub>1</sub>), tiene mayor ingreso económico (tabla 26), puesto que presenta el más alto rendimiento.



**Figura 38.** Costo e ingreso del experimento por tratamientos.

La relación costo beneficio es negativa, figura 28, debido a que, el precio del tubérculo de papa en chacra oscila entre 0.30 y 0.50, siendo poco o nada rentable para el agricultor; puesto que el producto es comprado por intermediarios. En la zona alta la aplicación de fungicidas es muy elevada, por la presencia continua de neblina, siendo este un caldo de cultivo para el hongo de la rancho. La compra de semilla elevó el costo de producción, el agricultor guarda semilla, de su cosecha anterior. La mano de obra es realizada por miembros de su familia quienes no reciben remuneración por las labores culturales que realizan. Además, se debe al elevado costo de los fertilizantes, debido a la subida del precio del petróleo a nivel mundial (Soria 2008).

## CAPÍTULO V

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1. Conclusiones

- El tratamiento T3 (D2F1), dosis 100 ml cada 15 días, obtuvo los mejores resultados en las variables: rendimiento total, con un promedio de 2.51284 kg por planta, aumentando la producción un 37 % con respecto al testigo; rendimiento comercial, con un promedio de 2.31183 kg por planta, logrando aumentar la producción un 41.4 % con respecto al testigo y la variable número de tubérculos comerciales, con un promedio de 11.9531 tubérculos por planta.
- El tratamiento T6 (D3F2), para la variable número total de tubérculos, obtuvo el mejor resultado con un promedio de 18.1094 tubérculos por planta.
- La dosis de aplicación D2 (100 ml/20 l) del fertilizante foliar folirey (20-20-20), produjo los mejores resultados para las variables rendimiento total con una media de 2.41527 y rendimiento comercial con una media de 2.17282 kg por planta.
- La dosis de aplicación D3 (125 ml/20 l), produjo los mejores resultados para la variable número total de tubérculos con una media de 17.9766 y número de tubérculos comerciales con una media de 11.5938 tubérculos por planta.
- La frecuencia de aplicación F1 (cada 15 días), tuvo mejor resultados en las variables: rendimiento total, con una media de 2.34330 kg por planta; rendimiento comercial, con una media de 2.11148 kg por planta; número total de tubérculos, con una media de 16.6667 y número comercial de tubérculos, con una media de 10.2396 tubérculos por planta.

## **5.2. Recomendaciones**

- Se recomienda a los productores de papa utilizar fertilizantes foliares, para incrementar su rendimiento y mejor sus ingresos económicos, respetando la dosis de aplicación indicada.
- Se recomienda a los agricultores, utilizar fertilizantes foliares juntamente con un adherente, con el fin de favorecer la permeabilidad y disponibilidad del producto en la planta.
- Formar asociaciones de productores de papa para lograr un buen precio de venta de tubérculo de papa de tal manera que represente un ingreso económico real para el agricultor incluso si este usara semilla certificada.
- Realizar otros experimentos por los investigadores, en otras localidades con el fin de complementar los datos de la presente investigación.
- Establecer un programa intensivo de capacitación y asistencia técnica dirigida a los agricultores de zona rural, en el uso eficiente de fertilizantes foliares y pesticidas.
- Es de vital importancia que los agricultores utilicen fertilizante foliar, juntamente con una buena fertilización de suelo.

## CAPÍTULO VI

### BIBLIOGRAFÍA CITADA

1. ADEX (Asociación de exportadores, Perú). 2017. Día de la Papa: importaciones de papa congelada sumaron US\$6.3 millones a marzo. Lima, Perú. (En línea). Consultado el 24 de abril del 2018. Disponible en: <http://semanaeconomica.com/article/economia/comercio-exterior/229528-dia-de-la-papa-importaciones-de-papa-congelada-sumaron-mas-de-us6-millones-a-marzo/>.
2. Aerts, R, y Chapin, F. 2000. The mineral nutrition of wild plants revisited: A re-evaluation of processes and patterns. In *Advances in Ecological Research*, Vol. 30. A.H. Fitter and D.G. Raffaelli, editors. p.1-6.
3. Alvarez, E; Etchevers, J;Ortiz, J; Nuñez, R; Volke, V;Tijerina, L y Martinez, A. 1999. Biomass production and phosphorus accumulation of potato as affected by phosphorus nutrition. *Journal of Plant Nutrition*. 22 (1): pp.205-217.
4. Bertran, C. L. 1965. *Nutrición en las plantas y fertilización en el Perú*. S.c.P.A. Misión de los Andes. Bogotá.
5. Beyer, M; Lau,S y Knoche, M. 2005. Studies on water transport through the sweet cherry fruit surface: IX. Comparing permeability in water uptake and transpiration. *Planta*. 220: p.474-485.
6. Bisognin, DA; Lovatto, MT. 2012. *Tecnologias de processamento para maximizar o aproveitamento de tubérculos de batata*. Associação Brasileira da Batata, Itapetininga, 40 p.

7. Bouzo, C. 2009. El cultivo de papa en Argentina. Buenos Aires: Universidad Nacional del Litoral. Facultad de Ciencias Agrarias. p 6-7.
8. Box, J. 2005. Prontuario de agricultura. Madrid – España. Editorial Mundiprensa.
9. Buitragol, G; López, A; Coronado, A; Osorno, F. 2017. Determinación de las características físicas y propiedades mecánicas de papa cultivada en Colombia Efecto del nitrógeno sobre el rendimiento y la calidad de tubérculos en papa para industria. CORPOICA. (En línea). Consultado el 11 de octubre del 2017. Disponible en: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1415-43662004000100015](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1415-43662004000100015). Colombia.
10. Burkhardt, J. 2010. Hygroscopic particles on leaf surfaces: Nutrients or desiccants? Ecological Monographs. 80: p.369-399.
11. California Fertilizies Association, 1995. Macroelementos y microelementos p. 45-78.
12. Castro, I. y Contreras, A. 2011. Manejo de plagas y enfermedades en el cultivo de la papa. Imprenta Austral, Valdivia, Chile 72 p.
13. Chamel, A y Vitton, N. 1996. Sorption and difusion of <sup>14</sup>C-atrazine through isolated plant cuticles. Chemosphere. 33: p.995-1003.
14. CIP (Centro Internacional de La Papa) Y FAO (Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación), 2011. Guía de identificación de plagas que afectan a la papa en la zona andina. (En línea). Consultado el 24 de abril del 2018. Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/019/as407s/as407s.pdf>
15. Contreras, A. 2002. Eco fisiología del rendimiento de la planta de papa. 3° seminario internacional de la papa. Medellín, Colombia.
16. Cuesta, X. 2002. Botánica y mejoramiento genético. INIAP Y CIP. Quito, Ecuador.
17. Dordas, C. 2009. Role of nutrients in controlling plant diseases in sustainable agriculture. Agronomy for Sustainable Development. 28: p.33-46.

18. Echeverría, HE. 2005. Papa. En: Fertilidad de suelos y Fertilización de cultivos. Ediciones INTA. Pp: 365-378
19. Egúsqiza, B. 2000. La papa producción, transformación y comercialización. Prisma Proyecto PRODECCE. Proyecto papa Andina CIP-COSUDE.192p.
20. Eichert, T y Goldbach, HE. 2008. Equivalent pore radii of hydrophilic foliar uptake routes in stomatous and astomatous leaf surfaces - further evidence for a stomatal pathway. *Physiol. Plant.* 132: p.491-502.
21. FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, Ecuador). 2008. La papa. Quito, Ecuador. (En línea); consultado el 10 de junio del 2017. Disponible en:  
<http://www.fao.org/potato2008/es/lapapa/cultivo.html>.[https://www.researchgate.net/publication/283908842\\_Fertilizacion\\_Foliar\\_Principios\\_Cientificos\\_y\\_Practicas\\_de\\_Campo](https://www.researchgate.net/publication/283908842_Fertilizacion_Foliar_Principios_Cientificos_y_Practicas_de_Campo).
22. FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Italia). 2010. Protección contra las heladas: fundamentos, práctica y economía. Volumen 1. Roma, Italia. (En línea); consultado el 13 de agosto del 2017. Disponible en: <http://www.fao.org/3/a-y7223s.pdf>.
23. FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). 2008. El tubérculo. Año internacional de la papa. Ecuador.
24. Fernández, V y Brown, PH. 2013. From plant surface to plant metabolism: the uncertain fate of foliar-applied nutrients. *Frontiers in Plant Science* 4, 289p.
25. Fernandez, V y Eichert, T. 2009. Uptake of hydrophilic solutes through plant leaves: Current state of knowledge and perspectives of foliar fertilization. *Critical Reviews in Plant Sciences.* 28 p.36-68.
26. Fernández, V; Sancho-Knapik, D; Guzmán, P; Peguero-Pina, JJ; y Gil-Pelegri, E. 2014. Wettability, polarity and water absorption of *Quercus ilex* leaves: effect of leaf side and age. *Plant Physiology* 166: p.168-180.

27. Giletto, CM. 2002. Comparación de métodos para evaluar la nutrición nitrogenada en papa. Tesis presentada como requisito para optar por el grado de Magister Scien-tiae en el programa de Postgrado en Producción Vegetal. Fac. Ciencias Agrarias. UNMP. 74 pp
28. Guirola, VR y Valdés I, R.2014. El cultivo de la papa (*Solanum tuberosum L*). Caracterización Botánica y Agro-morfológica. (En línea); consultado el 10 de julio del 2017. Disponible en: <http://www.monografias.com/trabajos93/cultivo-papa/cultivo-papa.shtml#ixzz4uSoD4sxJ4>.
29. Hu, Y; Burucs, Z y Schmidhalter, U. 2008. Effect of foliar fertilization application on the growth and mineral nutrient content of maize seedlings under drought and salinity]. Soil Science and Plant Nutrition. p.133–141.
30. INEI (Instituto Nacional De Estadística E Informática). 2016. Perú. (En línea). Consultado el 19 de abril del 2018. Disponible en: <http://andina.pe/agencia/noticia.aspx?id=667862>
31. INIA (Instituto de investigaciones agropecuarias, Chile).2015. Preparación de suelo, plantación y aporca papa. Ficha técnica 5. Chile. (En línea). Consultado el 20 de agosto del 2017. Disponible en: <http://www.inia.cl/wp-content/uploads/2015/07/2-23-REMEHUE-Preparaci%C3%B3n-de-suelo.pdf>.
32. INTAGRI (Instituto para la Innovación Tecnológica en Agricultura, México). 2017. Requerimientos de Clima y Suelo para el Cultivo de la Papa. México. (En línea). Consultada el 05 de octubre del 2017. Disponible en: <https://www.intagri.com/articulos/hortalizas/requerimientos-de-clima-y-suelo-para-el-cultivo-de-la-papa>.
33. Kaiser, H. 2014, Stomatal uptake of mineral particles from a sprayed suspension containing an organosilicone surfactant. J. Plant Nutr. Soil Sci., 177: p. 869–874.
34. Kannan, S. 2010. Foliar fertilization for sustainable crop production. Sustainable Agriculture Reviews. 4.p.371-402.



35. Khayet, M and Fernández, V. 2012. Estimation of the solubility parameter of model plant surfaces and agrochemicals: a valuable tool for understanding plant surface interactions. *theoretical Biology and Medical Modelling*. P.9, 45.
  
36. Li, HP.1985. Environmental effects on growth and development of potato plants.p.482-500. (En línea): consultado el 19 de abril del 2018. Disponible en: [https://books.google.com.pe/books?id=84lJ3KnbCFQC&pg=PA48&lpg=PA48&dq=fotoperiodo+cultivo+papa&source=bl&ots=pye\\_zBs1Za&sig=m3MmnN1BW6VOMdLMdplIzPslGWg&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwjFnMCs\\_cfaAhWFvVMKHc8qDH0Q6AEIXTAM#v=onepage&q=fotoperiodo%20cultivo%20papa&f=false](https://books.google.com.pe/books?id=84lJ3KnbCFQC&pg=PA48&lpg=PA48&dq=fotoperiodo+cultivo+papa&source=bl&ots=pye_zBs1Za&sig=m3MmnN1BW6VOMdLMdplIzPslGWg&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwjFnMCs_cfaAhWFvVMKHc8qDH0Q6AEIXTAM#v=onepage&q=fotoperiodo%20cultivo%20papa&f=false)
  
37. Li, P; Li, L; Du, Y; Hampton, M. A;Nguyen, AV; Huang, L., Rudolph, V. y Xu, ZP. 2014. Potential foliar fertilizers with copper and zinc dual micronutrients in nanocrystal suspension. *Journal of Nanoparticle Research*. p.1-11.
  
38. Love, S. L.; Stark, J. C. & Saliz, T. 2005. Response of four potato cultivars to rate and timing of nitrogen fertilizer. *Am J of Potato Research*. (En línea). Consultado el 20 de junio del 2017. Disponible en: [www.findarticles.com](http://www.findarticles.com)
  
39. Lynch, DR; Kozub, GC; Kawchuk, LM. 2001. The relationship between yield, mainstem number and tuber number in five maincrop and two earlymaturing cultivars. *American Journal of Potato Research* 78(2):83-90. NIVAA (Netherlands Potato Consultative Foundation). 2002. En el camino de la elaboración de la patata. NL. NIVAA. 25 p.
  
40. Malavolta, E. 1986. Foliar fertilization in Brazil.- Present and perspectivas. pp. 170-192. In: A. Alexander (ed.). *Foliar fertilization. Proceedings of the First International Symposium of Foliar Fertilization by Schering Agrochemical Division*. Berlin. 1985.
  
41. Marschner, P. 2012. *Mineral Nutrition of Higher Plants*. Academic Press, San Diego.651p.
  
42. MDRAyMA (Ministerio de desarrollo rural, agropecuario y medio ambiente, Bolivia). 2008. Encuentro latinoamericano de productores de papa 2008.La paz, Bolivia. (En línea).

Consultado el 22 de septiembre 2008. disponible en <http://www.agrobolivia.gov.bo/index.php?cpo=pa>.

43. Medina, L. 1989. Resultados de ensayos de campo sobre fertilización y nutrición mineral en el cultivo de la papa. Dpto. de suelos y fertilizantes. UNALM. Lima, Perú. pp. 6-7
44. Melendez G, Molina, E. 2002. Fertilización Foliar: Principios Y Aplicaciones. Costa Rica.
45. MINAG (Ministerio de Agricultura, Perú). 2009. Papa cadena productiva. Lima, Perú. Boletín 1. 2009.
46. MINAGRI (Ministerio de Agricultura y Riego). 2013. Papa: principales aspectos agroeconómicos. Lima, Perú.
47. MINAGRI (Ministerio de Agricultura y Riego). 2016. Boletín estadístico de producción agrícola, pecuaria y avícola. Lima, Perú. 93 p.
48. MINAGRI (Ministerio De Agricultura Y Riego, Perú). 2017. Generalidades del producto. Lima, Perú. (En línea). Consultado el 19 de abril del 2018. Disponible en: <http://minagri.gob.pe/portal/objetivos/23-sector-agrario/cultivos-de-importancia-nacional/183-papa>
49. MINAGRI (Ministerio De Agricultura Y Riego, Perú). 2016. memorias anuales 2016. (En línea). Consultado el 20 de abril del 2018. Disponible en: <http://minagri.gob.pe/portal/download/pdf/pcm/2018/memoria-anual2016-final-170118.pdf>
50. MINAGRI (Ministerio De Agricultura Y Riego, Perú). 2017. Día de la Papa: importaciones de papa congelada sumaron US\$6.3 millones a marzo. (En línea). Consultado el 24 de abril del 2018. Disponible en: <http://semanaeconomica.com/article/economia/comercio-exterior/229528-dia-de-la-papa-importaciones-de-papa-congelada-sumaron-mas-de-us6-millones-a-marzo/>.
51. MINAGRI (Ministerio De Agricultura Y Riego, Perú). 2017. Perú es primer productor de papa en Latinoamérica. (En línea). Consultado el 20 de abril del 2018. Disponible en:

<https://www.senasa.gob.pe/senasacontigo/minagri-peru-es-primer-productor-de-papa-en-latinoamerica/>.

52. Ministerio de Agroindustria. 2017. Mercado Externo de la Papa. Argentina. (En línea). Consultado el 24 de abril del 2018. Disponible en; [http://www.agroindustria.gob.ar/sitio/areas/ss\\_mercados\\_agropecuarios/areas/hortalizas/\\_archivos/000030\\_Informes/000995\\_Mercado%20Externo%20de%20la%20Papa%20-%202017.pdf](http://www.agroindustria.gob.ar/sitio/areas/ss_mercados_agropecuarios/areas/hortalizas/_archivos/000030_Informes/000995_Mercado%20Externo%20de%20la%20Papa%20-%202017.pdf)
53. Naranjo, H. 2000. Maneje su propia semilla de papa. Boletín divulgativo. Quito, Ecuador.
54. Naranjo, H; Mastrocola, N y Pumisacho, M. 2002. Postcosecha En: El cultivo de papa en Ecuador. Pumisacho, M. y Sherwood, S. (eds). Quito, Ecuador. INIAP, CIP. P. 171-187.
55. Núñez R, K. 2001. El cultivo de la Papa en el Perú. Lima, Perú. (En línea). Consultado el 20 de abril del 2018. Disponible en: <http://www.monografias.com/trabajos35/cultivo-papa-peru/cultivo-papa-peru.shtml>
56. Oyarzun, P.2002. Manejo agronómico: el cultivo de papa en ecuador. NIAP y CIP. Quito, Ecuador.
57. Parsons, D. 1999. Manual para la educación agropecuaria papa, área producción vegetal, editorial trilla, México. p.17-29
58. Pazmiño S, LD. 2012. Evaluación del fertilizante foliar quimifol en el cultivo de col (*Brassica oleracea var. Capitata*) var. Gloria. Tesis. Cevallos, Ecuador. Universidad técnica de Ambato, facultad de ingeniería agronómica carrera de ingeniería agronómica.
59. Pozo, M. 2008. Curso Fisiología Vegetal. Hormonas reguladoras del crecimiento. Lima, Perú.
60. Pulgar Vidal, J.1981. Geografía del Perú. Las ocho regiones naturales del Perú. Octava edición. Editorial universo, Lima, Perú.

61. Pumisacho, M. y Sherwood, S. 2002. El cultivo de la papa en el Ecuador. Instituto Autónomo de Investigaciones Agropecuarias. Quito, Ecuador. p.35,37.
62. Ramírez, F. 2000. Fertilidad de Suelo y Nutrición de Plantas. Lima, Perú (en línea). Consultado el 12 ene. 2017. Disponible en: [www.agrobanco.com.pe/CONCEPTOS\\_DE\\_FERTILIDAD\\_DE\\_SUELO\\_Y\\_FERTILIZANTES.pdf](http://www.agrobanco.com.pe/CONCEPTOS_DE_FERTILIDAD_DE_SUELO_Y_FERTILIZANTES.pdf).
63. Ramos, M.2010. Daños mecánicos en patata y evaluación mediante productos electrónicos- Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias, 19(1): 18–23, 2010.
64. Reinoso, I. 2011. El cultivo de papa y su participación en la economía ecuatoriana. INIAP. Quito, Ecuador.p.1-2.
65. Rodríguez, M. 2004. La producción y el comercio de la papa en el contexto internacional y latinoamericano. Comisión económica para américa latina y el caribe (CEPAL). p.17.
66. Rojas, L; Seminario, J. 2014. Productividad de diez cultivares promisorios de papa chaucha (*Solanum tuberosum*, grupo Phureja) de la región Cajamarca. Scientia Agropecuaria, Trujillo, Perú. 5. p. 165 – 175
67. Sánchez, C. 2003. Cultivo y comercialización de la papa, colección granja y negocios. Edición Ripalme, Lima, Perú.p.31-126.
68. Sandaña, PA.2015. Elección y Preparación de Suelos. Chile. (En línea). Consultado el 10 de junio del 2017. Disponible en: <http://manualinia.papachile.cl/?page=consumo&ctn=59>.
69. Schönherr, J. 2001. Cuticular penetration of calcium salts: Effects of humidity, anions, and adjuvants. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science-Zeitschrift für Pflanzenernahrung und Bodenkunde*. 164:225-231p.
70. Schönherr, J. 2006. Characterization of aqueous pores in plant cuticles and permeation of ionic solutes. *Journal of Experimental Botany*. 57:2471-2491p.

71. Sola, M. 1978. Selección y almacenamiento de semilla de papa. En: Memorias del I Curso internacional sobre producción de semilla de papa. Quito, Ecuador.
72. Soria, N. 2008. Nutrición foliar y defensa natural. Xi congreso de la ciencia del suelo. Quito, Ecuador. (En línea): consultado el 11 de setiembre del 2017. Disponible en <http://www.secsuelo.org/wp-content/uploads/2015/06/5.-Ing.-Norman-Soria.-Nutricion-foliar.pdf>.
73. SUNAT (Superintendencia Nacional de Aduanas y Administración Tributaria, Perú). 2017. (En línea): consultado el 23 de abril del 2018. Disponible en <https://larepublica.pe/sociedad/1168875-importacion-de-papa-trajo-precios-abajo>.
74. Torres, H. 2002. Manual de las enfermedades más importantes de la Papa en el Perú. Lima, Perú. (En línea). Consultado el 12 de abril del 2018. Disponible en: <http://cipotato.org/wp-content/uploads/2014/07/002485.pdf>.
75. Trejo-Téllez, L; Rodríguez, Mendoza, M; Alcántar González, G. y Gómez-Merino, F. 2007. Micronutrient foliar fertilization increases quality of tomato (*Lycopersicon esculentum* L.) in alkaline soils. p.729, 301-306.
76. Trinidad, Santos, A y Aguilar Manjarrez, D. 2000. Fertilización foliar, un respaldo importante en el rendimiento de los cultivos. Redalyc. 17(3). Montecillo, México. (En línea). Consultado el 2 de octubre del 2017. Disponible en: <Http://www.redalyc.org/html/573/57317309/>.
77. Valverde, 1998. Fertilización del cultivo de papa. INIAP. Quito, Ecuador. 42p.
78. Venegas, C. 2008. Fertilización foliar complementaria. Ediciones agrys. Lima – Perú. 15-16 p.
79. Villanueva, R. 2017. Rendimiento y componentes de 15 cultivares redondos de papa chaucha (*Solanum tuberosum* L; grupo Phureja) de la región Cajamarca. Tesis Ing. Agr., Cajamarca, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Cajamarca.

80. Vu, DT; Huang, L; Nguyen AH; Du, Y; Xu, Z., Hampton, AM; Peng, L y Rudolph, V. 2013. Quantitative methods for estimating foliar uptake of zinc from suspension-based Zn chemicals. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science* 176(5): p.764-775.
81. Weinbaum, S. 1988. Foliar nutrition in fruit trees. In *Plant Growth and Leaf Applied Chemicals*. P.M. Neumann, editor. CRC Press, Boca Raton. p. 81-100
82. Weinbaum, S; Brown, P. y Johnson, R. 2002. Application of selected macronutrients (N, K) in deciduous orchards: physiological and agro technical perspectives [Aplicación de macronutrientes seleccionados (N, K) en huertos caducifolios: perspectivas fisiológicas y agro técnicas]. *Acta Horticulturae*, p. 59-64.
83. Wojcik, P. 2004. Uptake of mineral nutrients from foliar fertilization - (review). *Journal of Fruit and Ornamental Plant Research*. 12:201-218. Fertilización Foliar: Principios Científicos y Prácticas de Campo. (En línea). Consultado en 3 de octubre del 2017. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/283908842\\_Fertilizacion\\_Foliar\\_Principios\\_Cientificos\\_y\\_Practicas\\_de\\_Campo](https://www.researchgate.net/publication/283908842_Fertilizacion_Foliar_Principios_Cientificos_y_Practicas_de_Campo).
84. Zhang, QL y Brown, PH. 1999. Distribution and transport of foliar applied zinc in pistachio. *Journal of the American Society for Horticultural Science*. p. 433-436.

## ANEXOS



PERÚ  
Ministerio  
de Agricultura y Riego



INIA  
INSTITUTO  
NACIONAL  
DE INNOVACIÓN  
AGRARIA

"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

### LABORATORIO DE SERVICIO DE SUELOS

**NOBRE :** JAVIER FLORINDEZ AGUIRRE  
 LENNIN BENAVIDES IDROGO

**PROCEDENCIA:** Chota - El Calvario - Bellevista      Fecha: 22/06/2017

**RESULTADOS DEL ANÁLISIS**

Nombre Parcela	Código Laboratorio	P Ppor	K ppor	PH	M.O %	AI mg/100g	Arena %	Limo %	Arilla %	Clase Textural
	SU0534-EEBI-17	61.53	185.0	4.1	14.75	1.52	60	26	14	F A

**INTERPRETACIÓN**

Fósforo (P) : MUY ALTO  
 Potasio (K) : BAJO  
 pH (reacción) : **EXTREMADAMENTE ACIDO**  
 Materia orgánica (M.O) : MUY ALTO  
 Clase textural : FRANCO 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	120	90	120	1.50								

Recomendaciones y Observaciones Especiales:



INSTITUTO NACIONAL DE INNOVACIÓN AGRARIA  
 Calle 1001 - Verisques Comacho  
 Lima - LABORATORIO DE SUELOS

Figura 39. Análisis de suelo.

**Tabla 27. Datos obtenidos en la evaluación de rendimiento total.**

RENDIMIENTO TOTAL (Kg)																												
BLOQUE I							BLOQUE I							BLOQUE I							BLOQUE I							
T0	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T0	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T0	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T0	T1	T2	T3	T4	T5	T6	
1	1.5	1.576	2.64	1.854	1.908	1.838	1.272	1.992	1.722	1.732	1.982	1.976	2.822	2.236	1.674	2.056	2.326	2.5	2.508	2.084	2.248	2.566	2.27	2.472	3.682	2.348	4.042	3.22
2	1.954	1.462	1.934	1.918	1.608	1.806	1.476	1.982	2.196	1.674	2.166	1.568	2.74	2.308	1.964	2.304	2.004	2.432	2.908	2.552	1.83	2.58	3.174	2.254	3.084	2.63	3.834	3.526
3	1.518	1.346	1.918	1.994	1.672	1.866	1.802	1.508	2.244	1.6	2.012	1.842	2.282	2.358	2.418	2.296	2.26	2.42	2.584	2.374	2.506	2.21	2.722	2.42	3.038	2.554	3.012	2.616
4	1.232	1.546	1.934	1.92	1.652	1.856	1.92	1.72	1.81	1.758	2.272	1.926	2.5	2.234	1.766	2.92	2.182	2.458	2.21	2.302	2.104	2.154	2.342	2.268	3.462	2.596	3.084	2.434
5	1.322	1.458	1.878	1.988	1.762	1.578	1.732	1.978	1.918	1.846	2.398	1.782	2.488	1.894	1.976	2.366	2.276	2.728	2.63	2.852	1.804	2.422	2.954	2.486	3	2.654	3.13	3.424
6	1.428	1.626	1.968	1.816	1.676	1.716	1.996	1.546	1.756	1.678	2.196	1.82	2.666	2.314	1.574	2.29	2.08	2.74	2.7	2.036	2.496	2.274	2.578	2.504	2.824	2.742	2.946	2.42
7	1.592	1.672	1.89	1.724	1.466	1.64	1.862	1.356	1.83	1.748	2.294	1.886	2.588	1.878	2.408	1.934	2.062	2.368	2.15	2.002	2.328	2.334	2.534	2.588	2.822	3.458	3.394	2.726
8	0.912	2.212	1.928	1.794	1.734	2.024	1.932	1.57	1.716	1.894	2.224	2.058	2.17	2.21	1.83	1.924	2.41	2.666	2.378	1.812	2	2.43	2.5	2.582	2.948	3.133	3.462	2.398
9	1.066	1.752	1.708	1.926	1.798	1.986	1.838	1.452	1.89	1.6	2.144	2.008	1.978	2.076	1.606	2.298	2.444	2.6	2.034	2	2.43	2.16	4	2.55	3	3.058	3.494	2.44
10	0.93	1.406	1.622	1.842	1.61	1.914	2.11	1.756	1.862	1.94	2.096	2.844	2.35	2.3	1.734	2.334	2.04	2.56	2.06	2.308	2.44	2.208	2.782	2.714	4	3.31	2.61	2.612
11	0.76	1.448	1.472	1.984	1.976	1.91	1.732	1.542	1.818	1.706	2.04	2.758	2.288	1.796	2.516	2.368	2.206	2.302	2.03	2.228	2.104	2.1	2.376	2.616	4	3.06	3.914	3.162
12	1.882	1.74	1.816	1.816	1.648	1.726	1.67	1.338	1.956	2.06	2.1	2.858	2.208	2.228	2.438	2.156	2.094	2.634	2.188	2.35	2.23	3.212	2.464	2.544	3.116	3.104	4.56	3.086
13	1.392	1.628	1.316	1.754	1.802	1.636	1.674	1.082	1.674	1.922	2.06	2.908	2.222	1.964	2.23	2.012	2.15	3	2.376	2	2.494	2.134	2.664	2.838	2.77	2.998	3.284	3.544
14	1.128	1.306	1.712	1.884	1.886	1.702	1.702	1.258	1.758	1.7	2.678	1.808	2.234	2.19	1.768	2.16	2.08	2.676	2.112	2.086	2.514	2.73	3.016	2.638	5.018	3.924	3.158	3.09
15	1.35	1.57	1.882	1.89	1.856	1.644	1.664	1.17	1.738	1.954	2.718	2.008	2.001	1.95	2.592	2.068	2.242	2.55	2	2.2	2.918	2.892	2.68	2.822	4.126	3.874	2.748	2.826
16	1.322	1.54	1.678	1.8	1.856	1.926	1.604	1.4	1.994	1.704	2.694	2.208	2.042	2.076	2.204	2.236	2.35	2.41	2.298	2.25	2.62	2.09	2.212	2.676	2.91	3.552	2.476	2.258



**Tabla 28. Datos obtenidos en la evaluación de número total de tubérculos.**

NÚMERO TOTAL DE TUBÉRCULOS																												
BLOQUE I							BLOQUE II							BLOQUE III							BLOQUE IV							
	T0	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T0	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T0	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T0	T1	T2	T3	T4	T5	T6
1	10	6	22	6	22	13	9	15	12	11	11	11	17	9	17	17	15	20	15	17	17	15	15	18	20	23	28	21
2	26	11	14	11	12	16	9	13	15	9	19	10	30	15	17	18	15	18	30	14	14	19	29	27	24	18	19	24
3	17	15	13	15	13	12	11	9	21	6	13	8	27	23	24	15	23	9	21	28	18	9	19	14	20	16	16	23
4	10	13	15	13	10	22	13	11	15	13	15	6	13	15	16	19	10	19	15	11	16	11	18	20	16	10	19	18
5	16	9	20	18	7	14	17	20	14	18	16	14	14	16	11	16	18	18	14	14	18	16	17	25	16	14	21	20
6	12	11	20	15	8	13	15	19	7	6	15	11	25	18	12	15	18	22	11	22	18	17	17	14	19	14	22	18
7	14	21	15	10	15	13	16	10	15	13	11	17	18	13	13	22	20	14	8	18	19	19	19	19	16	9	32	23
8	3	19	13	15	14	11	15	11	14	14	15	15	14	16	17	21	19	9	23	18	14	14	14	29	15	30	26	21
9	9	13	15	15	15	11	14	15	19	14	18	14	15	16	19	23	20	26	11	20	18	14	26	23	17	24	13	14
10	5	18	13	5	10	12	19	3	16	6	18	25	17	18	13	18	19	16	15	14	18	16	13	24	20	35	14	21
11	3	12	11	11	15	10	15	6	10	20	17	36	16	18	17	17	23	19	7	12	13	11	16	23	26	17	26	19
12	21	12	15	14	4	12	10	6	16	16	18	9	15	13	12	26	17	15	13	35	21	28	17	16	21	17	32	30
13	8	14	6	12	14	12	10	8	10	8	4	29	18	16	17	10	15	26	19	11	17	10	17	22	17	23	27	26
14	4	19	13	16	12	15	13	12	18	10	15	8	10	15	7	22	16	27	12	24	21	18	17	20	26	17	19	23
15	5	9	9	11	17	12	10	5	13	19	29	17	15	12	18	13	17	23	13	22	18	13	13	24	15	17	26	22
16	27	10	11	19	16	14	10	11	13	9	16	19	19	19	15	14	20	11	13	11	14	10	13	15	16	17	16	17

**Tabla 29. Datos obtenidos en la evaluación de rendimiento comercial**

RENDIMIENTO COMERCIAL (Kg)																												
BLOQUE I							BLOQUE I							BLOQUE I							BLOQUE I							
N°	T0	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T0	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T0	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T0	T1	T2	T3	T4	T5	T6
1	1.5	1.576	1.646	1.828	1.408	1.838	1.272	1.726	1.624	1.698	1.982	1.744	2.68	2.194	1.462	1.468	2.026	2.5	2.208	1.8	2.556	2.504	2.27	2.192	3.28	2.036	3.486	2.82
2	1.48	1.392	1.56	1.842	1.358	1.626	1.476	1.754	2.014	1.674	1.676	1.538	2.316	2.308	1.548	2.14	1.634	2.242	1.908	2.436	1.826	2.154	2.546	1.77	2.34	2.274	3.622	3.296
3	1.14	1.14	1.69	1.742	1.588	1.866	1.7	1.38	1.732	1.6	1.77	1.842	1.714	1.864	2.066	2.114	2.066	2.42	2.372	1.834	2.142	2.154	2.338	2.258	2.712	2.294	2.878	2.172
4	1.078	1.416	1.64	1.692	1.56	1.23	1.92	1.72	1.47	1.682	2.132	1.898	2.5	2.066	1.56	2.708	2.182	2.206	1.994	2.188	1.846	1.914	2.342	1.856	3.462	2.5	2.798	1.914
5	1.018	1.458	1.646	1.846	1.762	1.248	1.37	1.554	1.638	1.26	1.918	1.59	2.408	1.554	1.752	1.954	2.174	2.564	2.498	2.852	1.444	1.988	2.72	1.544	3	2.54	2.763	3.424
6	1.176	1.626	1.696	1.564	1.58	1.492	1.752	1.292	1.634	1.678	1.662	1.709	1.992	2.314	1.414	2.122	1.958	2.152	2.7	1.862	2.306	1.958	2.578	2.32	2.618	2.44	2.5	2.004
7	1.414	1.188	1.704	1.724	1.062	1.502	1.634	1.126	1.62	1.694	2.294	1.472	2.074	1.59	2.368	1.416	1.768	2.368	2.15	1.544	2.088	1.856	2.44	2.328	2.822	3.258	3.026	2.31
8	0.912	1.912	1.928	1.47	1.35	1.982	1.91	1.542	1.614	1.822	2.224	1.658	2.17	2.102	1.246	1.108	2.126	2.636	1.868	1.602	1.8	2.31	2.5	2.02	2.84	2.608	3.174	2.17
9	0.93	1.546	1.524	1.602	1.548	1.82	1.576	1.182	1.456	1.206	2.016	1.508	1.76	1.93	1.384	1.528	2.106	2.6	1.91	2	2.168	2.012	3.8	2.238	3	2.458	3.352	2.246
10	0.93	1.152	1.392	1.842	1.456	1.88	1.842	1.756	1.472	1.94	1.9	1.984	2.148	2	1.55	2.02	1.678	2.294	1.842	2.172	2.132	2	2.782	2.128	4	2.66	2.46	2.16
11	0.76	1.3	1.29	1.954	1.976	1.686	1.496	1.542	1.67	1.232	2.04	1.908	1.962	1.63	2.338	2.188	1.68	1.936	1.922	2.052	1.926	2.072	2.176	2.194	3.7	2.902	3.686	3.004
12	1.554	1.74	1.512	1.29	1.648	1.556	1.594	1.242	1.654	1.794	2	2.658	2.08	2.168	2.312	1.364	1.772	2.116	1.882	1.342	1.75	2.66	2.236	2.308	2.841	2.756	4.3	2.772
13	1.33	1.268	1.316	1.618	1.608	1.404	1.674	1.064	1.674	1.728	2.06	1.858	2.086	1.908	1.954	2.012	2.104	2.8	2.006	2	1.964	2.114	2.404	2.418	2.476	2.23	2.984	3.12
14	1.128	0.76	0.726	1.59	1.652	1.476	1.448	1.01	1.394	1.7	2.532	1.758	2.124	2.092	1.652	1.886	1.806	2.326	1.964	1.62	1.98	2.272	2.628	2.34	4.614	3.648	2.838	2.89
15	1.35	1.418	1.882	1.8	1.554	1.552	1.598	1.17	1.738	1.61	2.358	1.408	1.674	1.95	2.338	1.964	1.838	2.08	2	1.15	2.854	2.88	2.362	2.822	3.982	3.606	2.236	2.322
16	0.966	1.398	1.678	1.34	1.744	1.862	1.562	1.108	1.798	1.618	2.496	2.008	2.042	1.802	1.894	2.028	2.014	2.41	2.016	2.25	2.62	2.09	2.008	2.676	2.816	3.318	2.248	2.086

**Tabla 30. Datos obtenidos en la evaluación de número de tubérculos comerciales.**

NÚMERO DE TUBÉRCULOS COMERCIALES																												
N°	BLOQUE I							BLOQUE II							BLOQUE III							BLOQUE IV						
	T0	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T0	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T0	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T0	T1	T2	T3	T4	T5	T6
1	10	6	8	5	6	13	9	9	9	10	11	6	14	7	6	6	8	20	8	9	17	13	15	13	12	11	15	15
2	9	8	6	8	6	11	9	6	10	9	5	9	16	15	9	13	8	13	11	11	13	9	12	10	11	9	14	19
3	7	8	7	9	10	12	9	6	10	6	8	8	11	9	14	10	17	9	15	10	11	7	11	8	13	12	14	13
4	6	10	9	7	8	6	13	11	8	11	9	5	13	10	11	12	10	13	9	8	9	7	18	11	16	8	12	11
5	6	9	13	16	7	9	6	7	8	9	8	10	11	9	6	9	12	12	11	14	8	9	13	10	16	11	13	20
6	7	11	10	10	6	7	10	11	4	6	8	9	12	18	8	11	13	13	11	13	14	10	17	10	14	8	11	10
7	6	8	5	10	7	10	12	5	10	11	11	9	10	7	10	11	9	14	8	10	12	9	15	13	16	8	18	12
8	3	10	13	6	5	10	14	9	8	11	15	7	14	8	5	7	12	8	11	11	10	10	14	12	12	13	19	14
9	6	9	10	10	8	8	8	7	9	6	13	7	5	14	10	10	13	26	9	20	11	11	20	15	17	11	8	10
10	5	8	7	5	6	9	15	3	6	6	15	11	13	13	8	11	10	9	9	11	10	12	13	13	20	15	10	14
11	3	7	7	10	15	6	13	6	7	8	17	14	4	15	11	12	12	7	5	8	9	9	10	12	20	14	19	16
12	11	12	9	7	4	8	8	2	10	8	15	5	12	9	9	8	9	9	7	9	9	15	9	9	14	9	25	17
13	6	7	6	9	10	6	10	6	10	5	4	11	14	14	7	10	14	20	9	11	10	9	10	14	11	9	19	16
14	4	6	4	8	8	9	9	5	10	10	9	6	8	10	5	13	9	19	8	11	11	11	5	10	21	11	12	16
15	5	5	9	9	11	10	8	5	13	10	16	5	8	12	11	10	6	13	13	7	17	12	8	13	12	12	11	13
16	6	6	11	9	14	12	7	4	8	7	9	11	19	14	10	10	10	11	9	11	14	10	7	15	13	12	11	13

**Tabla 31. Informe de gastos del experimento**

<b>CONCEPTO</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>UNIDADES</b>	<b>COSTO (S/)</b>	<b>TOTAL (S/)</b>
Semilla	100	Kg	S/3.50	S/350.00
<b>LABORES CULTURALES</b>				
Arada (tractor)	0.5	Hora	S/120.00	S/60.00
Siembra	2	Jornales	S/25.00	S/50.00
Deshierbo	2	Jornales	S/25.00	S/50.00
Aporque	3	Jornales	S/25.00	S/75.00
Cosecha	6	Jornales	S/25.00	S/150.00
<b>CONTROL PLAGAS Y ENFERMEDADES</b>				
Insecticida	0.25	Litro	S/48.00	S/12.00
Fungicida	2	Kg	S/95.00	S/190.00
Furandán granulado	1.5	Kg	S/14.00	S/21.00
<b>FERTILIZACIÓN</b>				
Adherente	1	Litros	S/30.00	S/30.00
Foliar	7	Litros	S/28.00	S/196.00
Molimax papa sierra	75	Kg	S/2.40	S/180.00
Gallinaza entera	2	Sacos	S/21.00	S/42.00
<b>OTROS</b>				
Sacos	50	Unid.	S/0.50	S/25.00
Rafia	1	Unid.	S/1.00	S/1.00
Análisis de suelo	1	Unid.	S/1.00	S/35.00
<b>TOTAL</b>				<b>S/1,271.00</b>



**Figura 40.**Emergencia del cultivo de papa amarilis



**Figura 41.** Pulverización manual del abono foliar



**Figura 42.** Presencia de rancho (*Phytophthora infestans*) en el cultivo de papa.



**Figura 43.** Cultivo de papa deshierbada



**Figura 44.**Cultivo de papa aporcada



**Figura 45.**Amarilis en floración



**Figura 46.**Preparación de dosis del fertilizante foliar.



**Figura 47.** Evaluación del rendimiento y número de tubérculos