

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

LA MOLINA

FACULTAD DE AGRONOMIA



**“FUENTES Y DOSIS DE FERTILIZACIÓN POTÁSICA EN EL
CRECIMIENTO, TUBERIZACIÓN Y CALIDAD DE FRITURA DE
LA PAPA (*Solanum tuberosum* L.) VARIEDAD ÚNICA”**

Presentada por:

PERCY NÚÑEZ VARGAS

Tesis para optar el Título de:

INGENIERO AGRÓNOMO

Lima – Perú

2016

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE AGRONOMIA

**“FUENTES Y DOSIS DE FERTILIZACIÓN POTÁSICA EN EL
CRECIMIENTO, TUBERIZACIÓN Y CALIDAD DE FRITURA DE
LA PAPA (*Solanum tuberosum* L.) VARIEDAD ÚNICA”**

Presentado por:
PERCY NÚÑEZ VARGAS

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO AGRONOMO**

Sustentada y Aprobada ante el siguiente jurado:

Dr. Javier Arias Carbajal
PRESIDENTE

Ing. Mg. Sc. Rolando Egúsquiza Bayona
PATROCINADOR

Ing. Mg. Sc. Gilberto Rodríguez Soto
MIEMBRO

Dr. Sady García Bendezu
MIEMBRO

Lima - Perú

2016

DEDICATORIA

A Dios quien me ha dado la fortaleza y la vida.

A mis padres Nicomedes Núñez Pedraza y Julia Vargas Huamán, a quienes les debo la vida y mi formación profesional. Con mucho amor, gratitud, respeto y admiración.

A mis hermanos Olga, Edwin, Nancy, Adela, Rubén, Yulisa y Joel por su ejemplo confianza y apoyo incondicional.

A todas las personas que me apoyaron y creyeron en mí para lograr la culminación de este trabajo.

AGRADECIMIENTOS

Estas líneas quedan cortas para agradecer a mi asesor de tesis, Ing. Mg.Sc. Rolando Egúsquiza Bayona, a quien respeto y admiro mucho, mi mayor gratitud y reconocimiento por su labor encomiable dentro y fuera de los recintos académicos, por sus enseñanzas y valiosos consejos. Además por la confianza que depositó en mi al patrocinar esta tesis.

Al Instituto Regional para el Desarrollo- Sierra (IRD-SIERRA) y a la Universidad Nacional Agraria La Molina por brindarme sus instalaciones para ejecutar este trabajo, especialmente al administrador del fundo, al Ing. Julián Coaquira Chuquiya.

Al Dr. Sady García Bendezú - jefe de Laboratorio de análisis de Suelos, Plantas, Aguas y fertilizantes (LASPAF) de la Universidad Nacional Agraria La Molina, por su cooperación en el análisis de extracción de potasio en el tejido vegetal.

Al Ing. Mg. Sc. Gilberto Rodríguez Soto y al Ing. Mg. Sc. Javier Arias, por sus sugerencias y comentarios en la revisión de la tesis.

A mis distinguidos amigos (as) y compañeros de la Universidad Edwin Ccoicca Ccorahua Renzo Carlos Gutiérrez, Franklin Sulca Salazar, Sonia Altamirano Gutiérrez, Gerson Alarcón Altamirano, Thomas Moreno Salazar y, a todos aquellos que de una u otra forma colaboraron con el presente trabajo de investigación.

INDICE GENERAL

RESUMEN

	Pág.
I. INTRODUCCION	1
II. REVISION DE LITERATURA	3
2.1 La papa variedad ÚNICA.....	3
2.2 Crecimiento, desarrollo y tuberización.....	4
2.3 Calidad de fritura en papa.....	6
2.4 El potasio en el suelo, planta y calidad de fritura.....	8
2.4.1 El potasio en el suelo.....	8
2.4.2 El potasio en la planta.....	10
2.4.3 El potasio y la calidad de los tubérculos de papa.....	15
III MATERIALES Y METODOS	19
3.1 Localidad experimental.....	19
3.1.1 Características fisicoquímicas del suelo.....	19
3.1.2 Características climatológicas.....	20
3.2 Material vegetal.....	23
3.3 Factores en estudio.....	23
3.4 Características del campo experimental.....	24
3.4.1 Diseño experimental.....	25
3.4.2 Conducción del campo experimental.....	26
3.4.3 Fuentes de fertilización potásica.....	26
3.4.4 Aplicación de los fertilizantes.....	27
3.5 Evaluaciones.....	28
3.5.1 Durante el crecimiento y desarrollo de la planta.....	28
3.5.2 En la cosecha.....	29
3.5.3 En post cosecha.....	30

IV. RESULTADOS Y DISCUSION.....	32
4.1 Crecimiento y desarrollo.....	32
4.1.1 Porcentaje de emergencia.....	32
4.1.2 Altura de plantas.....	32
4.1.3 Porcentaje de cobertura foliar.....	34
4.1.4 Numero de tallos principales por planta.....	37
4.1.5 Número de estolones por tallo.....	39
4.1.6 Número de tubérculos por tallo.....	40
4.2 Tuberización.....	42
4.2.1 Peso fresco y seco de hojas y tubérculos.....	42
4.2.1.1 Peso fresco de hojas.....	42
4.2.1.2 Peso seco de hojas.....	44
4.2.1.3 Peso fresco de tubérculos.....	46
4.2.1.4 Peso seco de tubérculos.....	48
4.2.2 Cosecha.....	52
4.2.2.1 Rendimiento total.....	52
4.2.2.2 Rendimiento comercial.....	53
4.2.2.3 Número de tubérculos.....	55
4.2.2.4 Tamaño de tubérculos.....	55
4.3 Calidad de fritura.....	58
4.3.1 Porcentaje de materia seca de tubérculos.....	58
4.3.2 Calidad de fritura de tubérculos en tiras o bastones.....	60
4.4 Extracción de potasio por el cultivo de papa.....	63
V. CONCLUSIONES.....	70
VI. RECOMENDACIONES.....	71
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	72
VIII. ANEXOS.....	79

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Extracción relativa de nutriente en el cultivo de papa.....	6
Tabla 2. Estimación de la fertilización potásica según el rendimiento.....	17
Tabla 3. Propiedades físicas y químicas del suelo.....	20
Tabla 4. Variables climáticas durante el experimento.....	21
Tabla 5. Fuentes y dosis de fertilizantes potásicos.....	23
Tabla 6. Relación total de los tratamientos en estudio.....	24
Tabla 7. Características del campo experimental.....	24
Tabla 8. Croquis de distribución aleatorizada de los tratamientos.....	25
Tabla 9. Descripción de calibres o diámetros de tubérculos.....	29
Tabla 10. Escalas de contenido de materia seca de tubérculos.....	30
Tabla 11. Escala para evaluación de calidad de fritura.....	31
Tabla 12. Promedio de la altura de plantas (cm), incremento diario (cm día^{-1}) y porcentaje respecto a la altura máxima en cinco evaluaciones.....	33
Tabla 13. Promedio de la altura de plantas (cm) por efecto de las diferentes fuentes y dosis de potasio a los 127 días después de la siembra.....	34
Tabla 14. Cobertura foliar promedio (%), variación diaria ($\% \text{ día}^{-1}$) y porcentaje respecto al valor máximo en seis fechas.....	35

Tabla 15. Porcentaje de Cobertura foliar de plantas por efecto de las diferentes fuentes, dosis y tratamientos testigo a los 127 días después de la siembra.....	37
Tabla 16. Número de tallos por planta por efecto de los factores en estudio y los tratamientos testigo a los 55 y 170 días después de la siembra.....	37
Tabla 17. Tallos principales por planta por efecto de las diferentes fuentes, dosis y tratamientos testigo a los 170 días después de la siembra.....	38
Tabla 18. Estolones por tallo por efecto de las diferentes fuentes y dosis de potasio a los 70 días después de la siembra.....	40
Tabla 19. Promedio de tubérculos por tallo en plantas con diferentes Fuentes, dosis y tratamientos testigo a los 170 días después de la siembra.....	42
Tabla 20. Peso fresco promedio de hojas (g tallo^{-1}), incremento diario ($\text{g tallo}^{-1} \text{ día}^{-1}$) y porcentaje respecto al peso fresco máximo ($\% \text{ día}^{-1}$) en seis Periodos de evaluación.....	43
Tabla 21. Peso fresco de hojas por tallo (g tallo^{-1}) por efecto de las diferentes fuentes, dosis y tratamientos testigo a los 89 días después de la siembra.....	44
Tabla 22. Peso seco promedio de hojas (g tallo^{-1}), incremento diario ($\text{g tallo}^{-1} \text{ día}^{-1}$) y porcentaje respecto al peso seco máximo ($\% \text{ día}^{-1}$) en seis fechas.....	45
Tabla 23. Peso seco de hojas por tallo (g tallo^{-1}) por efecto de las diferentes fuentes, dosis y tratamientos testigo a los 89 días después de la siembra.....	46
Tabla 24. Promedio peso fresco de tubérculos (g tallo^{-1}), incremento diario ($\text{g tallo}^{-1} \text{ día}^{-1}$) y porcentaje respecto al promedio del peso total.....	47
Tabla 25. Peso fresco de tubérculos por tallo (g tallo^{-1}) por efecto de las diferentes fuentes y dosis de potasio a los 170 días después de la siembra.....	48

Tabla 26. Promedio del peso seco de tubérculos (g tallo^{-1}), incremento diario ($\text{g tallo}^{-1} \text{ día}^{-1}$) y peso promedio respecto al total.....	49
Tabla 27. Peso seco de tubérculos por tallo (g tallo^{-1}) por efecto de las diferentes Fuentes, dosis y tratamientos testigo a los 170 días después de la siembra...	50
Tabla 28. Rendimiento total (t ha^{-1} , kg planta^{-1} y kg tallo^{-1}) de las plantas con diferentes tratamientos a los 170 días después de la siembra.....	52
Tabla 29. Rendimiento comercial (t ha^{-1}) y porcentaje con respecto al total de las plantas tratadas con diferentes fuentes, dosis de potasio y dos tratamientos adicionales.....	53
Tabla 30. Rendimiento comercial en kg planta^{-1} de las plantas tratadas con diferentes fuentes y dosis de potasio a los 170 días después de la siembra.....	54
Tabla 31. Número de tubérculos por planta tratadas con diferentes fuentes, dosis y tratamientos testigo a los 170 días después de la siembra.....	55
Tabla 32. Porcentaje de tubérculos por categorías de tamaño en plantas con diferentes fuentes y dosis de potasio y en dos tratamientos adicionales.....	56
Tabla 33. Promedio, incremento diario ($\% \text{ día}^{-1}$) y porcentaje respecto al promedio máximo de materia seca en tubérculos durante cuatro muestreos.....	59
Tabla 34. Porcentaje de materia seca de tubérculos procedentes de las plantas con diferentes fuentes y dosis de potasio y de los tratamientos testigo.....	59
Tabla 35. Grados de calidad de fritura en tiras de tubérculos procedentes de plantas tratadas con diferentes fuentes y dosis de potasio.....	60
Tabla 36. Promedios de extracción de potasio (kg ha^{-1}) por la biomasa aérea, tubérculos y total del cultivo a los 150 días después de la siembra.....	63

INDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Variación mensual de las temperaturas media, máxima y mínima (°C) durante el periodo experimental.....	22
Figura 2. Variación de la precipitación acumulada mensual (mm) durante el periodo experimental.....	22
Figura 3. Variación de la altura de plantas con diferentes tratamientos, evaluadas en cinco fechas de evaluación.....	33
Figura 4. Variación promedio de la cobertura foliar de las plantas tratadas con diferentes fuentes de potasio y de dos tratamientos testigo.....	36
Figura 5. Variación promedio de estolones por tallo en plantas con diferentes de potasio y en dos tratamientos testigo durante cinco fechas de evaluación.....	39
Figura 6. Variación promedio de estolones y tubérculos por tallo en plantas con diferentes fuentes de potasio y de dos tratamientos testigo.....	41
Figura 7. Variación del peso fresco (g tallo ⁻¹) de hojas tratadas con diferentes fuentes de potasio y de dos tratamientos testigo, en seis periodos de evaluación.....	43
Figura 8. Variación promedio del peso seco de hojas (g tallo ⁻¹) tratadas con diferentes fuentes de potasio y de dos tratamientos adicionales, en seis fechas de evaluación.....	45
Figura 9. Variación promedio del peso fresco de tubérculos por tallo (g tallo ⁻¹) en plantas con diferentes fuentes de potasio y de dos tratamientos adicionales.....	47

Figura 10. Variación promedio del peso seco de tubérculos por tallo (g tallo^{-1}) en plantas con diferentes fuentes potásicas y en dos tratamientos adicionales.....	49
Figura 11. Evaluaciones durante el crecimiento y desarrollo de la planta.....	51
Figura 12. Rendimiento total promedio (t ha^{-1}) de las plantas con diferentes Tratamientos de fuentes, dosis y testigos adicionales.	52
Figura 13. Rendimiento (t ha^{-1}) comercial y total de plantas tratadas con diferentes fuentes, dosis de potasio y dos tratamientos adicionales.....	54
Figura 14. Evaluaciones en la cosecha.....	57
Figura 15. Relación entre los diferentes tratamientos con la calidad de fritura (apariencia general) de los tubérculos fritos en tiras.....	61
Figura 16. Evaluaciones en post cosecha.....	62
Figura 17. Relación de la extracción de potasio entre la parte aérea y en los tubérculos de las plantas tratadas con diferentes fuentes de potasio.....	64
Figura 18. Efecto de las diferentes fuentes potásicas sobre la extracción de potasio en la biomasa aérea, tubérculos y total de planta, a los 150 días después de la siembra.....	65
Figura 19. Efecto de las diferentes dosis de potasio sobre la extracción de potasio en la biomasa aérea, tubérculos y total de plantas, a los 150 días después de la siembra.....	66
Figura 20. Extracción de potasio en la biomasa aérea, tubérculo y total de plantas por efecto de diferentes tratamientos combinados de fuentes y dosis, a los 150 días después de la siembra.....	67

INDICE DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 1. Análisis de variancia del efecto de factores principales sobre la altura de plantas a los 127 días después de la siembra.....	79
Anexo 2. Análisis de variancia del efecto de tratamientos sobre la altura de plantas a los 127 días después de la siembra.....	79
Anexo 3. Análisis de variancia del efecto de factores principales sobre el porcentaje de cobertura foliar a los 127 días después de la siembra.....	80
Anexo 4. Análisis de variancia del efecto de tratamientos sobre el porcentaje de cobertura foliar a los 127 días después de la siembra.....	80
Anexo 5. Análisis de variancia del efecto de factores principales sobre el número de tallos a los 170 días después de la siembra.....	81
Anexo 6. Análisis de variancia del efecto de tratamientos sobre el número de tallos a los 170 días después de la siembra.....	81
Anexo 7. Análisis de variancia del efecto de factores principales sobre el número de estolones por tallo a los 70 días después de la siembra.....	82
Anexo 8. Análisis de variancia del efecto de tratamientos sobre el número de estolones por tallo a los 70 días después de la siembra.....	82
Anexo 9. Análisis de variancia del efecto de factores principales sobre el número de tubérculos por tallo a los 70 días después de la siembra.....	83
Anexo 10. Análisis de variancia del efecto de factores principales sobre el peso fresco de hojas por tallo a los 89 días después de la siembra.....	83

Anexo 11. Análisis de variancia del efecto de tratamientos sobre el peso fresco de hojas por tallo a los 89 días después de la siembra.....	84
Anexo 12. Análisis de variancia del efecto de factores principales sobre el peso seco de hojas por tallo a los 89 días después de la siembra.....	84
Anexo 13. Análisis de variancia del efecto de tratamientos sobre el peso seco de hojas por tallo a los 89 días después de la siembra.....	85
Anexo 14. Análisis de variancia del efecto de factores principales sobre el peso fresco de tubérculos por tallo a los 170 días después de la siembra.....	85
Anexo 15. Análisis de variancia del efecto de tratamientos sobre el peso fresco de tubérculos por tallo a los 170 días después de la siembra.....	86
Anexo 16. Análisis de variancia del efecto de factores principales sobre el peso seco de tubérculos por tallo a los 170 días después de la siembra.....	86
Anexo 17. Análisis de variancia del efecto de tratamientos sobre el peso seco de tubérculos por tallo a los 170 días después de la siembra.....	87
Anexo 18. Análisis de variancia del efecto de factores principales sobre el rendimiento total (kg planta ⁻¹) a los 170 días después de la siembra.....	87
Anexo 19. Análisis de variancia del efecto de tratamientos sobre el rendimiento total (kg planta ⁻¹) a los 170 días después de la siembra.....	88
Anexo 20. Análisis de variancia del efecto de factores principales sobre el rendimiento comercial (kg planta ⁻¹) a los 170 días después de la siembra.....	88

Anexo 21. Análisis de variancia del efecto de tratamientos sobre el rendimiento comercial (kg planta^{-1}) a los 170 días después de la siembra.....	89
Anexo 22. Análisis de variancia del efecto de factores principales sobre el número de tubérculos por planta a los 170 días después de la siembra.....	89
Anexo 23. Análisis de variancia del efecto de factores principales sobre el porcentaje de materia seca de los tubérculos a los 170 días después de la siembra.....	90
Anexo 24. Análisis de variancia del efecto de tratamientos sobre el porcentaje de materia seca de los tubérculos a los 170 días después de la siembra.....	90
Anexo 25. Análisis de variancia del efecto de factores principales sobre el parámetro extracción de potasio en la parte aérea de la planta a los 150 días después de la siembra.....	91
Anexo 26. Análisis de variancia del efecto de factores principales sobre el parámetro extracción de potasio en tubérculo a los 150 días después de la siembra.....	91
Anexo 27. Análisis de variancia del efecto de factores principales sobre el parámetro extracción de potasio total a los 150 día después de la siembra.....	92
Anexo 28. Número de tubérculos por planta por categoría.....	93
Anexo 29. Peso de tubérculos por categoría.....	94
Anexo 30. Extracción de potasio a los 70 y 89 días después de la siembra.....	95

RESUMEN

En el Perú, se ha incrementado el consumo de papa en hojuelas (papas chips) y a la francesa (papa frita). Esto ha producido una demanda de variedades con aptitud para fritura. Sin embargo, la oferta es insuficiente debido a la mayor concentración de azúcares reductores que se encuentran en las papas producidas en la sierra a pesar de contar con variedades con buena aptitud para la fritura. Se considera que la fertilización potásica¹ es una práctica agronómica importante para la producción y calidad de fritura de los tubérculos de papa. Sin embargo, no se dispone de suficiente información sobre el efecto de diferentes fuentes y dosis de fertilización potásica.

El presente trabajo de investigación se realizó durante la campaña agrícola 2014-2015 en el Instituto Regional de Desarrollo (IRD) de Sierra se evaluaron los efectos de dos factores principales: Tres fuentes potásicas (cloruro de potasio, sulfato de potasio y sulpomag) y dos dosis (100 y 200 kg ha⁻¹ de K₂O) de fertilización potásica sobre el crecimiento, componentes del rendimiento, calidad de fritura y extracción de potasio utilizando como material vegetal papa (*Solanum tuberosum* L.) var. ÚNICA². Además, se empleó dos tratamientos adicionales (80-200-200 y 160 – 200 – 0 kg ha⁻¹ de N - P₂O₅ - K₂O). El diseño experimental fue Bloque Completamente al Azar con arreglo factorial de 3 x 2 con cuatro repeticiones.

Las características evaluadas fueron la emergencia, altura de plantas, cobertura foliar, número de tallos, número de estolones, número tubérculos, peso fresco y seco de hojas y tubérculos por tallo; con los tubérculos cosechados se evaluó el rendimiento total y comercial, número y tamaño de tubérculos; en post cosecha se determinó el porcentaje de materia seca, calidad de fritura y la extracción de potasio³.

Los resultados obtenidos de acuerdo a las condiciones en las cuales se llevó a cabo la presente investigación muestran que el mayor ritmo de crecimiento de las plantas (0.97 cm día⁻¹) se presentó a los 55 y 70 días; el máximo porte promedio de plantas (54.6 cm) se evidenció a los 127 días; el mayor incremento diario del porcentaje de cobertura foliar de planta (1.64 % día⁻¹) también se presentó entre los 55 y 70 días alcanzándose el mayor porcentaje promedio a los 127 días con 87.6 %; el promedio de tallos principales (4.09) por planta se definió a los 55 días; el promedio máximo de estolones (8.02) por tallo alcanzó a

los 70 días; el promedio de tubérculos por tallo en la cosecha (170 días) fue 3.02; la tuberización alcanzó la mayor ganancia de peso diario entre los 89 y 127 días con 4.86 g tallo⁻¹ día⁻¹ llegando al máximo peso promedio a los 170 días con 305.3 g tallo⁻¹.

El rendimiento total alcanzó en promedio 44.95 t ha⁻¹ (1.21 kg planta⁻¹) y el rendimiento comercial fue en promedio 39.7 t ha⁻¹. En cuanto a características evaluadas en post cosecha, el porcentaje promedio de materia seca fue 22.53 %, la calidad de fritura en tiras presentó apariencia general buena y, la extracción promedio de potasio total de plantas a los 150 días por efecto de los factores en estudio fue 224.73 kg ha⁻¹ de K₂O; es decir 37.43 y 187.29 kg ha⁻¹ de K₂O en el follaje y tubérculos, respectivamente.

De acuerdo a los resultados, es posible concluir que tanto los factores en estudio como la reducción de la dosis nitrogenada y la ausencia del potasio no mostraron efectos estadísticamente significativos en ninguna de las características del crecimiento y desarrollo de plantas, ni en los componentes del rendimiento de tubérculos ni en la calidad de fritura.

Las plantas fertilizadas con sulfato de potasio extrajeron mayor cantidad de K₂O respecto a las otras fuentes potásicas. Se encontró relación directa entre la dosis de fertilización potásica y la extracción total de K₂O tanto en el follaje como en los tubérculos. Sin embargo, estas diferencias no se tradujeron en el rendimiento total, comercial ni en el contenido de materia seca de los tubérculos. Estos resultados sugieren que la cantidad de potasio contenido en el suelo (408 mg kg⁻¹) habría sido suficiente para que no se manifiesten diferencias por efecto de los factores en estudio.

Palabra clave: fertilización potásica¹, (*Solanum tuberosum* L.) var. ÚNICA², extracción de potasio³.

I. INTRODUCCIÓN

La papa es uno de los cuatro cultivos alimenticios más importantes del mundo junto al trigo, arroz y maíz. El Perú es el principal productor de papa en América Latina con 4.6 millones de toneladas y a nivel mundial se posicionó en el décimo octavo lugar entre los principales productores de papa (FAO, 2014).

La papa se cultiva en 19 de los 24 departamentos del Perú, desde el nivel del mar hasta los 4,300 m.s.n.m. constituyéndose en la base de la alimentación del poblador; especialmente de la sierra. El rendimiento promedio nacional de papa es de 14 t ha⁻¹ (MINAGRI, 2014), el cual es relativamente bajo comparado con el rendimiento de otros países.

En el Perú, se ha incrementado progresivamente el consumo de papa procesada en forma de hojuelas (papas chips), a la francesa (papa frita) y otros. Esto ha producido una demanda de variedades con aptitud para la industria; que implica que las variedades deben presentar alto contenido de sólidos y bajo contenido de azúcares reductores. Sin embargo, la oferta es insuficiente debido a la mayor concentración de azúcares reductores que se encuentran en las papas producidas en la sierra a pesar de contar con variedades con buena aptitud para la fritura de tubérculos, como es el caso de las variedades Capiro y ÚNICA.

Una de las formas inmediatas para incrementar la producción y calidad del tubérculo de papa, es el uso adecuado y racional de abonos y fertilizantes. Se considera que la fertilización potásica es importante para la producción y calidad de fritura de los tubérculos de papa; sin embargo, en el Perú las evidencias experimentales que demuestren esta importancia del potasio son insuficientes al igual que los efectos de diferentes fuentes y dosis potásicas.

Por lo expuesto, el presente trabajo de investigación se propone alcanzar los siguientes objetivos:

- Evaluar el efecto de tres fuentes y dos dosis de fertilización potásica sobre el crecimiento, desarrollo, ritmo de tuberización y los componentes del rendimiento de los tubérculos.
- Evaluar el efecto de diferentes fuentes y dosis de fertilización potásica sobre la calidad de fritura de tubérculos en tiras o bastones.
- Determinar el ritmo de extracción de potasio durante el crecimiento y desarrollo del cultivo.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 LA PAPA VARIEDAD ÚNICA

ÚNICA es una variedad que tiene atributos de resistencia y precocidad que la hacen atractiva para los agricultores involucrados en el cultivo de papa. La adaptación de la variedad ÚNICA a diferentes ambientes permite una amplia distribución geográfica, en regiones de la costa y sierra del Perú. Las buenas características para el consumo en fresco y para el procesamiento en tiras, representan una alternativa de mejores ingresos para los agricultores por la demanda que puede generar en el mercado (Gutiérrez, 2007).

Presenta características de semi precoz (90 a 110 dds) en condiciones de trópico bajo como la costa o los valles Interandinos (0 a 1.500 msnm). Debido a su gran estabilidad en diferentes épocas de siembra y en diferentes localidades, mantiene el rendimiento a diferencia de otras variedades. Para el invierno en zonas de costa peruana (trópico bajo) y en épocas húmedas de la zona sierra (trópico alto) se puede alcanzar el rendimiento potencial (50 t ha⁻¹). Comercialmente se pueden lograr rendimientos promedios de hasta 40 t ha⁻¹. Posee ligera tolerancia a sales y a temperaturas cálidas, pudiendo tuberizar con temperaturas nocturnas de hasta 16 °C (Vásquez, 2003), siendo una ventaja, pues en condiciones del fenómeno de *El Niño*, la producción de papa en la costa peruana se ve afectada por el incremento de la temperatura, inhibiéndose la tuberización en las variedades tradicionales. La amplia adaptabilidad a diferentes condiciones climáticas de la costa, favorece la programación de las siembras y cosechas en una mayor amplitud de épocas (CIP, 1998).

En general, la planta de la variedad ÚNICA presenta hábito de crecimiento erecto, porte mediano, tallos gruesos de color verde oscuro, alcanzando una longitud entre 90 a 120 cm. Las hojas son verde oscuras con cinco pares de foliolos laterales y un par de interhojuelas sobre los peciolulos (Gutiérrez y colaboradores, 2007). Presenta floración moderada en la primavera de costa, escasa floración en el invierno en costa y ausencia de floración en la sierra (> a 2000 msnm.); las flores son de color violáceo algo pálidas y no forman bayas en épocas con bajas temperaturas. Los estolones son alargados en el invierno o bajo condiciones

de sierra y ligeramente cortos y pegados al tallo en la primavera. Además, los tubérculos son oblongo alargados, con ojos superficiales, el ojo apical es semi-profundo y los brotes son rojo violáceos. La piel del tubérculo es de color rosado, que toma una tonalidad más clara hacia finales de la primavera en la costa y es roja en condiciones de la sierra, la pulpa es blanca marfil (Gutiérrez, 2007).

El principal uso dado a esta variedad es para el consumo en fresco, sin embargo también presenta atributos para el procesado de papas peladas y cortadas en tiras (CIP, 2002), utilizada comúnmente en el Perú como guarnición para los pollos a la brasa, teniendo un 58 % de rendimiento en procesamiento para tiras mayores de 8 cm sobre el rendimiento total. En pruebas realizadas en ocho localidades de la costa peruana (CIP, 1998) el porcentaje promedio de materia seca fue 19.06 %. Los azúcares reductores presentes en los tubérculos varían en el rango de 0,19 a 1,59 % (Vásquez, 2003).

2.2 CRECIMIENTO, DESARROLLO Y TUBERIZACIÓN

El conocimiento de la fenología de las plantas de papa y de la asimilación de nutrientes durante el crecimiento y desarrollo, es de importancia clave para determinar los sistemas de fertilización. La papa es un cultivo que requiere asimilar grandes cantidades de nutrientes en un breve período de tiempo, ya que su sistema radicular es fibroso, ramificado, poco desarrollado y superficial, lo que limita la intercepción radical de los nutrientes. Presenta un crecimiento acelerado de su follaje que se expande libremente y un período relativamente corto de engrosamiento de los tubérculos, como órgano de reserva (Gruner, 1982 y De Geus, 1982).

Kupers (1985), señala que debe tomarse en cuenta que las plantas de papa necesitan altas cantidades de nitrógeno y potasio, durante el engrosamiento de los tubérculos y que aparte de las concentraciones de estos elementos en el suelo, la capacidad del sistema radicular para tomar esas grandes cantidades de nutrientes hasta la cosecha define en gran medida la longitud de la duración de las hojas activas y por lo tanto el rendimiento del cultivo. El incremento de rendimientos debido a la aplicación de fertilizantes tiene como límites la posibilidad de aprovechamiento de la radiación luminosa, el suministro de agua, las particularidades de las variedades, la relación entre la tasa de fotosíntesis y la respiración, y cuanto factor influya en la duración del ciclo de vida de las plantas. (Voisin, 1984) al estudiar

la acción de cada nutriente, no debe descuidarse la ocurrencia de antagonismos y sinergismos iónicos entre ellos y las condiciones del entorno. También debe tomarse en cuenta la acción de la “Ley de los incrementos de rendimientos no proporcionales”, la cual postula que a medida que un cultivo se acerca a sus rendimientos máximos, cada incremento exigirá una tasa mayor de nutrientes por unidad de rendimiento, afectando la rentabilidad del cultivo.

En el inicio de la tuberización, habiéndose formado solamente 20 % de la materia seca total final de las plantas, la asimilación de nutrientes minerales puede ascender al 40 % del total. Al final de la floración, con un 45 % de la producción de materia seca, ya la planta ha asimilado el 75 % de los nutrientes (Gruner, 1983).

Como conclusión práctica, es necesario respetar la “ley del anticipo”, ya que los nutrientes deben estar disponibles a las plantas en épocas tempranas y en cantidades suficientes (Van der Zaag, 1990).

La planta, unas cuantas semanas después de su emergencia, asimila ávidamente el potasio, y disminuye sensiblemente la asimilación después de alcanzarse la época de pleno crecimiento (Van der Zaag, 1990). La absorción total de nutrientes dependerá de numerosos factores como el rendimiento obtenido, la disponibilidad de nutrientes que tuvo la planta y la variedad. La mayor necesidad de nutrientes en el cultivo de papa, ocurre durante el tiempo que transcurre entre el inicio de la tuberización y el final de la etapa de floración, mostrando una estrecha correlación con el engrosamiento o llenado de los tubérculos. La absorción de nutrientes en esta primera etapa de desarrollo de las plantas de papa es más rápida que la producción de materia seca.

El cultivo de papa extrae del suelo 4.0 – 6.0 kg de N, 0.7 – 1.1 kg de P₂O₅, 6.0 – 7.5 kg de K₂O y 0.6 – 0.8 kg de CaO para producir una tonelada de tubérculos (Villagarcía, 1990). Otros autores mencionan que el cultivo de papa para lograr rendimientos económicamente aceptables extrae del suelo 3.5 kg de N, 0.9 kg de P₂O₅, 5.3 kg de K₂O por tonelada de tubérculos, llegándose a aplicar cantidades de hasta 400-200-300 kg ha⁻¹ de N, P₂O₅ y K₂O, respectivamente (INCA, 1987). Las cantidades de nutrientes extraídas por el cultivo de papa según diferentes autores con rendimientos moderados a altos se muestran en la tabla 2.1.

Tabla 1. Extracción relativa de nutriente en el cultivo de papa para diferentes rendimientos, según diferentes autores.

Rendimiento t ha⁻¹	N -----	P₂O₅ -----	K₂O -----	Referencia
	kg ha⁻¹			
20	140	39	190	FAO/IFA, 2002
38	224	67	336	Dahnke, Nelson, 1976
40	175	80	310	FAO/IFA, 2002
40	120	55	221	Kupers, 1972
56	235	71	400	Westermann, 2002
63	288	128	396	Sierra <i>et al</i> , 2002
94	300	80	480	Sierra <i>et al</i> , 2002

Fuente: Compilado por Campos (2014).

Algunos investigadores han mencionado que, a mayor rendimiento existe un moderado incremento de la extracción. Esta poca relación posiblemente se debe al denomina “consumo de lujo” por parte de las plantas, es decir la cantidad de potasio excesivo que la planta normalmente puede absorber sin afectar su rendimiento.

2.3 CALIDAD DE FRITURA EN PAPA

El principal uso de los tubérculos de la variedad ÚNICA es para el consumo en fresco, sin embargo también presenta atributos para el procesado de papas peladas y cortadas en tiras utilizadas comúnmente en el Perú como guarnición para los pollos a la brasa (CIP, 2002).

El estudio de los factores que afectan la calidad de las papas fritas es un tema importante, sobre todo desde el punto de vista fisiológico debido a que el tubérculo está sujeto a cambios continuos en su composición por efecto de las condiciones de temperatura, humedad, luz, condiciones de almacenamiento y de los tratamientos que recibe en post cosecha tales como el uso de inhibidores de brotación (Ramos, 1991).

El contenido de materia seca en los tubérculos es un factor importante para la agroindustria. El contenido de la porción solida o materia seca del tubérculo varía de 17 a 35 %

dependiendo del cultivar, fertilización, localidad de producción, clima, suelo, incidencia de plagas y enfermedades (Woolfe, 1987).

A mayor contenido de materia seca del tubérculo existe un menor consumo de aceite para fritura de tubérculos, lo que reduce los costos, por la menor cantidad de energía invertida para evaporar el agua contenida en la pulpa. La máxima calidad de fritura se obtiene con sólidos entre 20 a 24 % de materia seca, por encima de 24 % las papas fritas son excesivamente secas y duras.

La calidad sensorial de la papa frita es el criterio que rige como requisito indispensable para que una variedad sea buena para fritura, y por tanto se encuentra determinada por su color, sabor y textura final y estos a su vez son influenciados directa o indirectamente por la composición y manejo del tubérculo hasta su madurez (Tallburt y Smith, 1985).

Las papa frita cortada en tiras es una forma de consumo muy usada por las amas de casa. También es un tipo de alimento destinado principalmente a restaurantes y pollerías por el auge de la gastronomía, las mismas que adquieren el tubérculo pelado y cortado, es decir listo para freír. Las empresas que realizan este procesamiento y comercialización del tubérculo, operan con menores costos de producción, de tal forma que tanto a restaurantes como a pollerías les resulta más barato adquirir la papa lista para freír, que asumir el costo de pelar y cortar a mano la papa requerida. Este tipo de producto presenta un tiempo de vida corto, son productos perecibles preservados de la decoloración por algunos tratamientos químicos y temperaturas de refrigeración (Smith, 1985).

Ramos (1991), describió los requisitos para una papa frita de óptima calidad y aceptación por parte de los consumidores de hojuelas y tiras de papa frita según los siguientes parámetros:

- El color de las hojuelas fritas más atractivas al consumidor está dado por lo más claro, específicamente el color amarillo oro pálido.
- Lo crocante de la papa frita está dada por el crujir de la hojuela al morderla produciendo el ruido típico a sequedad perfecta. Se rechazan las hojuelas humedecidas que presentan textura esponjosa o chiclosa al morderlas.

- El sabor de las hojuelas fritas será más atrayente cuando conserve el sabor *sui géneris* la papa frita mejorada con agregados de sal. Se rechazan las papas fritas con sabores extraños y desagradables como rancidez, quemado, oxidado, etc.
- El aroma de las hojuelas fritas es una característica determinante debido a que es el primer indicador de factores de calidad como: contaminación, excesos de grasa, oxidación, etc.

2.4 EL POTASIO EN EL SUELO, PLANTA Y CALIDAD DE FRITURA

2.4.1 El potasio en el suelo

El contenido aproximado de potasio en la corteza terrestre es del orden 2.3 %. La mayor parte del contenido medio de potasio en la corteza terrestre está unido a minerales primarios o está presente en las arcillas que conforman la fracción mineral del suelo con tamaños de partículas inferiores a 2 μm . Por ésta razón los suelos ricos en arcilla son también generalmente ricos en potasio (Gardner, 1993. citado por Ramos, 1991).

El contenido de potasio en los suelos es muy variable y puede ir desde algunos centenares de kg ha^{-1} en suelos de textura gruesa hasta 5000 kg ha^{-1} o más en suelos de textura fina formada por rocas ricas en minerales potásicos. Algunos factores que influyen en la conversión del potasio del suelo y del potasio añadido a formas menos disponibles son: tipo de coloide, temperatura, humedad, sequedad y el pH de suelo (Tisdale, 1991).

Existe una activa competencia entre el complejo arcilloso del suelo y las raíces de la planta por el potasio intercambiable, presentándose situaciones de antagonismo entre el potasio y otros elementos como el calcio y magnesio. Se han encontrado que, cuando los suelos tienen una cantidad menor de 75 mg kg^{-1} de potasio disponible hay una respuesta a las aplicaciones de 160 a 200 kg ha^{-1} de K_2O , cuando los suelos tienen de 80 a 150 mg kg^{-1} de potasio disponible hay respuesta a la aplicación de 100 a 120 kg ha^{-1} de K_2O y en los suelos con más de 150 mg kg^{-1} de potasio disponible, casi no hay respuesta a la fertilización potásica (Villagarcía, 1990).

El Instituto de la Potasa y el Fósforo indica que a pesar de que la mayoría de los suelos contenían miles de kg de potasio (a menudo más de 20 t ha⁻¹), solo una pequeña cantidad (menos del 2 %) está disponible para las plantas durante el ciclo de crecimiento (INPOFOS, 1997). El potasio no disponible es retenido fuertemente en la estructura de los minerales primarios del suelo (roca madre) y es liberado a medida que los minerales se meteorizan o descomponen por acción ambiental por factores como la temperatura y la humedad, pero esta liberación es tan lenta que el potasio no está disponible para las plantas en un ciclo de crecimiento en particular. El proceso de meteorización es tan lento que toma cientos de años para acumular cantidades significativas de potasio disponible en el suelo.

De acuerdo con las estimaciones normales, la forma no disponible se halla en una proporción del 90 al 98 % del potasio total en el suelo, la forma lentamente disponible del 1 al 10 % y la forma fácilmente disponible de 1 al 2 %. El potasio disponible es aquel que se encuentra en la solución del suelo y el potasio que está retenido en forma intercambiable por la materia orgánica y las arcillas del suelo. Durante miles de años el potasio presente naturalmente en el suelo fue virtualmente la ÚNICA fuente de K⁺ para las plantas, de modo que los suelos pobres en K⁺ disponible no eran fértiles. Hoy en día, los suelos con niveles inadecuados de K⁺ se corrigen frecuentemente mediante el uso de fertilizantes (Medina, 1989).

Para mantener el nivel de fertilidad de un suelo, la cantidad de K⁺ absorbida por los cultivos (K₂O kg ha⁻¹) y la que se pierde por lixiviación debería al menos equilibrarse mediante la fertilización potásica. Sin embargo sólo en los sistemas agrícolas muy desarrollados con rendimientos de nivel superior, la cantidad de K⁺ devuelta al suelo es igual o superior a la extraída por los cultivos. Esto significa que en muchos casos las reservas de potasio del suelo se están agotando (INPOFOS, 1997).

Asato (2005), afirma que el factor más importante en la absorción de magnesio fue el potasio asimilable. En presencia de abundante potasio el contenido de magnesio en la planta es bajo y a medida que bajaba el potasio disponible el magnesio aumentaba, a pesar de desarrollarse en suelos deficientes en magnesio.

La interacción negativa entre el potasio y magnesio, parecería deberse a un caso de antagonismo iónico, sin embargo en cultivo con soluciones nutritivas, donde el potasio estaba en mayor cantidad que el magnesio no se notó este efecto. Se pensó entonces que los

coloides jugaban un papel importante en ese fenómeno y fue así como se explicó el problema. Por el efecto del ión complementario, los coloides del suelo retienen cationes divalentes más fuertemente que los monovalentes y si un suelo está saturado de potasio cambiante y escaso en calcio o magnesio, los iones potasio serán más fácilmente desplazados y mayormente absorbido por la planta, no así los iones calcio y magnesio que serán fuertemente retenidos en los coloides siendo más difícil su absorción por las plantas (Tisdale, 1991). La aplicación de potasio en la fertilización del suelo, disminuye la absorción del magnesio no implicando necesariamente una reducción de los rendimientos (Gruner, 1983).

2.4.2 El potasio en la planta

Los requerimientos de potasio difieren con el desarrollo y crecimiento del cultivo y según sean cultivos anuales y perennes (árboles frutales). Para lograr una óptima producción, se debe conocer, la demanda de nutrientes por la planta y conocer en detalle la absorción, el desplazamiento, y la distribución del potasio dentro de la planta durante el ciclo vital del cultivo. La concentración de potasio varía ampliamente, no solo entre especies diferentes sino también entre los diversos órganos de la planta (Pitman, 1982).

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 de la fruta, aumentando asimismo la resistencia a las enfermedades criptogámicas (algas, hongos, briofitas). Su utilización por parte de las plantas tiene lugar fundamentalmente durante el crecimiento y en los periodos de llenado de la fruta. Los cultivos de mayores requerimientos son los frutales, tubérculos y en general aquellos con una alta producción de carbohidratos (Medina, 1989).

El requerimiento de potasio para un óptimo crecimiento de la planta es de aproximadamente 2 a 5 % del peso seco de la parte vegetativa, frutos carnosos y tubérculos. Al aumentar el potasio en las raíces, es relativamente fácil incrementar el contenido de potasio de varios órganos excepto granos y semillas, los cuales mantienen su contenido constante de potasio en 0.3 % de peso seco (Marschner, 1995).

La mayor concentración de potasio se encuentra en aquellos órganos que están en plena actividad fisiológica como las estructuras botánicas más jóvenes; es decir ápices vegetativos,

órganos sexuales, embrión, meristemos, etc. (Baeyens, 1970). Esta relación se debe a que los materiales botánicas más tiernos son más ricos en agua donde el potasio juega un importante papel osmótico (Malavolta, 1982).

Los síntomas de deficiencia de potasio comienzan en las hojas de mayor edad (por su movilidad dentro de las plantas) y luego, se dispersa a toda la planta (De Geus, 1989), evidenciando tallos débiles y quebradizos con un tono bronceado de las hojas basales, y luego verde azulado con algunas manchas cloróticas entre las nervaduras y en el envés aparecen manchas pardas-oscuras, comenzando a secarse por los bordes desde los ápices, hasta que el follaje muere prematuramente. No se presentan síntomas visuales directos de excesos de potasio, posiblemente por la capacidad de las plantas de realizar “consumo de lujo”, pero podrían ocurrir antagonismos iónicos del potasio con otros cationes como el calcio y magnesio.

La capacidad de resistencia del tejido celular y la susceptibilidad a las manchas azules están relacionadas con el contenido de materia seca en los tubérculos, ya que si su contenido es bajo, significa que el de agua es mayor, y las células muy turgentes son menos sensibles a los choques. Un efecto negativo directo de la aportación de abundante fertilizante potásico sobre el contenido de materia seca tiene que entenderse como una hidratación e hinchazón del citoplasma, lo que se aprecia más cuando se usa cloruro de potasio (Prummel, 1983).

Burton (1986), Gruner (1983) y Venegas (2001), presentan un resumen de los siguientes efectos en la deficiencia de nutrición potásica:

- Afecta la maduración de los tubérculos (tardía) y su calidad para la cocción (aguachenta).
- Resultan en mayores contenidos de azúcares reductores (fructuosa y glucosa), que en el momento de la cosecha influye en las posibilidades de conservación de ellos y en la calidad de las papas crudas o cocidas.
- Incrementa el contenido de compuestos nitrogenados solubles, como los oxifenoles y de hierro, así como una disminución en el contenido de ácido cítrico, creándose condiciones para que se produzcan manchas negras o coloraciones oscuras en el alimento y que el color de las papas fritas sea más oscuro que lo deseado, por la formación de azúcares amínicos a partir de azúcares reductores y aminoácidos.

El potasio desempeña un importante papel como elemento antagónico del nitrógeno. De ahí que, en ciertos casos, el exceso de nitrógeno produzca un efecto fisiológico similar al de la deficiencia potásica y viceversa. El adecuado y oportuno suministro de potasio puede corregir frecuentemente los efectos perjudiciales que ocasionan las elevadas dosis de nitrógeno en la planta. Por ello es, que la relación nitrógeno/potasio bien balanceada resulta ser de particular importancia en la nutrición vegetal (Jacob, 1989).

Se ha hallado cierta relación entre la utilización del potasio y la intensidad de energía luminosa recibida por la planta, por ello el abonamiento potásico, según diversos ensayos, es más eficaz en los años de insolación débil. En las regiones de luminosidad intensa, las plantas absorben menos potasio que en las de luminosidad escasa (Guerrero, 1990).

El potasio, a diferencia del nitrógeno y del fósforo, no forma parte estructural estable de las moléculas en las células de la planta, sin embargo es responsable de más de 48 funciones distintas en las plantas desde regulador del cierre estomático de las hojas en las células oclusivas, hasta principal activador de la síntesis de carbohidratos. Esta última función (translocación de fotosintatos desde las hojas hacia los tubérculos) es muy importante en cultivos, como la papa, debido al gran contenido de carbohidratos que debe formar y almacenar en los tubérculos. El potasio es un macronutriente esencial, que coadyuva en las funciones fisio-bioquímicas indispensables, como:

En la síntesis de carbohidratos: El potasio desempeña funciones fisiológicas importantes en la nutrición vegetal de la papa, es indispensable para la síntesis de fotosintatos, aumenta el contenido del ácido cítrico y de la vitamina C, influye positivamente en el contenido de almidón y disminuye el contenido de azúcares reductores (glucosa y fructosa) del tubérculo, aspectos importantes para el procesamiento industrial de la papa. A nivel bioquímico, la función del potasio se puede explicar por su participación en la activación de varias enzimas y la falta de este provoca disminución en las reacciones catalíticas y como consecuencia no hay acumulación de azúcares. Cronológicamente la síntesis de carbohidratos es la primera función afectada por la deficiencia de potasio (Lacaille, 1986).

En el transporte de carbohidratos: Después de participar en la formación de carbohidratos en las hojas, otra de las funciones del potasio es el transporte o translocación de fotosintatos en forma de glucosa a los órganos de almacenamiento (estolones, tubérculos, bulbos, etc.),

la cual ocurre sobre todo durante la noche. Con un buen aprovisionamiento de potasio, llega a generarse y almacenarse mucho almidón en las hojas. En plantas deficientes en potasio, los carbohidratos permanecen en la hojas contribuyendo a la formación adicional de follaje en vez de ser transportados hacia raíces o tubérculos, o ser transformados en almidón (Lacaille, 1986).

El potasio acelera el flujo de los productos asimilados, que se realiza a través de los tubos cribosos del floema. La savia del floema es rica en sacarosa y potasio, éste parece intervenir directamente en la carga del floema. Cuando las plantas están bien provistas de potasio aumenta la cantidad de azúcar transportada desde las hojas (INPOFOS, 1997).

La translocación y redistribución del potasio ocurre desde las partes más maduras de la planta hacia las partes jóvenes en formación. Por ejemplo durante el crecimiento vegetativo de la soya, el máximo transporte del potasio se observa desde el tallo hacia las ramas, mientras que durante el periodo reproductivo es más alto desde los tallos hacia las vainas. El desplazamiento de potasio hacia las semillas de soya es evidente durante la formación de las semillas; y la mayor parte proviene del tallo, de las hojas y de la raíz (Hanway y Johnson, 1985; Georg, 2009).

La translocación del potasio desde las hojas a los frutos en desarrollo es también notable en los árboles frutales por ejemplo duraznos, donde el potasio foliar aplicado al duraznero disminuyó constantemente luego de la floración, mientras que los árboles sin frutas mostraron una cantidad constante de potasio en las hojas durante la etapa de crecimiento (Mc Clung y Lott, 1986).

En el proceso de fotosíntesis: El ión potasio (K^+), participa como activador de varias enzimas esenciales en la fotosíntesis y la respiración, regulando particularmente el piruvato quinasa y la fosfofructoquinasa, promoviendo la transferencia de energía y la generación de ATP, que almacena la energía requerida para la asimilación del dióxido de carbono (CO_2), que son necesarias para la síntesis de almidón y proteínas (INPOFOS, 1997).

En la resistencia y/o tolerancia a plagas y enfermedades: En general, las plantas excesivamente provistas con nitrógeno tienen tejidos blandos con poca resistencia a la penetración de hifas fúngicas o insectos picadores-chupadores o masticadores. (INPOFOS,

1997), patrocinó ensayos en India donde se demostró que hubo una menor incidencia del ataque de insectos y áfidos cuando los cultivos estuvieron bien provistos con potasio, mientras un suministro insuficiente de potasio causó colores pálidos a las hojas, que fueron particularmente atractivas para los áfidos, que no sólo compiten por los fotosintatos sino que transmiten virus.

La adición de potasio incrementa el calibre de los tubérculos además da resistencia a patógenos como *Fusarium* y *Rhizoctonia* (Panique *et al.*, 1997).

Hardter (1999), investigó sobre el efecto del potasio en las relaciones huésped - patógeno específicas del cultivo del arroz en Asia. Por ejemplo, la podredumbre del tallo (*Helminthosporium sigmoideum*), generalmente ocurre en condiciones de un suministro elevado de nitrógeno en suelos pobres en potasio. Mejorando el suministro de potasio, la incidencia disminuye y aumenta el rendimiento. Una relación similar pero inversa, entre la incidencia de la enfermedad y la nutrición de la planta con potasio fue encontrada en otras enfermedades del arroz, como la mancha marrón de la hoja (*Helminthosporium oryzae*), la piricularia (*Piricularia oryzae*) o el tizón del cariósido (*Thanatephorus cucumeris*). El efecto curativo al aplicar potasio, también fue observado para enfermedades bacterianas del arroz como (*Xanthomonas oryzae*), aunque las variedades altamente susceptibles apenas respondieron al potasio, en contraste con las variedades con un grado moderado de resistencia.

Efecto del nitrógeno y del potasio en el metabolismo de las plantas: El crecimiento excesivo debido a un suministro desbalanceado de nitrógeno también puede crear condiciones microclimáticas favorables para las enfermedades fúngicas. El acame o encamado de los cereales comúnmente observados debido a un exceso de nitrógeno con inadecuada cantidad de potasio es un buen ejemplo, la humedad permanece por más tiempo en los cultivos tumbados, ofreciendo condiciones favorables para la germinación de las esporas de los hongos. De haber poco nitrógeno en el follaje, un contenido bajo en potasio en la hoja afecta menos que en presencia de un contenido alto en nitrógeno (Van der Zaag, 1990).

La adición de nitrógeno y potasio, especialmente a tasas excesivas, reduce el contenido de sólidos y la gravedad específica del tubérculo de papa. Las fuentes con un índice de salinidad

más alto reducirán aún más los sólidos del tubérculo (Panique *et al.*, 1997). Los suelos con niveles excesivos de uno o de ambos nutrientes tendrán un efecto similar (Laboski y Kelling, 2007). En un lapso de cinco horas, en plantas de tabaco bien provistas de potasio, fueron incorporados a las proteínas un 32 % del nitrógeno total, mientras que en plantas deficientes de potasio solamente el 11 % del nitrógeno total (Koch y Mengel, 1994).

Las células de la hoja deficientes en potasio acumulan cantidades substanciales de compuestos orgánicos de bajo peso molecular. Las glumas del arroz, fertilizadas solo con nitrógeno y fosforo pero sin potasio almacenaron casi tres veces más nitrógeno soluble y más de dos veces los azúcares solubles que plantas fertilizadas con dosis adecuadas de potasio (INPOFOS, 1997).

Efecto del potasio sobre la tolerancia a la sequía: El potasio iónico (K^+) es el principal electrolito inorgánico que contribuye a la turgencia de las células y a la regulación de apertura y cierre de estomas, que disminuyen la transpiración de las plantas lo cual explica el efecto positivo en la economía hídrica del cultivo. Por ejemplo en frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) empleando tratamientos con bajos niveles de potasio, la turgencia fue de 0.5 MPa, significativamente menor que en el tratamiento con un alto suministro de potasio, que ascendió a 0.7 MPa. En el tratamiento bajo en potasio, la velocidad de crecimiento, el tamaño de las células y el contenido de agua de los tejidos eran reducidos. De los resultados de éste experimento se concluyó que en los tejidos jóvenes el potasio era indispensable para obtener una óptima turgencia celular, que a su vez se requiere para la expansión de las células (Mengel y Kirby, 1982).

Los síntomas de estrés hídrico son familiares a muchos agricultores, quienes conocen que un rápido marchitamiento de las plantas es un primer indicio de deficiencia de potasio (Pérez, 1987). Allison *et al* (2001), notaron que las plantas de tabaco sin fertilización potásica se marchitaban antes y más en días calurosos, que aquellas fertilizadas con potasio.

2.4.3 El potasio y la calidad de los tubérculos de papa

El potasio es considerado como sinónimo de calidad en los cultivos (Venegas, 2001), sin embargo, esta es una cuestión debatida en la literatura científica, principalmente cuando la

Calidad del tubérculo se mide por su gravedad específica, de la cual se deduce el contenido en almidón. Varios autores hasta la década de 1970 planteaban que la disponibilidad de potasio en el suelo favorece el contenido de almidón en los tubérculos de papa, pero en suelos bien abastecidos la fertilización no eleva su porcentaje, aunque se eleve la producción total.

La insuficiente disponibilidad de potasio, tiene siempre como secuela, una deficiente maduración de los tubérculos. Las dosis reducidas de potasio resultan en mayores contenidos de azúcares reductores (fructosa y glucosa) en los tubérculos, mientras que las cantidades abundantes de potasio rebajan el porcentaje de sacáridos, influyendo considerablemente en la calidad de fritura de tubérculos en tiras y hojuelas (Marschner, 1995. Citado por Sifuentes, 2012).

El contenido de sacáridos en los tubérculos, también depende, de la madurez del cultivo y la destrucción del follaje en la cosecha. Para la elaboración de papa “a la francesa” o “en Tiras” para pollería, el contenido en azúcares reductores debe ser menor a 0.3 % del peso en fresco (Gómez y Wong, 2002).

La cantidad de potasio que se debe aplicar al cultivo depende principalmente de dos factores: Rendimiento esperado y contenido de potasio disponible en el suelo. Este último parámetro puede ser conocido mediante un análisis del suelo previo a la siembra. Dosis muy altas de potasio deben aplicarse cuando el suelo presenta una disponibilidad muy baja del nutriente y se pretende cosechar altos rendimientos. Por otra parte, cuando el rendimiento esperado es bajo y el nivel de potasio en el suelo es alto (> 200 ppm en la capa arable), el cultivo puede no requerir la aplicación de fertilizante potásico. Sin embargo, en estos casos se debería aplicar una dosis de mantención del elemento para evitar una pérdida de fertilidad del suelo, la cual puede afectar en el futuro a otros cultivos de la rotación (Rodríguez, 1990; Sierra *et al*, 2002). Estos mismos autores presentan el siguiente cuadro de estimación de la fertilización potásica que debe ser aplicada al cultivo según diferentes niveles de rendimiento posibles de alcanzar y la disponibilidad de potasio en el suelo.

Tabla 2. Estimación de la fertilización potásica que debe ser aplicada al cultivo según diferentes niveles de rendimiento esperado y la disponibilidad de potasio en el suelo.

	Rendimiento estimado (t ha⁻¹)			
	25	35	45	55
Potasio intercambiable	-----Dosis de K₂O (kg ha⁻¹)-----			
1 -50	140	250	360	460
51 -100	100	140	250	350
101 - 150	80	120	160	240
151 - 250	60	100	120	180
> 250	50	80	100	120

Fuente: compilación propia.

El potasio no incrementa la ramificación de las plantas ni la producción de hojas como el nitrógeno y el fósforo, pero incrementa el tamaño de las hojas superiores y favorece su longevidad, también coadyuva en el desarrollo temprano y el vigor de los tallos (Burton, 1986; Venegas, 2001).

El efecto de la fertilización potásica depende, no solo de la cantidad aplicada, sino también de la variedad de papa, de su relación con respecto a la dosis de nitrógeno y fosforo empleada, de la clase de suelo, del estado de abastecimiento del suelo, del cultivo precedente y de las condiciones del clima (Palma, 1984).

Struik *et al.* (1991), realizó ensayos de investigación con dos fuentes potásicas (cloruro de potasio y sulfato de potasio) y tres dosis (300, 600 y 900 kg ha⁻¹ de K₂O) con la finalidad de evaluar rendimiento, tamaño de tubérculos, porcentaje de materia seca, azúcares reductores entre otras variables en dos variedades de papa “Portland Dell y Maris Piper”. Teniendo en cuenta que el contenido del potasio en el suelo fue 133 mg kg⁻¹, los resultados mostraron una fuerte influencia de la variedad de papa, las dosis de potasio influyeron en la calidad y el rendimiento, sin embargo el efecto de las fuentes usadas no fue significativo. En ensayos ejecutados con tres dosis de fertilización potásica en papa (335, 353 y 384 k ha⁻¹ de K₂O),

se obtuvieron incrementos en el rendimiento en 719, 733 y 660 g planta⁻¹ respectivamente, aunque no especificó el contenido de potasio en el suelo (Fontes, 1998).

Luego de varios estudios, Sotuyo (1991) concluyó, cuando el contenido de potasio en el suelo es superior a 280 ppm no hay respuesta a la fertilización potásica en el rendimiento, producción de materia seca, extracción y translocación de potasio por las plantas de papa; sin embargo, afirmó que la fertilización potásica incrementó de forma significativa, los niveles de potasio cambiante en el suelo.

Trujillo (2000), evaluó el efecto de tres fuentes de potasio (KCl, K₂SO₄ y KNO₃) y cuatro dosis de K₂O (38, 76, 152 y 304 kg ha⁻¹). Las variables evaluadas fueron altura de planta, rendimiento comercial de tubérculos, materia seca de tubérculo comerciales, concentración de nutrientes foliares y de tubérculos, cantidad de azúcares reductores y gravedad específica de tubérculos. Los resultados indicaron respuesta a fuentes, dosis y su interacción, manifestándose el K₂SO₄ como la mejor fuente. El rendimiento se incrementó de 32 a 36 t ha⁻¹ cuando el potasio subió de 38 a 304 kg ha⁻¹ de K₂O para el K₂SO₄. El KNO₃ incrementó de 27 a 34 t ha⁻¹ para el mismo incremento de potasio. Finalmente, hubo un incremento con el KCl de 27 a 34 t ha⁻¹ cuando el potasio fue aumentando de dosis de 38 a 304 de K₂O kg ha⁻¹.

Luego de una serie de estudios en Inglaterra, Allison (2001), concluyó que la probabilidad de que el potasio influya en los rendimientos de papa es mínima, inclusive en suelos que tengan poca cantidad de potasio disponible. Anotó que en aquellos lugares donde si hubo efecto del potasio sobre el rendimiento de papa, la dosis siempre fue menor o igual a 210 kg ha⁻¹ de K₂O. Otros autores encontraron que la cantidad de potasio disponible en el suelo era un pobre indicador de respuesta en el rendimiento ante una fertilización potásica (Eagle *et al.*, 1987). Los mismos autores sugirieron que una posible razón a esto sea otras prácticas de manejo agronómico, como el riego, y hasta inclusive la variedad utilizada parecen ser más determinantes aunque aclaran que se necesita más investigación al respecto.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 LOCALIDAD EXPERIMENTAL

La fase experimental de campo se ejecutó durante la campaña agrícola 2014/15 en el Instituto Regional de Desarrollo de Sierra (IRD – SIERRA) de la Universidad Nacional Agraria La Molina, ubicado en San Juan de Yanamucllo, distrito de San Lorenzo, provincia de Jauja y departamento de Junín a una altitud de 3,200 m.s.n.m. y coordenadas 11°46'30''LS – 75°30'00''LO.

3.1.1 Características fisicoquímicas del suelo

Los resultados del análisis de caracterización de la muestra de suelo experimental indicaron que la C.E. fue de 0.52 dS m⁻¹, valor que indica que el suelo no es salino; era un suelo de textura franca; de reacción moderadamente alcalino (pH 7.97); presentó un nivel medio de fósforo (11.8 mg kg⁻¹) y alto de potasio disponible (408 mg kg⁻¹) pero bajo en contenido de materia orgánica (1.92 %). En base a estos resultados, se puede concluir que el suelo presentó deficiencias en el aporte de nitrógeno y fósforo y con excepción del potasio.

Las relaciones catiónicas cambiables establecidas indican que para el caso de las relaciones Mg/K (4.25) y Ca/K (20.71) es hipo potásico e hiper magnésica, mientras que la relación Ca/Mg (4.86) es hipo cálcica; por lo tanto, se puede afirmar que hay mayor cantidad de Mg cambiante, en relación al Ca y K. Los resultados del análisis se resumen en la tabla 3.

Tabla 3. Propiedades físicas y químicas del suelo antes del experimento.

Características		Valor	Clasificación
Arena	(%)	40	
Limo	(%)	37	
Arcilla	(%)	23	
Clase textural			Franco
pH (1:1)		7.97	Moderadamente alcalino
C.E. (1:1)	(dS m ⁻¹)	0.52	No salino
CaCO ₃	(%)	3.50	Calcáreo
M.O.	(%)	1.92	Bajo
Fósforo	(mg Kg ⁻¹)	11.8	Medio
Potasio	(mg Kg ⁻¹)	408	Alto
CIC	(cmol ₍₊₎ kg ⁻¹)	25.60	Alto
Ca ²⁺	(cmol ₍₊₎ kg ⁻¹)	20.30	Alto
Mg ²⁺	(cmol ₍₊₎ kg ⁻¹)	4.17	Alto
K ⁺	(cmol ₍₊₎ kg ⁻¹)	0.98	Alto
Na ⁺	(cmol ₍₊₎ kg ⁻¹)	0.15	Escaso
Al ³⁺ + H ⁺	(cmol ₍₊₎ kg ⁻¹)	0	Ausente

Fuente: LASPAF-UNALM

3.1.2 Variables climáticas durante el experimento

Los datos meteorológicos se tomaron de manera referencial de la estación meteorológica Jauja, ubicada a unos 7 km del lugar donde se realizó la investigación y a una altitud de 3,360 m.s.n.m.

Los valores promedios para algunas variables meteorológicas, entre los meses de septiembre del 2014 a febrero del 2015, que fue el periodo de desarrollo y crecimiento del cultivo de papa, se detallan en la tabla 4.

Tabla 4. Temperatura mínima, máxima y media (°C), precipitación (mm) y la humedad relativa (%) durante el periodo experimental. Septiembre 2014 - Febrero 2015; IRD-SIERRA, San Lorenzo- Jauja.

Meses	Temperatura (°C)			Precipitación (mm)	Humedad relativa (%)
	Mínima	Máxima	Media		
Sep	1.2	20.2	8.6	34.4	63.2
Oct	3.0	19.6	9.6	37.7	70.4
Nov	3.8	22.1	11.7	72.3	57.6
Dic	4.5	21.5	11.6	104.5	61.3
Ene	5.0	19.8	10.7	136.4	75.3
Feb	3.9	19.5	10.1	134.2	74.2
Promedio	3.5	20.6	10.4	-----	67.4
Total	----	-----	-----	519.5	-----

Fuente: Elaboración propia.

La temperatura media mensual durante el periodo experimental varió dentro de un rango favorable para el cultivo de papa (figura 1). Los promedios de las temperaturas máximas, medias y mínimas fueron de 20.6, 10.4 y 3.5, respectivamente.

Durante el periodo de siembra, emergencia y aporque se evidenció escasez de lluvia, demandando riego por surco hasta la fase de crecimiento lineal (tuberización masiva). La precipitación superó los 100 mm/mes entre diciembre del 2014 a febrero del 2015 (figura 2). La pluviosidad total acumulada durante la campaña agrícola del experimento fue de 519.5 mm.

En general la temperatura y la precipitación acumulada durante el periodo de estudio mostraron valores favorables para el normal crecimiento y desarrollo del cultivo. Excepto durante el periodo de emergencia (45 días después de la siembra) se presentó descenso de temperaturas (heladas leves) pero, sin causar daños de consideración en el cultivo.

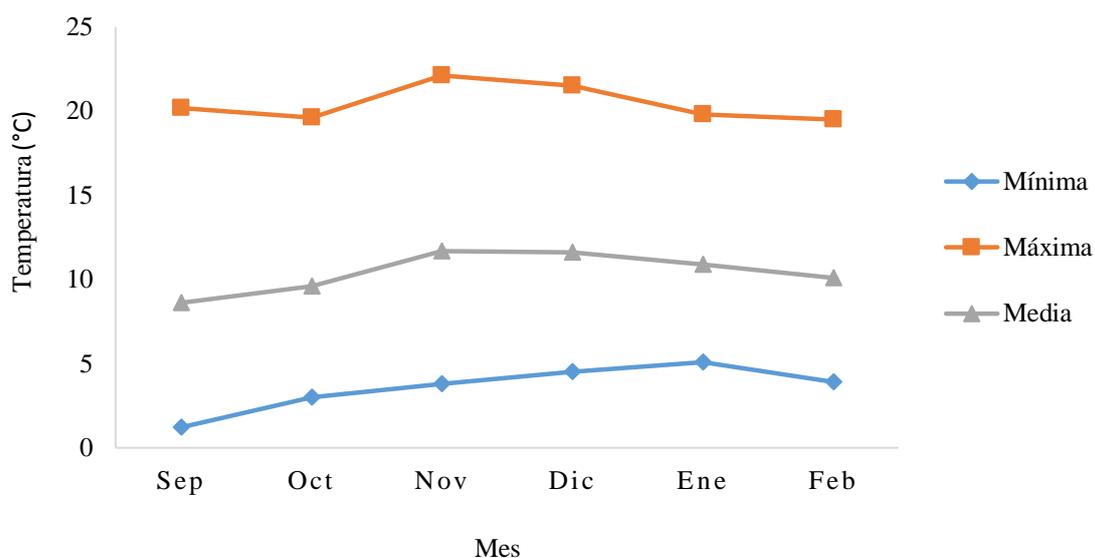


Figura 1. Variación mensual de las temperaturas media, máxima y mínima (°C) durante el periodo experimental. Septiembre 2014 - febrero 2015; en el IRD-SIERRA, San Lorenzo- Jauja.

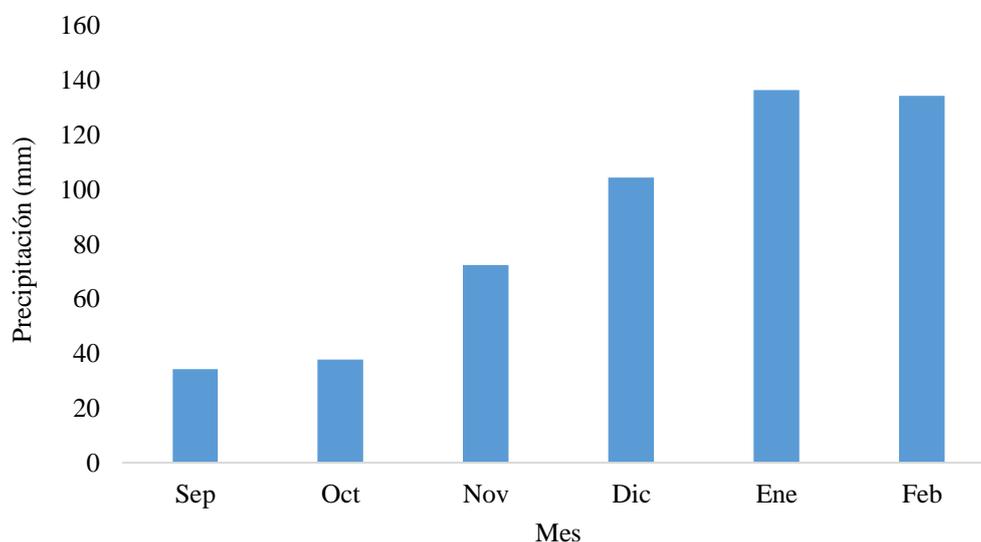


Figura 2. Variación de la precipitación acumulada mensual (mm) durante el periodo experimental. Septiembre 2014 - febrero 2015; en el IRD-SIERRA, San Lorenzo- Jauja.

3.2 MATERIAL VEGETAL

En la presente investigación, se utilizó semilla común de la variedad ÚNICA, de calibre segunda y con un peso promedio de 60 g cuyas semillas procedieron de Aramachay-Jauja. Se realizó selección de semilla por tamaño previa a la siembra. No se aplicaron productos fungicidas ni insecticidas a la semilla.

3.3 FACTORES EN ESTUDIO

En el presente trabajo de investigación, se evaluaron los efectos de dos factores principales (3 fuentes y 2 dosis de fertilización potásica) cuyas combinaciones conformaron seis tratamientos (Tabla 5). Además, se empleó dos tratamientos adicionales (80-200-200 y 160 – 200 – 0 kg ha⁻¹ de N - P₂O₅ - K₂O) en los que la fuente potásica utilizada fue sulfato de potasio y magnesio (Sulpomag), como se detalla en el Tabla 6. De esta manera hubo 8 tratamientos.

Tabla 5. Fuentes y dosis de fertilizantes potásicos

Fuente	Dosis (Kg ha⁻¹ de K₂O)
Cloruro de potasio	100
	200
Sulfato de Potasio	100
	200
Sulpomag	100
	200

Fuente: Elaboración propia

Tabla 6. Relación total de los tratamientos en estudio.

Tratamientos	Dosis (kg ha ⁻¹)			-----Fuentes de Fertilización-----
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	
T₁	160	200	100	urea + fosfato diamónico + cloruro de potasio
T₂	160	200	200	urea + fosfato diamónico + cloruro de potasio
T₃	160	200	100	urea + fosfato diamónico + sulfato de potasio
T₄	160	200	200	urea + fosfato diamónico + sulfato de potasio
T₅	160	200	100	urea + fosfato diamónico + sulpomag
T₆	160	200	200	urea + fosfato diamónico + sulpomag
Tratamientos adicionales				
T₇	80	200	200	urea + fosfato diamónico + sulpomag
T₈	160	200	0	urea + fosfato diamónico

Fuente: Elaboración propia.

3.4 CARACTERÍSTICAS DEL CAMPO EXPERIMENTAL

El campo experimental tuvo las siguientes características:

Tabla 7. Características del campo experimental.

Dimensiones	Bloques	Parcelas
Número	4	32
Largo (m)	28.8	6
Ancho (m)	6	3.6
Área (m ²)	172.8	21.6
Ancho de la calle (m)	1.5	-

Fuente: Elaboración propia

Las características dentro del campo experimental (tabla 7) fueron los siguientes: La parcela se dividió en 4 bloques y cada una de ellas en 8 parcelas conformando en total 32 parcelas. La parcela tuvo 6 m de largo por 3.6 m de ancho (21.6 m²) las mismas estuvieron conformados por 4 surcos, donde se sembró 20 tubérculos por surco a una densidad de siembra de 30 x 90 cm sumando en total 80 tubérculos por parcela.

3.4.1 Diseño Experimental

Se empleó un Diseño de Bloques Completos al Azar (DBCA) con arreglo factorial de 3 x 2 (Fuentes x dosis) más dos (2) tratamientos adicionales con cuatro (4) repeticiones. Para la comparación de medias se utilizó la prueba de Tukey al 5%. Asimismo se presenta el croquis De distribución aleatorizada de todos los tratamientos (Tabla 8).

El modelo aditivo lineal para el diseño estadístico fue:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \gamma_k + (\alpha\beta)_{ij} + \epsilon_{ijk}; \quad i= 1, 2 \quad j=1, 2, 3 \quad k= 1, 2, 3, 4$$

Donde:

Y_{ijk}: Es el comportamiento observado en la unidad experimental (parcela) de papa con la i-ésima dosis, con la j-ésima fuente de potasio y en el k-ésimo bloque.

μ: Media general.

α_i: Efecto de la i-ésima dosis de potasio.

β_j: Efecto de la j-ésima fuente de potasio.

γ_k: Efecto del k-ésimo bloque.

(αβ)_{ij}: Efecto de la interacción del i-ésimo dosis con la j-ésima fuente de potasio.

ε_{ijk}: Efecto del error experimental, asociada a la observación Y_{ijk}.

Tabla 8. Croquis de distribución aleatorizada de los tratamientos.

BLOQUE-I	T₁	T₂	T₃	T₄	T₅	T₆	T₇	T₈
BLOQUE-II	T₅	T₇	T₈	T₂	T₃	T₄	T₁	T₆
BLOQUE-III	T₈	T₁	T₆	T₇	T₂	T₅	T₃	T₄
BLOQUE-IV	T₆	T₃	T₂	T₈	T₁	T₇	T₄	T₅

3.4.2 Conducción del campo experimental

El experimento se llevó a cabo en la campaña agrícola de sierra 2014 – 2015, bajo condiciones de riego y seco. La preparación del terreno se inició con la limpieza de rastrojos remanentes de la campaña anterior, posteriormente el campo fue arado, mullido y surcado. La fecha de siembra fue realizada el 20 de setiembre de 2014. El primer y segundo cultivo fueron realizados a los 36 y 52 días después de la siembra respectivamente. El aporque se realizó ocho días después del segundo cultivo, oportunidad en la que se incorporó la fracción de nitrógeno restante.

Se realizaron cuatro riegos por gravedad o por surco, el primer riego fue ligero y en el día de la siembra, el siguiente fue después de una semana de la emergencia, el tercero una semana antes del aporque y el último, dos semanas después del aporque.

El desmalezado fue realizado en todo el periodo vegetativo de la planta. Esta y otras labores agronómicas de mantenimiento se realizaron manualmente incluyendo la cosecha, la cual se llevó a cabo el 20 de febrero de 2015 a los 170 días después de la siembra.

Las plagas y enfermedades no fueron limitantes durante el crecimiento y desarrollo del cultivo. Sin embargo, se utilizaron productos fitosanitarios preventivos como insecticidas y fungicidas agrícolas “Engeo” (Thiametoxam) para el control de *Epitrix* spp; para el control de *Alternaria solani* se aplicó “Cantus” (Boscalid) y para prevención de *Phytophthora infestans* se aplicó “Folio” (Metalaxil + Clorotalonil).

En los tubérculos cosechados se manifestaron pequeñas lesiones de *Spongospora subterranea* y algunos casos de esclerotes de *Rhizoctonia solani*.

3.4.3 Fuentes de fertilización potásica:

- **Cloruro de potasio (KCl)**

También denominado muriato de potasio. Es la fuente de potasio más usada en el mundo. Este fertilizante es soluble en agua y contiene del 50 al 52 % de potasio (60- 63 % K_2O). Se comercializa en cinco tamaños de partículas: soluble blanco, estándar especial, estándar,

grueso y granular. El cloruro de potasio granular es ideal para mezclas físicas y el blanco soluble para líquidos claros. En cuanto a color varían desde pardo o rojo a blanco, dependiendo del proceso de minería y recuperación utilizado. Como fertilizante es apropiado en todos los suelos y para la mayoría de cultivos excepto aquellos en los que el cloro está contraindicado (tabaco y lino). En cuanto a la papa, es una planta que responde a la presencia de cloro, pero en cantidades excesivas tiene un efecto perjudicial (Tisdale, 1991).

- **Sulfato de potasio (K_2SO_4)**

También conocido como sulfato de potasa, contiene 42 a 44 % de potasio (50 a 53% de K_2O) y 18% de Azufre. Debido a que su contenido de cloro (Cl) es menor a 2.5 %, se utiliza ampliamente en cultivos que no toleran o son sensibles a los cloruros y sobre todo en aquellos que además requieren un suministro adicional de azufre (INPOFOS, 1997). El Sulfato de potasio se usa en suelos deficientes en azufre y en los que existe peligro de acumulación de cloruros (suelos de pH alto).

- **Sulfato de potasio y magnesio (K_2SO_4 2Mg SO_4)**

El Sulpomag o Sulfato doble de potasio y magnesio es un fertilizante recomendado para suelos y/o cultivos que requieren magnesio además de potasio. Se comercializa a partir de la extracción del mineral lagbeinita, el cual posee una relación ideal de Potasio-Magnesio-Azufre. Es altamente soluble en pH neutro y presenta bajo contenido de cloro. Cada granulo contiene 22% de K_2O , 18% MgO y 22% S, nutrientes que desempeñan un papel determinante en la planta (INPOFOS, 1997).

3.4.4 Aplicación de los fertilizantes

Durante la siembra se aplicó la mezcla de fertilizantes a las dosis que correspondían a cada tratamiento. Se realizó la aplicación general de 200 kg ha^{-1} de P_2O_5 y 160 kg ha^{-1} de N. En un tratamiento adicional (80-200-200), se aplicó dosis baja de nitrógeno y como fuente de potasio se aplicó sulfato de potasio y magnesio (sulpomag).

La fuente de nitrógeno (urea) se fraccionó en dos partes iguales: el 50 % se incorporó en la siembra y el resto a los 55 días después (en el aporque). Como fuente de fósforo se aplicó el fosfato diamónico que se incorporó en su totalidad durante la siembra al igual que las fuentes de potasio.

3.5 EVALUACIONES

3.5.1 Durante el crecimiento y desarrollo

- **Porcentaje de emergencia de plantas:** se determinó contando el número de plantas emergidas a los 36 y 52 días después de la siembra.
- **Altura de plantas:** para evaluar el crecimiento en altura de las plantas se midieron en cinco oportunidades 10 plantas elegidas al azar en los surcos centrales de cada parcela. La medida se tomó desde el cuello de la planta hasta la altura de la yema terminal del tallo principal.
- **Cobertura de plantas:** para determinar esta característica que mide la superficie del suelo cubierta por el cultivo, se realizaron diez mediciones en seis oportunidades con una frecuencia de cada dos semanas y en los surcos centrales de cada parcela. Para esta labor se utilizó una rejilla reticular de área conocida (0.5 m^2) con cincuenta cuadrados de 0.01 m^2 cada uno. El porcentaje de cobertura foliar se determina dividiendo los cuadrados que tienen más de su mitad con área verde entre el total de los cuadrados que conforman a la rejilla, el valor obtenido es el porcentaje de cobertura foliar.
- **Número de tallos:** se determinó contando el número de tallos por planta. Las evaluaciones se realizaron en seis oportunidades, siendo la primera evaluación a los 42 días después de la siembra y la última a los 150 días.
- **Número de estolones:** se contaron los estolones en cinco oportunidades desde los 42 días después de la siembra hasta los 89 días. Luego se procedió a dividirlos por el número de tallos respectivos para obtener el número de estolones por tallo.

- **Número de tubérculos:** se realizó el conteo en cinco oportunidades desde los 55 días después de la siembra hasta los 150 días. El número de tubérculos por planta se dividió entre el número de tallos para obtener el número de tubérculos por tallo.
- **Peso fresco y seco de tubérculos y hojas:** estas características se evaluaron en las cinco oportunidades de muestreo de plantas y se expresaron en peso fresco y seco de hojas, tallos y tubérculos por tallo.

3.5.2 En la cosecha

Las evaluaciones del rendimiento total y comercial se cosecharon manualmente las plantas de los surcos centrales de cada unidad experimental (parcela) para evitar el efecto de borde. Los tubérculos se clasificaron considerando tres características:

- **Tamaño de tubérculos:** para la clasificación comercial de tubérculos, se tomó en cuenta las normas establecidos para la clasificación agrupándose en cinco categorías de acuerdo a su longitud o diámetro polar.
- **Tabla 9. Descripción de calibres o diámetros de tubérculos de papa.**

Categoría	Diámetro longitudinal (cm)
Extra	>9.0
Primera	7.5 - 9.0
Segunda	6.0 - 7.5
Tercera	4.5 - 6.0
“chancho” o “descarte”	< 4.5

Fuente: Sifuentes (2012).

- **Número de tubérculos:** se contabilizó el número de tubérculos de cada categoría (extra, primera, segunda, tercera y descarte) previa clasificación por tamaño.

- **Peso de tubérculos:** se registró el peso total de tubérculos de cada categoría. Para ellos se utilizó una balanza digital con capacidad de 200 kg.

El rendimiento comercial incluyó tubérculos de extra, primera y segunda, siendo los tubérculos no comerciales los de tercera y el descarte. Esta última categoría incluyó también tubérculos dañados, deformes y verdeados.

3.5.3 En post cosecha

- **Porcentaje de materia seca:** para determinar esta característica se empleó el método de secado en estufa; consistió en extraer 3 ó 4 tubérculos de cada muestra, se registró el peso fresco (g) de cada tubérculo, se cortó en rodajas u hojuelas y se secó en estufa a 75 °C durante 72 horas después de lo cual se determinó el peso seco (g) que se expresó en porcentaje de materia seca.

En el material genético que se maneja en el Perú se considera la siguiente escala de contenidos de materia seca.

Tabla 10. Escalas de contenido de materia seca de tubérculos.

Nivel	Materia seca (%)
Bajo	14-18
Promedio	19-23
Alto	24-27
Muy alto	> 27

Fuente: Mendoza y Mosquera (2011).

- **Calidad de fritura en tiras o bastones:** se seleccionaron 2 o 3 tubérculos de categoría “extra” de cada una de las parcelas cosechadas, previamente lavados y oreados, se cortaron en tiras, luego fueron lavadas para eliminar restos de almidón. Las tiras o bastones fueron fritas, durante cinco minutos en olla freidora eléctrica y aceite doméstico a temperatura de 170 °C.

La evaluación sensorial de la calidad de la papa frita en tiras se realizó, después de haberse escurrido el aceite remanente de la fritura y se colocaron sobre platos descartables debidamente identificadas para su posterior calificación según la tabla 11.

Tabla 11. Escala para evaluación de calidad de fritura (Apariencia general).

Apariencia	Descripción
Buena	Libres de imperfecciones sobre la superficie, de color claro y uniforme (amarillento o crema), es decir escala de evaluación de grado 1.
Regular	Coloración oscura en más de 6 % de la superficie (grado: 2, 3, 4).
Mala	presenta una apariencia con coloración canela oscura en más de 50 % de la superficie (grado: 5).

Fuente: Elaboración propia.

- **Extracción de potasio:** se tomaron muestras al azar de plantas enteras, incluyendo tubérculos que fueron lavados y llevados a la estufa a 75 °C durante 48 horas. La determinación, se realizó en base a la materia seca de las muestras (tubérculos y la parte aérea). Después de pesar las muestras secas, se procedió a molerlas en un molino eléctrico para luego tamizar por una malla de 1mm de diámetro. Las muestras molidas fueron recolectadas en bolsas de plástico previamente identificadas y con ellas se procedieron a realizar los pesados y preparación de extractos para el análisis correspondiente. Los procedimientos para realizar la determinación de potasio en tejido vegetal, se basaron en los siguientes protocolos de laboratorio: en el primer paso se pesó 0.5 g de materia seca molida, luego se vertió en el crisol y fue calcinado en el horno por 145 min, posteriormente se atacaron las cenizas con 2 ml de ácido clorhídrico al 50 % de concentración en la plancheta a una temperatura de 150 °C. En el siguiente paso se lavaron las cenizas con agua destilada y se filtró el extracto, llevándose a volumen de 25 ml. Finalmente se extrajo una alícuota (1 en 10) del extracto preparado para hacer la lectura de concentración en el espectrofotómetro de absorción atómica.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 CRECIMIENTO Y DESARROLLO

4.1.1 Porcentaje de emergencia

A los 35 días después de la siembra, el porcentaje promedio de emergencia de plantas fue de 86.09 %, incrementándose a 96.85 % en los 12 días posteriores, asegurándose el establecimiento de la mayoría de los tubérculos sembrados. No hubo diferencias por efecto de tratamientos en el número de plantas emergidas, debido a que esta característica estuvo más influenciada por las condiciones del tubérculo-semilla (estado fisiológico de los tubérculos, el tamaño y la calidad física) y las condiciones del suelo (estructura, humedad y temperatura) que con los factores en estudio.

4.1.2 Altura de plantas

En la Tabla 12 se muestra los promedios de altura de plantas en cinco periodos de evaluación el incremento entre períodos y el porcentaje respecto a la altura máxima. A los 42 días después de la siembra la altura promedio general fue de 11.3 cm, a los 55 días fue de 20.2 cm, a los 70 días registró 34.8 cm, luego llegó a 52.2 a los 89 días, finalmente, el porte máximo de promedio general alcanzado fue de 54.6 cm a los 127 días.

En general, el período de mayor incremento de la altura ocurrió entre los 55 y 70 días con 0.97 cm día^{-1} , luego el ritmo de crecimiento fue disminuyendo a 0.92 cm día^{-1} entre los 70 y 89 días y declinó hasta 0.06 cm día^{-1} entre los 89 y 127 días (Tabla 12).

En la Figura 3 se muestra la variación de la altura de plantas durante las cinco fechas de evaluación. En general, la altura de plantas se definió a los 89 días después de la siembra, aunque hubo incremento mínimo y no significativo hasta el día 127. Se aprecia que las plantas fertilizadas con cloruro de potasio, sulfato de potasio y sulpomag, así como también las que no fueron fertilizadas con potasio y las que recibieron el 50 por ciento de fertilización nitrogenada (80 N), siguieron una tendencia similar en el crecimiento.

Tabla 12. Altura promedio de plantas (cm), incremento diario (cm día⁻¹) y porcentaje respecto a la altura máxima en cinco evaluaciones.

Tratamientos	Índices	42 DDS	55 DDS	70 DDS	89 DDS	127 DDS
Cloruro (100 kg de K ₂ O/ha)	promedio (cm/día)	11.75	20.21	35.6	51.13	54.5
	% del máx.	21.56	37.08	65.32	93.81	100
Cloruro (200 kg de K ₂ O/ha)	promedio (cm/día)	11.31	20.19	36.78	54.65	56.75
	% del máx.	19.93	35.58	64.8	96.3	100
Sulfato (100 kg de K ₂ O/ha)	promedio (cm/día)	11.49	21	35.15	53.03	55.75
	% del máx.	20.61	37.67	63.05	95.11	100
Sulfato (200 kg de K ₂ O/ha)	promedio (cm/día)	11.19	20.3	33.78	49.88	53.5
	% del máx.	20.92	37.94	63.13	93.22	100
Sulpomag (100 kg de K ₂ O/ha)	promedio (cm/día)	10.78	18.24	31	48.38	51.75
	% del máx.	20.83	35.25	59.9	93.48	100
Sulpomag (200 kg de K ₂ O/ha)	promedio (cm/día)	11.4	20.14	35.25	53.3	55
	% del máx.	20.73	36.62	64.09	96.91	100
80-200-200	promedio (cm/día)	11.64	20.8	35.03	52.75	54.5
	% del máx.	21.36	38.17	64.28	96.79	100
160-200-0	promedio (cm/día)	11.19	21.26	36.28	55.13	55.5
	% del máx.	20.16	38.31	65.37	99.33	100
promedio cm/día		11.34	20.27	34.86	52.28	54.66
			0.68	0.97	0.92	0.06

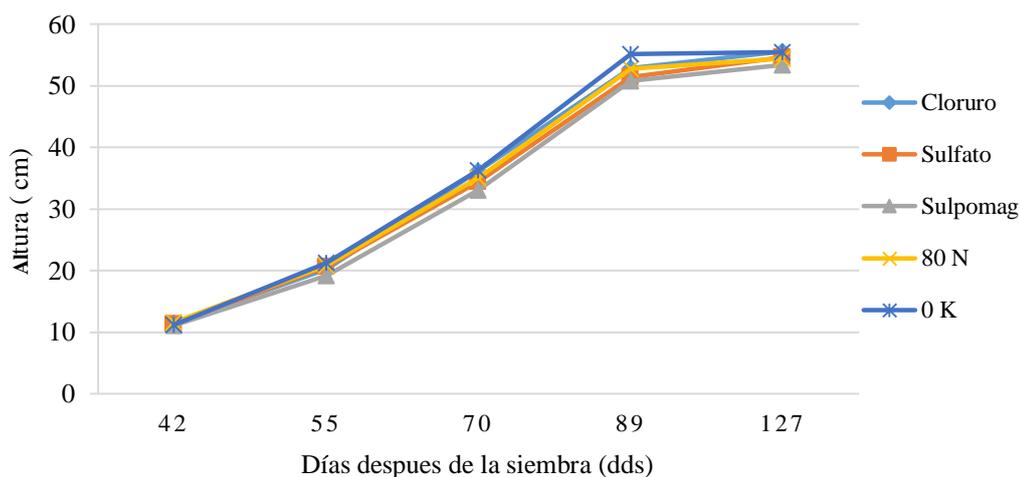


Figura 3. Variación de la altura de plantas con diferentes tratamientos en cinco fechas de evaluación.

Según el análisis de variancia de la altura de plantas (Anexo 1), a los 127 días después de la siembra no hubo diferencias estadísticamente significativas entre promedios de altura de plantas por efecto de los factores en estudio. En la Tabla 13 se puede apreciar que las fuentes y dosis de potasio empleadas y los tratamientos testigo no mostraron efectos marcados (Anexo 2) sobre el porte de plantas.

Tabla 13. Altura promedio de plantas (cm) por efecto de las diferentes fuentes y dosis de potasio a los 127 días después de la siembra.

Fuentes	Dosis de potasio (kg ha ⁻¹)		promedio
	100	200	
Cloruro	54.50	56.75	55.63
Sulfato	55.75	53.50	54.63
Sulpomag	51.75	55.00	53.38
Promedio	54.00	55.08	54.54
80-200-200			54.50
160-200-0			55.50
promedio general			54.66

Coefficiente de Variabilidad: 9.51 %

Gutiérrez (2007), indicó que las plantas de la variedad Única alcanzan un porte máximo de 120 cm. Sin embargo, en el presente experimento alcanzaron, un porte promedio de 55 cm, es decir, aproximadamente la mitad de su porte potencial. Por otro lado, con el tratamiento adicional con 50 % del nitrógeno total incorporado al aporque, se obtuvo alturas de planta promedios semejantes al del tratamiento con mayor dosis de dicho nutriente.

4.1.3 Porcentaje de cobertura foliar de plantas

En la Tabla 14 se muestra los promedios de cobertura foliar, además, se indica el incremento alcanzado entre las diferentes evaluaciones y el porcentaje respecto a la cobertura foliar máxima. A los 42 días después de la siembra, el porcentaje promedio general de cobertura fue de 14.21 %, a los 55 días fue de 34.21 %, a los 70 días alcanzó 58.85 %, luego llegó a 78.36 % a los 89 días, posteriormente a los 127 días alcanzó la máxima cobertura foliar de todo el periodo vegetativo, con 87.66 % y, finalmente declinó a 33.88 % a los 150 días, evidenciándose senescencia de la parte aérea.

Se puede apreciar que las fuentes y dosis de potasio empleadas no mostraron efectos marcados sobre la cobertura foliar en todas las fechas al igual que las plantas fertilizadas con 50 % de nitrógeno. Las plantas que no recibieron la fertilización potásica mantuvieron en todo el periodo vegetativo una ligera tendencia a una mayor cobertura foliar respecto al promedio general. El tratamiento que no recibió potasio alcanzó una cobertura foliar con 95 % a los 127 días, mientras que en la misma fecha las plantas fertilizadas con 100 kg ha⁻¹ de sulphomag registraron el valor más bajo con 81 %.

Tabla 14. Cobertura foliar promedio (%), variación diaria (% día⁻¹) y porcentaje respecto al valor máximo en seis fechas.

Tratamientos	Índices	42 DDS	55 DDS	70 DDS	89 DDS	127 DDS	150 DDS
Cloruro (100 kg de K ₂ O/ha)	Promedio	11.7	32.62	58.6	78.6	86	31
	Var. (%/día)		1.61	1.73	1.05	0.19	-2.39
	% resp. al máx.	13.6	37.93	68.14	91.4	100	36.05
Cloruro (200 kg de K ₂ O/ha)	Promedio	15.5	34.59	61.13	81.8	90.5	32.5
	Var. (%/día)		1.47	1.77	1.09	0.23	-2.52
	% resp. al máx.	17.13	38.22	67.55	90.39	100	35.91
Sulfato (100 kg de K ₂ O/ha)	Promedio	11.15	33.16	59.07	77.9	88.75	36
	Var. (%/día)		1.69	1.73	0.99	0.29	-2.29
	% resp. al máx.	12.56	37.36	66.56	87.77	100	40.56
Sulfato (200 kg de K ₂ O/ha)	Promedio	15.73	33.73	54.27	75.55	82	37
	Var. (%/día)		1.38	1.37	1.12	0.17	-1.96
	% resp. al máx.	19.18	41.13	66.18	92.13	100	45.12
Sulpomag (100 kg de K ₂ O/ha)	Promedio	15.06	36.19	52.73	73.85	81.75	34
	Var. (%/día)		1.63	1.1	1.11	0.21	-2.08
	% resp. al máx.	18.42	44.27	64.5	90.34	100	41.59
Sulpomag (200 kg de K ₂ O/ha)	Promedio	18.22	37.09	61.53	80.75	86.5	37.5
	Var. (%/día)		1.45	1.63	1.01	0.15	-2.13
	% resp. al máx.	21.06	42.88	71.13	93.35	100	43.35
80-200-200	Promedio	10.68	30.68	59.67	77.1	91.25	27
	Var. (%/día)		1.54	1.93	0.92	0.37	-2.79
	% resp. al máx.	11.7	33.62	65.39	84.49	100	29.59
160-200-0	Promedio	15.6	35.6	63.8	81.3	94.5	36
	Var. (%/día)		1.54	1.88	0.92	0.35	-2.54
	% resp. al máx.	16.51	37.67	67.51	86.03	100	38.1
Promedio		14.21	34.21	58.85	78.36	87.66	33.88
Var. (% /día)			1.54	1.64	1.03	0.25	-2.34

En general, el período de mayor incremento de cobertura foliar ocurrió entre los 55 y 70 días con 1.64 % día⁻¹, luego el ritmo de variación se redujo a -2.34 % día⁻¹ entre los 127 y 150 días, es este periodo se manifestó el amarillamiento y la defoliación de hojas como indicadores de madurez fisiológica.

Las plantas con mayor incremento ($1.93\% \text{ día}^{-1}$) fueron las que recibieron 50 % de nitrógeno total. Entre los 127 y 150 días, la cobertura foliar en las plantas fertilizadas con cloruro de potasio disminuyó en promedio $-2.46\% \text{ día}^{-1}$, las fertilizadas con sulfato de potasio disminuyeron en $-2.13\% \text{ día}^{-1}$, las que fueron tratadas con sulpomag declinaron a razón de $-2.11\% \text{ día}^{-1}$; las parcelas que recibieron fertilización nitrogenada al 50 % redujeron su cobertura en -2.79% y en el testigo sin potasio la disminución diaria fue de -2.54% .

Con estos resultados podemos ratificar la afirmación de Burton (1986), Reddy (1986) y Venegas (2001), quienes indicaron que el potasio no incrementa la expansión lateral de las plantas ni la producción de hojas como el nitrógeno y el fósforo.

La Figura 4 muestra la variación del porcentaje de cobertura foliar durante las seis fechas evaluadas, se aprecia que el valor más alto se definió a los 127 días. Aunque el porcentaje de cobertura foliar no se aproximó al 100 %, se considera que hubo prolongación en el periodo vegetativo lo que se traduce en mayor acumulación de fotosintatos en los órganos de reserva pero también una maduración más tardía de los tubérculos.

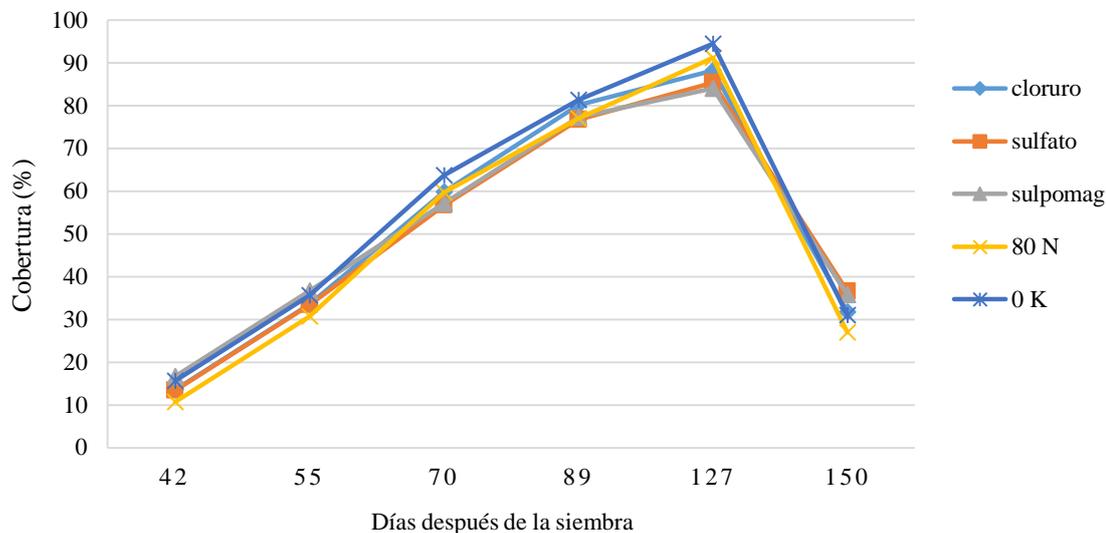


Figura 4. Variación promedio de la cobertura foliar de las plantas tratadas con diferentes fuentes de potasio y de dos tratamientos testigo.

En la Tabla 15, se muestra el porcentaje promedio de cobertura foliar a los 127 días para cada uno de los factores en estudio. Se puede observar que las diferencias en esta característica fueron mínimas y que se confirman en el análisis de variancia (Anexo 3) que demuestra que no hay evidencia de efectos estadísticamente significativos de los factores,

niveles ni de la interacción fuentes y niveles de potasio sobre la cobertura foliar. El análisis de variancia que incluye a todos los tratamientos (Anexo 4) indicó igualmente que no hubo diferencias entre ellos.

Tabla 15. Porcentaje de cobertura foliar de plantas por efecto de las diferentes fuentes, dosis y tratamientos testigo a los 127 días después de la siembra.

Fuentes	Dosis de potasio (kg ha ⁻¹)		Promedio
	100	200	
Cloruro	86.00	90.50	88.25
Sulfato	88.75	82.00	85.37
Sulpomag	81.75	86.50	84.12
Promedio	85.50	86.33	85.92
80-200-200			91.25
160-200-0			94.50
Promedio general			87.66

4.1.4 Numero de tallos principales por planta

El número de tallos principales de la planta se definió a los 55 días después de la siembra y se mantuvo hasta la cosecha (Tabla 16). Los análisis de variancia del número de tallos por planta a los 50 y 170 días después de la siembra (Anexo 5), no encontraron diferencias estadísticamente significativas por efecto de los factores en estudio.

Tabla 16. Tallos por planta por efecto de los factores en estudio y los tratamientos testigos a los 55 y 170 días después de la siembra.

Tratamientos	Aporque (55 dds)	Cosecha (170 dds)
Cloruro	4.63	4.16
Sulfato	4.5	4.3
Sulpomag	4.13	4.04
80-200-200	4.75	3.81
160-200-0	4.5	3.89
promedio general	4.47	4.09

El análisis de variancia del número de tallos de todos los tratamientos (Anexo 6) que incluyen a los testigos que recibieron el 50 % de fertilización nitrogenada y con el que no

recibió fertilización potásica (Tabla 17), tampoco mostró diferencias estadísticamente significativas.

Tabla 17. Tallos principales por planta por efecto de las diferentes fuentes, dosis y tratamientos testigo a los 170 días después de la siembra.

Fuentes	Dosis de potasio (kg ha ⁻¹)		promedio
	100	200	
Cloruro	3.94	4.38	4.16
Sulfato	4.37	4.22	4.30
Sulpomag	3.9	4.18	4.04
Promedio	4.07	4.26	4.17
80-200-200			3.81
160-200-0			3.89
promedio general			4.09

Coefficiente de variabilidad: 17.73 %

De acuerdo a los resultados, es posible concluir que tanto los factores en estudio como la reducción de la dosis nitrogenada y la ausencia del potasio no modifican el número de tallos principales por planta debido a que esta característica depende principalmente del estado de brotación del tubérculo semilla al momento de la siembra.

Booth y Shaw (1989), afirman que el número de brotes por tubérculo determina el número de tallos principales por planta y depende de la variedad, el tamaño del tubérculo y el grado de dominancia apical. Cuando el tubérculo de papa se almacena a una temperatura que reduce el reposo, las yemas jóvenes del ápice empiezan a crecer, mientras que se suspenden el crecimiento de las otras yemas. Un tubérculo semilla con dominancia apical tendrá pocos tallos principales. Si en el almacenamiento de las semillas se elimina la dominancia apical, se desarrollará un mayor número de tallos.

Mendoza y Mosquera (2011), afirman que el número de tallos está ligada a la edad fisiológica de los tubérculos-semilla. Las semillas fisiológicamente viejas tienden a producir plantas con muchos tallos que consecuentemente producirán muchos tubérculos de menor peso individual. Contrariamente, semillas muy jóvenes tienden a producir plantas con menor número de tallos y un menor número de tubérculos en la cosecha.

4.1.5 Estolones por tallo

El promedio general del número de estolones por tallo a los 42 días fue de 4.6, se incrementó a 7.21 a los 55 días y, finalmente, alcanzó el promedio máximo de 8.02 estolones por tallo a los 70 días para reducirse posteriormente debido a la tuberización y reabsorción de algunos estolones (Figura 5).

La formación y crecimiento de los estolones son procesos fisiológicos influenciados por el genotipo, las condiciones ambientales y las prácticas culturales (Struik *et al.*, 1991); aunque los estolones continúan produciéndose durante toda la vida de la planta, la mayor proporción de ellos se emiten durante el periodo de crecimiento temprano.

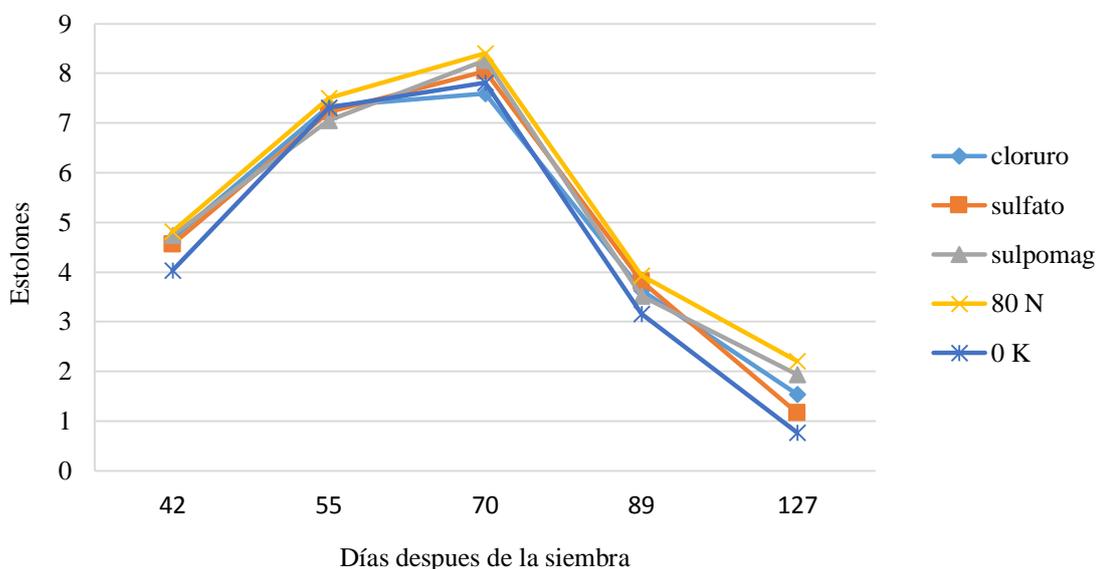


Figura 5. Variación promedio de estolones por tallo en plantas con diferentes fuentes de potasio y en dos tratamientos testigo durante cinco fechas de evaluación.

En la Tabla 18 se muestra el promedio de estolones por tallo a los 70 días para cada uno de los factores en estudio. Se puede observar que las diferencias en esta característica fueron irrelevantes y que se confirman en el análisis de variancia (Anexo 7) que demuestra que no hay evidencia de efectos estadísticamente significativos entre las fuentes, dosis ni en la interacción.

Las plantas que recibieron el 50 % de fertilización nitrogenada obtuvieron cifras similares a los factores en estudio; mientras, las que no recibieron potasio alcanzaron resultados menores al promedio general de estolones por tallo; sin embargo, las evidencias estadísticas

(Anexo 8) demuestran que no hay diferencias estadísticamente significativos entre promedio de estolones por tallo por efecto de tratamientos.

Tabla 18. Promedio de estolones por tallo por efecto de las diferentes fuentes y dosis de potasio a los 70 días después de la siembra.

Fuentes	Dosis de potasio (kg ha ⁻¹)		promedio
	100	200	
Cloruro	7.88	7.31	7.60
Sulfato	7.25	8.85	8.05
Sulpomag	8.38	8.13	8.26
Promedio	7.84	8.10	7.97
80-200-200			8.4
160-200-0			7.81
promedio general			8.02

Coefficiente de variabilidad: 28.70 %

Moorby (1988), indica que al parecer el crecimiento de estolones se reduce cuando se incrementa la competencia interbrotes y también aparentemente intrabrotes. No todos los estolones llegan a formar tubérculos. Un estolón no cubierto con suelo, puede convertirse en tallo aéreo estolonífero y con follaje normal.

4.1.6 Número de tubérculos por tallo

El promedio general de tubérculos por tallo a los 55 días fue de 1.15, a los 70 días fue de 2.88, luego se estabilizó a los 89 días con 3.36, después a los 127 días fue de 3.66 y posteriormente a los 150 y 170 días después de la siembra fue de 3.59 y 3.02 respectivamente.

En la Figura 6, se muestra la relación del promedio de tubérculos y estolones por tallo en siete periodos de evaluación. A los 55 días después de la siembra se evidenció los primeros tuberculillos (1.15 por tallo) mientras que el número promedio de estolones por tallo fue 7.21; a los 70 días el promedio de tubérculos por tallo fue de 2.88 y el número de estolones fue 8.02, es decir el 36 % del total de estolones formaron tubérculos. Luego, a los 89 días el número de estolones fue semejante al número de tubérculos por lo que se habrían reabsorbido el 93 % de estolones.

La producción de estolones y la tuberización tienen influencia por la temperatura, longitud del día, intensidad de luz, edad fisiológica de la semilla, densidad de plantas, suministro de nitrógeno y humedad, así como por la variedad porque no todas reaccionan de la misma forma (Beukema y Zaag, 1990).

Moorby y Milthorpe (1993), afirman que la tuberización puede iniciarse en un amplio rango de estadios de desarrollo pues, más que la edad de la planta, las condiciones del medio son las que inducen a la formación de tubérculos.

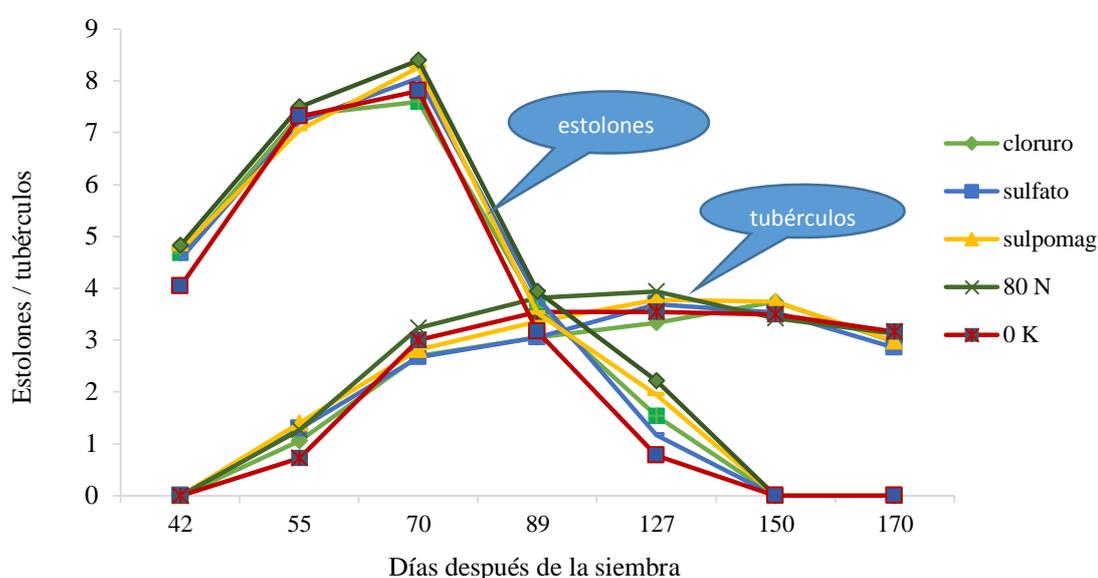


Figura 6. Variación promedio de estolones y tubérculos por tallo en plantas con diferentes fuentes de potasio y de dos tratamientos testigo.

En la Tabla 19, se aprecia el promedio de tubérculos por tallo a los 170 días para cada uno de los factores en estudio. Se puede observar que las diferencias en esta característica fueron mínimas lo que se confirma en el análisis de variancia (Anexo 9) que demuestra que no hay evidencia de efectos estadísticamente significativos entre las fuentes, dosis ni en la interacción.

Las plantas que recibieron el 50 % de fertilización nitrogenada y las que no recibieron potasio, obtuvieron resultados ligeramente mayores al promedio general; sin embargo, el análisis de variancia entre tratamientos indican que esta diferencia no es estadísticamente significativa.

Tabla 19. Promedio de tubérculos por tallo en plantas con diferentes fuentes, dosis y tratamientos testigo a los 170 días después de la siembra.

Fuentes	Dosis de potasio (kg ha ⁻¹)		promedio
	100	200	
Cloruro	3.07	2.88	2.98
Sulfato	3.05	2.7	2.86
Sulpomag	2.97	2.99	2.98
Promedio	3.02	2.86	2.94
80-200-200			3.12
160-200-0			3.17
promedio general			3.02

Coefficiente de variabilidad: 18.64 %

4.2 TUBERIZACIÓN

4.2.1 peso fresco y seco de hojas y tubérculos

4.2.1.1 Peso fresco de hojas

La Tabla 20 muestra el promedio de peso fresco de hojas, variación y porcentaje respecto al peso fresco máximo registradas en seis periodos de evaluaciones. A los 42 días, el peso fresco promedio general de hojas por tallo fue 21.7 gramos por tallo, alcanzó el peso fresco máximo (150.7 g tallo⁻¹) a los 89 días después de la siembra para finalmente declinar hasta 55.69 gramos por tallo a los 150 días (senescencia del follaje).

En la Figura 7, se muestra la variación del peso fresco de hojas (g tallo⁻¹) en seis fechas de evaluación. Entre los 55 y 70 días el incremento de peso de hojas por tallo fue el mayor en todo el periodo vegetativo de la planta (5.04 g tallo⁻¹día⁻¹). A los 89 días el tratamiento a base de sulpomag obtuvo 7 % más de peso fresco de hojas que el promedio de las otras fuentes potásicas y 13 % más que el tratamiento testigo. Después de ese momento declinó el peso fresco de hojas debido a la defoliación y amarillamiento de folíolos indicadores de madurez fisiológica del cultivo.

Tabla 20. Peso fresco promedio de hojas (g tallo^{-1}), incremento diario ($\text{g tallo}^{-1} \text{ día}^{-1}$) y porcentaje respecto al peso fresco máximo ($\% \text{ día}^{-1}$) en seis periodos de evaluación.

Tratamientos	Índices	42 D	55 D	70 D	89 D	127 D	150 D
Cloruro (100 kg de $\text{K}_2\text{O}/\text{ha}$)	promedio	24.1	45.91	108.43	124.1	97.34	32.43
	g/tallo/día		1.68	4.17	0.82	-0.7	-2.82
	% del máx.	19.42	36.99	87.37	100	78.44	26.13
Cloruro (200 kg de $\text{K}_2\text{O}/\text{ha}$)	promedio	26.34	48.98	125.79	180.73	160.66	82.69
	g/tallo/día		1.74	5.12	2.89	-0.53	-3.39
	% del máx.	14.57	27.1	69.6	100	88.9	45.75
Sulfato (100 kg de $\text{K}_2\text{O}/\text{ha}$)	promedio	18.96	55.24	118.16	147.95	118.31	45.36
	g/tallo/día		2.79	4.19	1.57	-0.78	-3.17
	% del máx.	12.82	37.34	79.86	100	79.97	30.66
Sulfato (200 kg de $\text{K}_2\text{O}/\text{ha}$)	promedio	23.83	60.03	123.95	142.48	124.72	61.29
	g/tallo/día		2.78	4.26	0.98	-0.47	-2.76
	% del máx.	16.73	42.13	86.99	100	87.54	43.02
Sulpomag (100 kg de $\text{K}_2\text{O}/\text{ha}$)	promedio	19.1	48.94	129.76	147.13	132.29	52.47
	g/tallo/día		2.3	5.39	0.91	-0.39	-3.47
	% del máx.	12.98	33.26	88.19	100	89.91	35.66
Sulpomag (200 kg de $\text{K}_2\text{O}/\text{ha}$)	promedio	23.59	49.9	141.22	180.78	166.81	57.38
	g/tallo/día		2.02	6.09	2.08	-0.37	-4.76
	% del máx.	13.05	27.6	78.12	100	92.27	31.74
80-200-200	promedio	24.24	46.16	123.07	137.72	120.34	45.04
	g/tallo/día		1.69	5.13	0.77	-0.46	-3.27
	% del máx.	17.6	33.52	89.36	100	87.38	32.7
160-200-0	promedio	14.03	43.77	132.65	144.71	131.81	68.89
	g/tallo/día		2.29	5.93	0.63	-0.34	-2.74
	% del máx.	9.7	30.25	91.67	100	91.09	47.61
Promedio		21.77	49.87	125.38	150.7	131.54	55.69
g/tallo/día			2.16	5.04	1.33	-0.51	-3.30

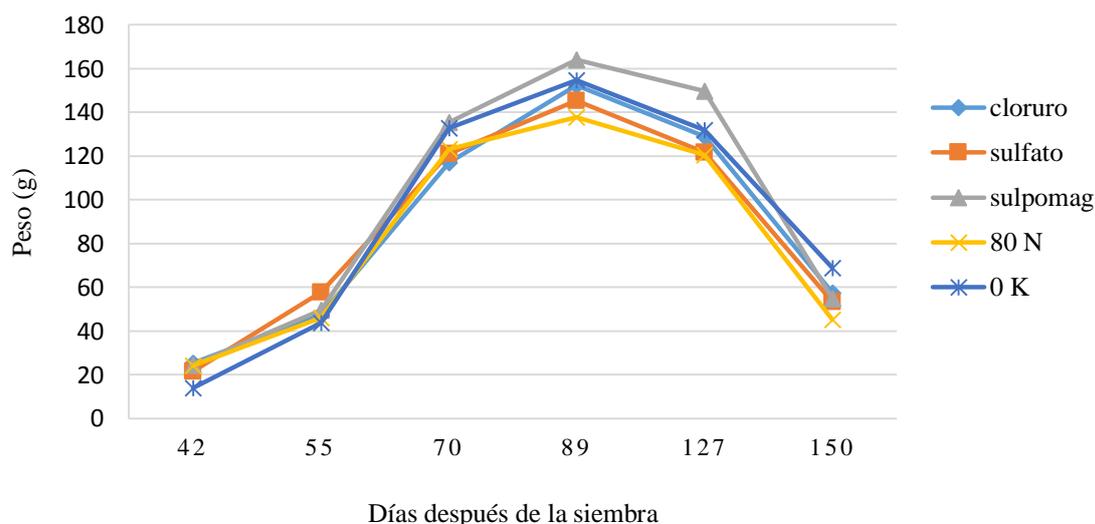


Figura 7. Variación del peso fresco (g tallo^{-1}) de hojas tratadas con diferentes fuentes de potasio y de dos tratamientos testigo, en seis periodos de evaluación.

En la Tabla 21 se muestra el promedio de peso fresco de hojas por tallo a los 89 días para cada uno de los factores en estudio y en las plantas testigo. Se puede observar que las diferencias en esta característica no fueron notorias y que se confirman en el análisis de variancia (Anexo 10) que demuestra que no hay evidencia de efectos estadísticamente significativos entre las fuentes, dosis ni en la interacción. De la misma manera, el análisis de variancia de peso fresco de hojas por tallo de todos los tratamientos (Anexo 11) que incluyen a los testigos que recibieron el 50 % de fertilización nitrogenada y con el que no recibió fertilización potásica, tampoco mostró diferencias estadísticamente significativas.

Tabla 21. Peso fresco de hojas por tallo (g tallo⁻¹) por efecto de las diferentes fuentes, dosis y tratamientos testigo a los 89 días después de la siembra.

Fuentes	Dosis de potasio (kg ha ⁻¹)		promedio
	100	200	
Cloruro	124.1	180.73	152.42
Sulfato	147.95	142.48	145.22
Sulpomag	147.13	180.78	163.96
Promedio	139.73	168.00	153.86
80-200-200			137.72
160-200-0			144.71
promedio general			150.7

Coefficiente de variabilidad: 28.57 %

4.2.1.2 Peso seco de hojas

En la Tabla 22 se muestra los promedios de peso seco de hojas, variación y porcentaje respecto al peso seco máximo en seis periodos de evaluación. A los 42 días después de la siembra, el peso seco promedio general de hojas por tallo fue 3.96 gramos, alcanzó el máximo peso seco a los 127 días (22.3 g tallo⁻¹), para finalmente declinar hasta 17.18 g tallo⁻¹ a los 150 días debido a la senescencia del follaje.

En la Figura 8, se muestra la variación del peso seco de hojas (g tallo⁻¹) en seis periodos de evaluación. Entre los 55 y 70 días después de la siembra el incremento promedio de peso seco de hojas por tallo de 0.81 g tallo⁻¹ día⁻¹ fue el mayor en todo el periodo vegetativo. Después de 127 días, el descenso del peso seco fue paulatino (próximos a la madurez fisiológica del cultivo).

Tabla 22. Peso seco promedio de hojas (g tallo^{-1}), incremento diario ($\text{g tallo}^{-1} \text{ día}^{-1}$) y porcentaje respecto al peso seco máximo ($\% \text{ día}^{-1}$) en seis periodos de evaluación.

Tratamientos	Índices	42 D	55 D	70 D	89 D	127 D	150 D
Cloruro (100 kg de $\text{K}_2\text{O}/\text{ha}$)	promedio	4.14	6.52	17.01	19.13	19.59	14.59
	$\text{g}/\text{tallos}/\text{día}$		0.18	0.70	0.11	0.01	-0.22
	% del máx.	21.13	33.28	86.83	97.65	100.00	74.48
Cloruro (200 kg de $\text{K}_2\text{O}/\text{ha}$)	promedio	4.79	6.32	18.61	23.16	22.84	19.10
	$\text{g}/\text{tallos}/\text{día}$		0.12	0.82	0.24	-0.01	-0.16
	% del máx.	20.68	27.29	80.35	100.00	98.62	82.47
Sulfato (100 kg de $\text{K}_2\text{O}/\text{ha}$)	promedio	4.18	7.89	18.58	19.84	22.03	16.44
	$\text{g}/\text{tallos}/\text{día}$		0.29	0.71	0.07	0.06	-0.24
	% del máx.	18.97	35.81	84.34	90.06	100.00	74.63
Sulfato (200 kg de $\text{K}_2\text{O}/\text{ha}$)	promedio	3.52	7.73	19.78	20.96	22.25	15.59
	$\text{g}/\text{tallos}/\text{día}$		0.32	0.80	0.06	0.03	-0.29
	% del máx.	15.82	34.74	88.90	94.20	100.00	70.07
Sulpomag (100 kg de $\text{K}_2\text{O}/\text{ha}$)	promedio	3.47	6.65	20.21	23.98	21.29	19.47
	$\text{g}/\text{tallos}/\text{día}$		0.24	0.90	0.20	-0.07	-0.08
	% del máx.	14.47	27.73	84.28	100.00	88.78	81.19
Sulpomag (200 kg de $\text{K}_2\text{O}/\text{ha}$)	promedio	4.37	8.23	20.73	24.54	24.89	17.89
	$\text{g}/\text{tallos}/\text{día}$		0.30	0.83	0.20	0.01	-0.30
	% del máx.	17.56	33.07	83.29	98.59	100.00	71.88
80-200-200	promedio	4.52	6.14	17.38	18.74	22.18	14.89
	$\text{g}/\text{tallos}/\text{día}$		0.12	0.75	0.07	0.09	-0.32
	% del máx.	20.38	27.68	78.36	84.49	100.00	67.13
160-200-0	promedio	2.71	6.06	20.15	22.96	23.53	19.48
	$\text{g}/\text{tallos}/\text{día}$		0.26	0.94	0.15	0.02	-0.18
	% del máx.	11.52	25.75	85.64	97.58	100.00	82.79
promedio		3.96	6.94	19.06	21.66	22.33	17.18
$\text{g}/\text{tallos}/\text{día}$			0.23	0.81	0.14	0.02	-0.22

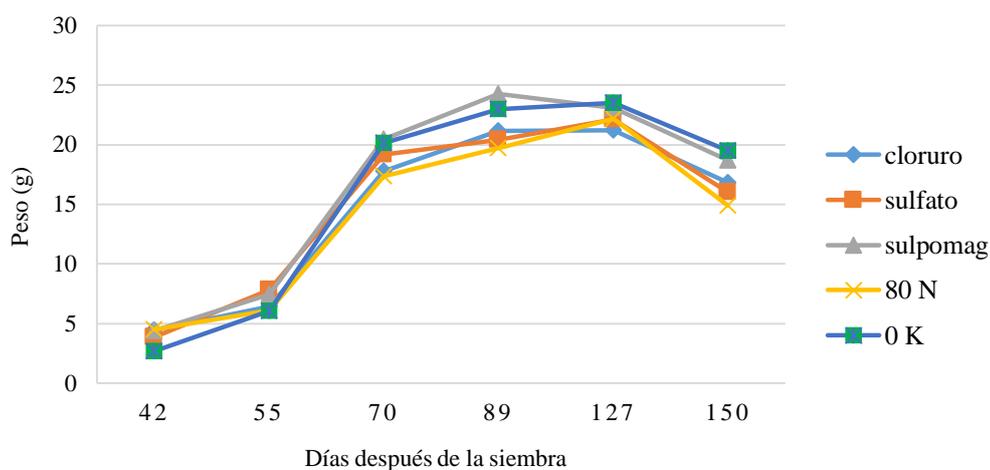


Figura 8. Variación promedio del peso seco de hojas (g tallo^{-1}) tratada con diferentes fuentes de potasio y de dos tratamientos adicionales, en seis periodos de evaluación.

En la Tabla 23 se muestra el promedio de peso seco de hojas por tallo a los 89 días para cada uno de los factores en estudio. Se puede observar que las diferencias en esta característica no fueron notorias lo que es confirmado en el análisis de variancia (Anexo 12) que demuestra que no hay evidencia de efectos estadísticamente significativos entre las fuentes, dosis ni en la interacción. Tampoco hay diferencias relevantes con tratamientos adicionales (Anexo 13).

Respecto a las plantas que recibieron el 50 % de fertilización nitrogenada, estas alcanzaron el menor peso seco de hojas por tallo (13 % menos que el promedio general) y las que no fueron fertilizadas con potasio alcanzaron peso seco por encima del promedio general.

Tabla 23. Peso seco promedio de hojas por tallo (g tallo⁻¹) por efecto de las diferentes fuentes, dosis y tratamientos testigo a los 89 días después de la siembra.

Fuentes	Dosis de potasio (kg ha ⁻¹)		Promedio
	100	200	
Cloruro	19.13	23.16	21.15
Sulfato	19.84	20.96	20.40
Sulpomag	23.98	24.54	24.26
Promedio	20.98	22.89	21.94
80-200-200			18.74
160-200-0			22.96
promedio general			21.66

Coefficiente de variabilidad: 28.85 %

4.2.1.3 Peso fresco de tubérculos

En la Tabla 24 se muestra el promedio de peso fresco de tubérculos por tallo, el incremento diario y el porcentaje respecto al promedio del peso fresco máximo. A los 55 días después de la siembra, el promedio general de peso fresco de tubérculos por tallo, fue de 1.91 gramos y se incrementó para finalmente alcanzar el promedio de 300 g tallo⁻¹ a los 170 días.

En la Figura 9 se muestra la variación promedio de peso fresco de tubérculos por tallo (g tallo⁻¹) en cinco periodos de evaluación. El mayor incremento diario (4.86 g tallo⁻¹ día⁻¹) se registró entre los periodos 89 y 127 días. Después el incremento diario del peso promedio del tubérculo fue menor (0.44 g tallo⁻¹ día⁻¹).

Tabla 24. Promedio peso fresco de tubérculos por tallo (g tallo^{-1}), incremento diario ($\text{g tallo}^{-1} \text{ día}^{-1}$) y porcentaje respecto al promedio del peso fresco máximo ($\% \text{ día}^{-1}$).

Tratamientos	Índices	55 D	70 D	89 D	127 D	170 D
Cloruro (100 kg de $\text{K}_2\text{O}/\text{ha}$)	promedio	0.94	22.1	59.66	267.31	305.46
	g/tallo/día		1.41	1.98	5.46	0.89
	% del máx.	0.31	7.23	19.53	87.51	100
Cloruro (200 kg de $\text{K}_2\text{O}/\text{ha}$)	promedio	2.71	40.14	133.2	300.78	305.22
	g/tallo/día		2.50	4.90	4.41	0.10
	% del máx.	0.89	13.15	43.64	98.55	100
Sulfato (100 kg de $\text{K}_2\text{O}/\text{ha}$)	promedio	2.89	22.48	86.87	286.59	270.89
	g/tallo/día		1.31	3.39	5.26	0.05
	% del máx.	1.00	7.78	30.07	99.20	100
Sulfato (200 kg de $\text{K}_2\text{O}/\text{ha}$)	promedio	2.43	39.62	100.38	258.49	271.92
	g/tallo/día		2.48	3.20	4.16	0.93
	% del máx.	0.81	13.28	33.65	86.65	100
Sulpomag (100 kg de $\text{K}_2\text{O}/\text{ha}$)	promedio	1.63	33.72	97.36	268.42	310.88
	g/tallo/día		2.14	3.35	4.50	0.99
	% del máx.	0.52	10.85	31.32	86.34	100
Sulpomag (200 kg de $\text{K}_2\text{O}/\text{ha}$)	promedio	1.43	25.25	136.92	290.11	303.96
	g/tallo/día		1.59	5.88	4.03	0.37
	% del máx.	0.47	8.25	44.71	94.74	100
80-200-200	promedio	1.35	40.79	92.1	306.71	307.8
	g/tallo/día		2.63	2.70	5.65	0.03
	% del máx.	0.44	13.25	29.92	99.65	100
160-200-0	promedio	1.86	46.33	107.22	313.78	319.57
	g/tallo/día		2.96	3.20	5.44	0.13
	% del máx.	0.58	14.50	33.55	98.19	100
promedio g/tallo/día		1.91	33.80	101.71	286.52	299.46
g/tallo/día			2.13	3.57	4.86	0.44

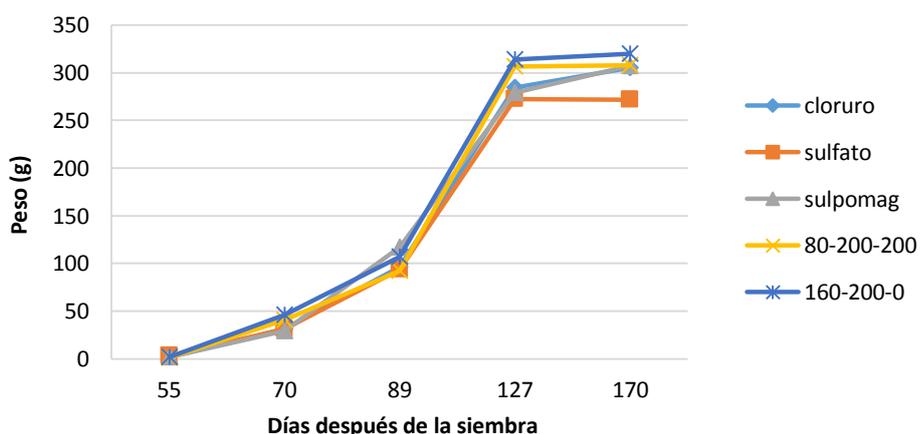


Figura 9. Variación promedio del peso fresco de tubérculos por tallo (g tallo^{-1}) en plantas con diferentes fuentes de potasio y de dos tratamientos adicionales.

La Tabla 25 muestra el promedio del peso fresco de tubérculos por tallo a los 170 días (cosecha) para cada uno de los factores en estudio. Se puede apreciar que las diferencias en esta característica no fueron notorias lo que es confirmado en el análisis de variancia (Anexo 15). De la misma manera, el análisis de variancia entre tratamientos indica que no hubo diferencias entre tratamientos.

Las plantas que recibieron el 50 % de fertilización nitrogenada alcanzaron un ligero mayor peso fresco de tubérculos y las que no fueron fertilizadas con potasio alcanzaron 6.7% más de peso fresco de tubérculos que el peso fresco promedio general.

Tabla 25. Peso fresco de tubérculos por tallo (g tallo⁻¹) por efecto de las diferentes fuentes, dosis y tratamientos testigo a los 170 días después de la siembra.

Fuentes	Dosis de potasio (kg ha ⁻¹)		promedio
	100	200	
Cloruro	305.46	305.22	305.34
Sulfato	270.89	271.92	271.41
Sulpomag	310.88	303.96	307.42
Promedio	301.74	303.24	294.72
80-200-200			307.8
160-200-0			319.57
promedio general			299.46

Coefficiente de variabilidad: 15.60 %

Martinez y Huamán (1993), afirman que la tasa de crecimiento de los tubérculos depende principalmente de la fotosíntesis neta registrada durante la tuberización y de la capacidad de las plantas para translocar y acumular los fotosintatos en los tubérculos.

4.2.1.4 Peso seco de tubérculos

En la Tabla 26 se observa que a los 55 días después de la siembra, el promedio general de peso seco de tubérculos por tallo fue de 0.28 g se incrementó a 5.67 g tallo⁻¹ a los 70 días y, finalmente, a los 170 días después de la siembra se alcanzó el máximo peso seco de tubérculos, con 68.44 g tallo⁻¹.

Tabla 26. Promedio del peso seco de tubérculos (g tallo^{-1}), incremento diario ($\text{g tallo}^{-1} \text{ día}^{-1}$) y porcentaje respecto al promedio del peso seco máximo ($\% \text{ día}^{-1}$).

Tratamientos	Índices	55 D	70 D	89 D	127 D	170 D
Cloruro (100 kg de $\text{K}_2\text{O}/\text{ha}$)	promedio	0.13	3.48	8.68	57.93	67.12
	g/tallo/día		0.22	0.27	1.30	0.21
	% del máx.	0.19	5.18	12.93	86.31	100
Cloruro (200 kg de $\text{K}_2\text{O}/\text{ha}$)	promedio	0.4	6.49	21.52	64.79	67.51
	g/tallo/día		0.41	0.79	1.14	0.06
	% del máx.	0.59	9.61	31.88	95.97	100
Sulfato (100 kg de $\text{K}_2\text{O}/\text{ha}$)	promedio	0.37	3.95	15.51	56.59	61.57
	g/tallo/día		0.24	0.61	1.08	0.12
	% del máx.	0.60	6.42	25.19	91.91	100
Sulfato (200 kg de $\text{K}_2\text{O}/\text{ha}$)	promedio	0.5	7.25	18.2	55.62	65.07
	g/tallo/día		0.45	0.58	0.98	0.22
	% del máx.	0.77	11.14	27.97	85.48	100
Sulpomag (100 kg de $\text{K}_2\text{O}/\text{ha}$)	promedio	0.22	6.14	17.58	60.87	71.21
	g/tallo/día		0.39	0.60	1.14	0.24
	% del máx.	0.31	8.62	24.69	85.48	100
Sulpomag (200 kg de $\text{K}_2\text{O}/\text{ha}$)	promedio	0.2	3.99	21.65	65.78	67.12
	g/tallo/día		0.25	0.93	1.16	0.03
	% del máx.	0.30	5.94	32.26	98.00	100
80-200-200	promedio	0.18	6.88	15.55	70.47	74.66
	g/tallo/día		0.45	0.46	1.45	0.10
	% del máx.	0.24	9.22	20.83	94.39	100
160-200-0	promedio	0.23	7.16	17.18	65.17	73.29
	g/tallo/día		0.46	0.53	1.26	0.19
	% del máx.	0.31	9.77	23.44	88.92	100
promedio		0.28	5.67	16.98	62.15	68.44
g/tallo/día			0.36	0.60	1.19	0.15

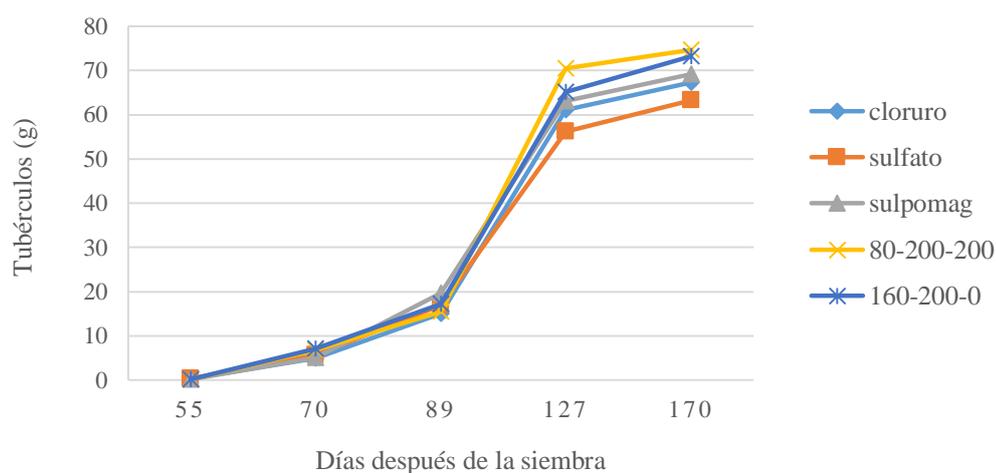


Figura 10. Variación promedio del peso seco de tubérculos por tallo (g tallo^{-1}) en plantas con diferentes fuentes potásicas y en dos tratamientos adicionales.

La Figura 10 muestra la variación promedio de peso seco de tubérculos (g tallo^{-1}) en cinco periodos de evaluación. Entre los 89 y 127 días después de la siembra, el incremento promedio de peso seco de tubérculos por tallo por día, fue el mayor en todo el período de tuberización ($1.19 \text{ g tallo}^{-1} \text{ día}^{-1}$). Después el incremento diario del peso seco promedio del tubérculo fue mínimo ($0.15 \text{ g tallo}^{-1} \text{ día}^{-1}$) hasta la cosecha.

En la Tabla 27 se muestra el promedio del peso seco de tubérculos por tallo a los 170 días para cada uno de los factores en estudio. Se puede apreciar que las diferencias en esta característica por efecto de fuentes, dosis ni en la interacción no fueron marcadas y que se confirman en el análisis de variancia (Anexo 16).

Respecto a las plantas que recibieron el 50 % de fertilización nitrogenada y las que no fueron fertilizadas con potasio, alcanzaron 8 % más de peso seco de tubérculos que el promedio general. El análisis de variancia entre tratamientos (Anexo 17) indica igualmente que no hubo diferencias estadísticamente significativas.

Tabla 27. Peso seco de tubérculos por tallo (g tallo^{-1}) por efecto de las diferentes fuentes, dosis y tratamientos testigo a los 170 días después de la siembra.

Fuentes	Dosis de potasio (kg ha^{-1})		promedio
	100	200	
Cloruro	67.12	67.51	67.32
Sulfato	61.57	65.07	63.32
Sulpomag	71.21	67.12	69.17
Promedio	66.63	66.57	66.60
80-200-200			74.66
160-200-0			73.29
promedio general			68.44

Coefficiente de variabilidad: 15.57 %

Evaluaciones durante el crecimiento y desarrollo de planta.



A

B



C

D



E

F

Figuras 11. A) Determinación de altura de plantas B) Determinación de cobertura foliar de plantas C) Número de estolones por tallo D) Determinación del número de tallos principales por planta y tubérculos por tallo E) Determinación de peso fresco de tallos, hojas y tubérculos F) Determinación de peso seco de tallos, hojas y tubérculos.

4.2.2 Cosecha

4.2.2.1 Rendimiento total

En la Tabla 28 se muestra el rendimiento total de las plantas con diferentes tratamientos de fuentes y dosis de potasio y de las plantas testigo expresados en $t\ ha^{-1}$, $kg\ planta^{-1}$ y $kg\ tallo^{-1}$. El análisis de variancia (Anexo 18) demuestra que no hay evidencias de efectos estadísticamente significativos entre las fuentes, dosis ni en la interacción. Las plantas que recibieron el 50 % de fertilización nitrogenada produjeron 4 % menos que el promedio general mientras que las plantas que no fueron fertilizadas con potasio, produjeron un ligero mayor rendimiento que el promedio general.

Tabla 28. Rendimiento total ($t\ ha^{-1}$, $kg\ planta^{-1}$ y $kg\ tallo^{-1}$) de las plantas con diferentes tratamientos a los 170 días después de la siembra.

Tratamientos ($kg\ ha^{-1}$ de K_2O)	$t\ ha^{-1}$	$Kg\ planta^{-1}$	$Kg\ tallo^{-1}$
Cloruro (100)	44.81	1.21	0.31
Cloruro (200)	49.63	1.34	0.31
Sulfato (100)	44.07	1.19	0.27
Sulfato (200)	42.22	1.14	0.27
Sulpomag (100)	42.59	1.15	0.30
Sulpomag (200)	47.41	1.28	0.30
Adicionales			
80-200-200	42.96	1.16	0.31
160-200-0	45.93	1.24	0.32
promedio general	44.95	1.21	0.30

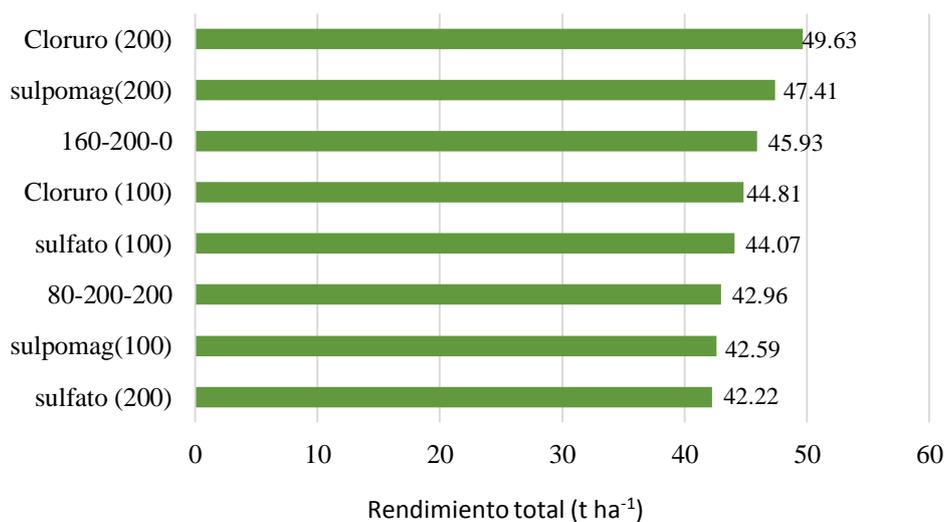


Figura 12. Rendimiento total promedio ($t.ha^{-1}$) de las plantas con diferentes tratamientos de fuentes, dosis y testigos adicionales.

En la Figura 12, se muestra los rendimientos totales estimados en t ha⁻¹. El promedio general del rendimiento total fue 44.95 t ha⁻¹. Con tres tratamientos se obtuvieron rendimientos mayores que el promedio general y el mayor rendimiento se obtuvo con 200 kg ha⁻¹ de cloruro de potasio que produjo 10 % más que el promedio general, es decir 49.63 t ha⁻¹; el menor rendimiento (42.22 t ha⁻¹) se obtuvo con 200 kg ha⁻¹ de sulfato de potasio que fue 9 % menos que el promedio general. La diferencia entre los extremos del rendimiento fue 7.7 t ha⁻¹; sin embargo, estas no fueron estadísticamente diferentes entre ninguno de los tratamientos (Anexo 19).

4.2.2.2 Rendimiento comercial

En la Tabla 29 y en la Figura 13 se muestra los rendimientos de tubérculos mayores a 6 cm de longitud. Además, se indica el porcentaje que representa el peso comercial con respecto al total de tubérculos cosechados. El promedio general del rendimiento comercial fue 39.70 t ha⁻¹, cinco toneladas menos que el rendimiento total. De entre los factores en estudio el cloruro potasio con dosis de 200 kg ha⁻¹, obtuvo el mayor promedio de rendimiento comercial aunque presentó menor porcentaje de tubérculos comerciales con respecto al tratamiento con 100 kg ha⁻¹ de cloruro de potasio. El mayor porcentaje de tubérculos comerciales respecto al peso total cosechado, se obtuvo con el tratamiento adicional (50 % de nitrógeno).

Tabla 29. Rendimiento comercial (t ha⁻¹) y porcentaje con respecto al total de las plantas tratadas con diferentes fuentes, dosis de potasio y dos tratamientos adicionales.

Tratamientos (kg ha⁻¹ de K₂O)	Comercial (t ha⁻¹)	Total (t ha⁻¹)	% respecto al total
Cloruro (100)	40.33	44.81	90.00%
Cloruro (200)	42.22	49.63	85.07%
Sulfato (100)	40.00	44.07	90.76%
Sulfato (200)	38.52	42.22	91.23%
Sulpomag(100)	37.78	42.59	88.70%
Sulpomag(200)	38.89	47.41	82.03%
Adicionales			
80-200-200	40.26	42.96	93.71%
160-200-0	39.63	45.93	86.29%
promedio general	39.70	44.95	

Cuatro de los ocho tratamientos promediaron rendimientos mayores que el promedio general; el mayor rendimiento comercial (200 kg ha⁻¹ de cloruro de potasio) fue 6 % más que el promedio general; el menor rendimiento comercial obtenido con 100 kg ha⁻¹ de sulphomag fue 5 % menor que el promedio general. La diferencia entre los extremos del rendimiento comercial fue 4.4 t ha⁻¹; sin embargo, esta diferencia no fue estadísticamente significativa (Tabla 30) por efecto de los factores en estudio (Anexo 20) ni tampoco con los tratamientos adicionales (Anexo 21).

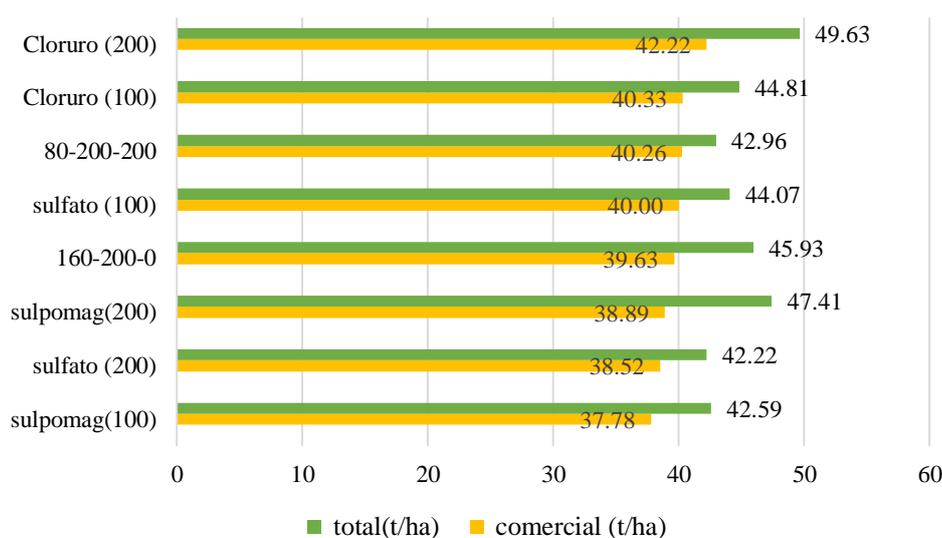


Figura 13. Rendimiento (t ha⁻¹) comercial y total de plantas tratadas con diferentes fuentes, dosis de potasio y dos tratamientos adicionales.

Tabla 30. Rendimiento comercial en kg planta⁻¹ de las plantas tratadas con diferentes fuentes y dosis de potasio a los 170 días después de la siembra.

Fuentes	Dosis de potasio (kg ha ⁻¹)		promedio
	100	200	
Cloruro	1.09	1.14	1.11
Sulfato	1.08	1.04	1.06
Sulphomag	1.02	1.05	1.04
Promedio	1.06	1.08	1.07
80-200-200			1.09
160-200-0			1.07
promedio general			1.07

4.2.2.3 Número de tubérculos por planta

En la Tabla 31 se observa la media del número de tubérculos cosechados por planta. El promedio general que se obtuvo a los 170 días después de la siembra fue 12.07 tubérculos.

Tabla 31. Número de tubérculos en plantas tratadas con diferentes fuentes, dosis y tratamientos testigo a los 170 días después de la siembra.

Fuentes	Dosis de potasio (kg ha ⁻¹)		promedio
	100	200	
Cloruro	12.02	12.47	12.24
Sulfato	13.19	11.25	12.22
Sulpomag	10.88	12.66	11.77
Promedio	12.03	12.13	12.08
80-200-200			11.79
160-200-0			12.26
promedio general			12.07

Coefficiente de variabilidad: 20.36 %

Según el análisis de variancia (Anexo 22) no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre promedios del número de tubérculos por planta por efecto de los factores en estudio. Los números de tubérculos en las plantas que recibieron el 50 % de fertilización nitrogenada y las que no fueron fertilizadas con potasio, fueron semejantes al promedio general. En la Tabla 31 se puede apreciar que las fuentes y dosis de potasio empleadas y los tratamientos testigo no mostraron efectos marcados sobre el número de tubérculos por planta.

4.2.2.4 Tamaño de tubérculos

En la Tabla 32 se presenta el porcentaje de tubérculos clasificados por categorías o calibres de tamaño. Se observa que el mayor porcentaje de los tubérculos cosechados fueron clasificados dentro de la categoría “primera” seguida de la categoría “segunda”.

Tabla 32. Porcentaje de tubérculos por categorías de tamaño en plantas con diferentes fuentes y dosis de potasio y en dos tratamientos adicionales.

Tratamientos (kg ha⁻¹ de K₂O)	Extra	Primera	Segunda	Tercera	Descarte	Total
Cloruro (100)	20.63%	45.77%	23.62%	6.73%	2.91%	100%
Cloruro (200)	20.13%	34.75%	30.02%	12.65%	2.63%	100%
Sulfato (100)	14.40%	47.97%	27.93%	6.68%	3.04%	100%
Sulfato (200)	22.40%	42.38%	26.83%	5.78%	2.34%	100%
Sulpomag(100)	23.57%	43.21%	21.52%	9.08%	2.99%	100%
Sulpomag(200)	20.05%	37.29%	24.52%	15.65%	2.53%	100%
Adicionales						
80-200-200	21.30%	47.46%	25.00%	3.47%	3.17%	100%
160-200-0	19.85%	35.75%	30.71%	11.40%	2.27%	100%
Promedio	20.74%	41.82%	26.27%	8.93%	2.74%	100%

Alonso (1996), afirma que cada tubérculo crece a tasas diferentes en momentos distintos lo cual indica una forma compleja de control, puesto que el tamaño de los tubérculos es una función inversa del número de tubérculos iniciales y una función directa de la cantidad de follaje desarrollado, el crecimiento del tubérculo solo se detiene al fenecer las hojas.

Evaluaciones en cosecha

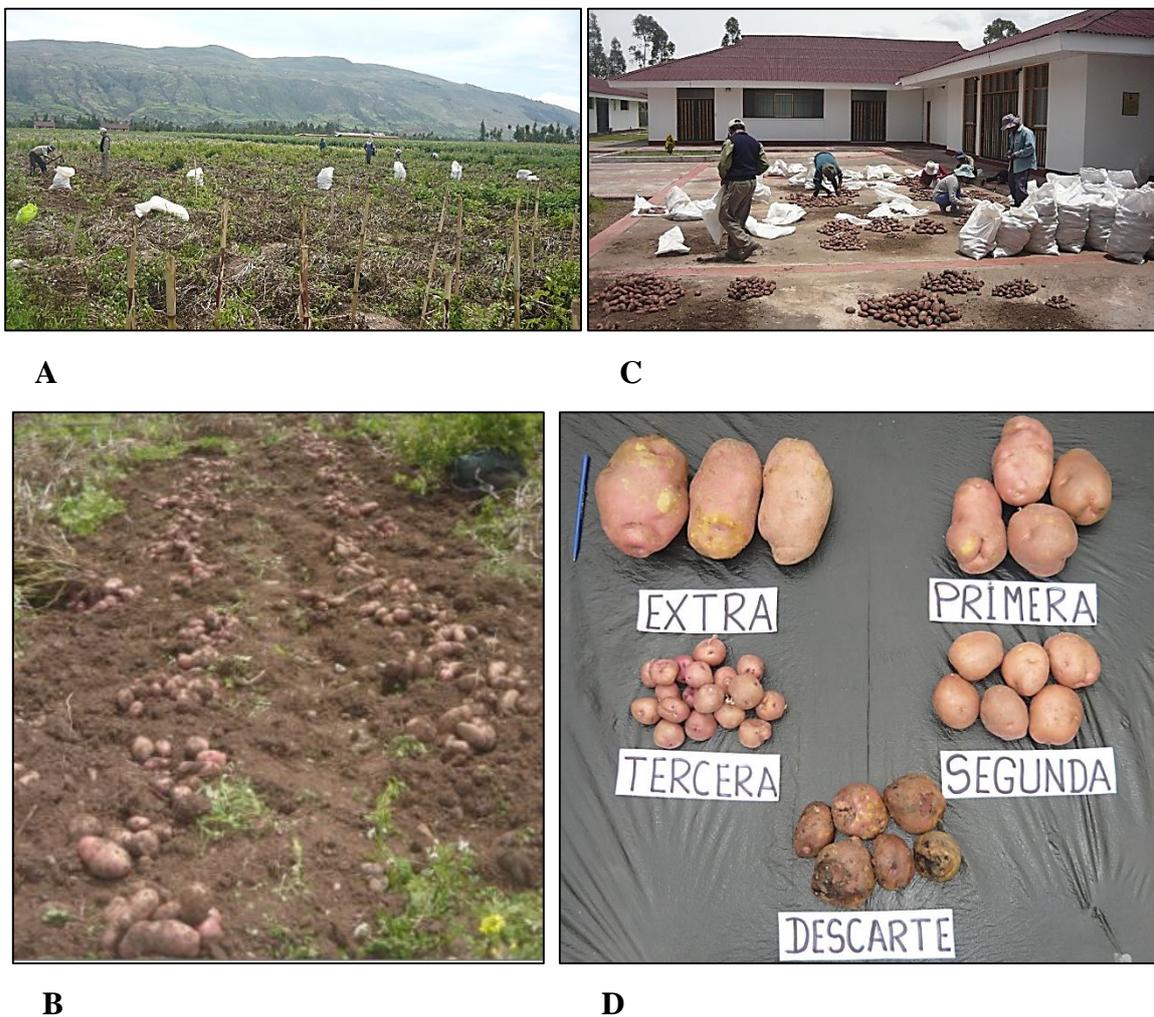


Figura 14. A y B) Cosecha manual de papa var. ÚNICA en los surcos centrales de cada parcela. C) Clasificación y registro del tamaño, número y peso total de tubérculos de cada categoría D) Clasificación comercial de tubérculos en categoría.

4.3 CALIDAD DE FRITURA

4.3.1 Porcentaje de materia seca en los tubérculos

En la Tabla 33 se presenta la variación del porcentaje de materia seca de los tubérculos muestreados en tres oportunidades y en la cosecha. Se puede apreciar que el porcentaje de materia seca no mostró diferencias notables por efecto de los factores en estudio, así como en los procedentes de plantas que recibieron el 50 % de fertilización nitrogenada y las que no recibieron fertilización potásica.

A los 55 días después de la siembra, el promedio general del porcentaje de materia seca fue de 13.78 %, luego el incremento fue constante llegándose a registrar 22.53 % en la cosecha. Entre los 55 y 89 días el incremento diario fue 0.09 % de materia seca; alcanzó el mayor incremento entre los 89 y 127 días con 0.13 % día⁻¹ y, finalmente, entre los 127 y 170 días el incremento diario de materia seca se redujo a 0.02 % día⁻¹.

En la Tabla 34 se muestra el porcentaje de materia seca de tubérculos de las plantas tratadas con cada uno de los factores en estudio. Se puede observar que las diferencias en esta característica fueron mínimas lo que es confirmado en el análisis de variancia (Anexo 23) que demuestra que no hay evidencia de efectos estadísticamente significativos de las fuentes y niveles de fertilización potásica ni en la interacción. Los tubérculos de las plantas que recibieron el 50 % de fertilización nitrogenada mostraron un ligero mayor porcentaje de materia seca, sin embargo, no hubo diferencias significativas entre tratamientos (Anexo 24).

De acuerdo a algunas recomendaciones, el sulfato de potasio además de su uso como fuente potásica, también se considera como insumo determinante en la calidad de la fritura; es decir, su uso promovería un adecuado contenido de materia seca y menor cantidad de azúcares reductores perjudiciales para la fritura. A pesar de esto, en el presente experimento el porcentaje de materia seca de los tubérculos fertilizados con Sulfato de potasio fue semejante a los obtenidos con las otras fuentes potásicas. Por otro lado, los tubérculos de plantas con 50 % de nitrógeno mostraron un ligero mayor porcentaje de materia seca.

Tabla 33. Promedio, incremento diario (% día⁻¹) y porcentaje respecto al promedio máximo de materia seca en tubérculos durante cuatro muestreos.

Tratamientos	Índices	55 DDS	89 DDS	127 DDS	170 DDS
Cloruro (100 kg de K ₂ O/ha)	promedio	13.83	14.55	21.54	21.97
	%/día		0.02	0.18	0.01
	% del máx.	62.95	66.22	98.04	100
Cloruro (200 kg de K ₂ O/ha)	promedio	14.76	16.16	21.54	22.12
	%/día		0.04	0.14	0.01
	% del máx.	66.73	73.04	97.38	100
Sulfato (100 kg de K ₂ O/ha)	promedio	12.80	17.85	19.75	21.31
	%/día		0.15	0.05	0.04
	% del máx.	60.08	83.78	92.66	100
Sulfato (200 kg de K ₂ O/ha)	promedio	15.64	18.13	21.52	21.81
	%/día		0.07	0.09	0.01
	% del máx.	71.71	83.13	98.66	100
Sulpomag (100 kg de K ₂ O/ha)	promedio	13.50	18.06	22.68	22.91
	%/día		0.13	0.12	0.01
	% del máx.	58.91	78.82	98.98	100
Sulpomag (200 kg de K ₂ O/ha)	promedio	13.99	15.81	22.47	22.92
	%/día		0.05	0.18	0.01
	% del máx.	61.02	68.99	98.04	100
80-200-200	promedio	13.33	16.88	22.98	24.26
	%/día		0.10	0.16	0.03
	% del máx.	54.96	69.60	94.71	100
160-200-0	promedio	12.37	16.02	20.77	22.93
	%/día		0.11	0.12	0.05
	% del máx.	53.93	69.88	90.58	100
promedio		13.78	16.68	21.65	22.53
%/día			0.09	0.13	0.02

Tabla 34. Porcentaje de materia seca de tubérculos procedentes de las plantas con diferentes fuentes y dosis de potasio y de los tratamientos testigo.

Fuentes	Dosis de potasio (kg ha ⁻¹)		
	100	200	Promedio
Cloruro	21.97	22.12	22.05
Sulfato	21.31	21.81	21.56
Sulpomag	22.91	22.92	22.92
Promedio	22.06	22.28	22.17
80-200-200			24.26
160-200-0			22.93
promedio general			22.53

Coefficiente de variabilidad: 7.64 %

Mendoza y Mosquera (2011), afirman que el contenido de materia seca es influenciado por factores genéticos y ambientales (temperatura, intensidad luminosa, humedad, dosis de

fertilizantes y, en cultivos irrigados, el manejo de agua). Indican asimismo que en la sierra donde es baja la temperatura promedio y alta la intensidad luminosa, el contenido de materia seca de los tubérculos puede ser entre 1.5 a 8 % mayor que en costa donde la temperatura media es más elevada y menor la intensidad luminosa.

Sifuentes (2012), obtuvo 21 % de materia seca en tubérculos de papa var. Única por efecto de las diferentes fuentes y dosis de potasio en condiciones de la costa. Nuestros resultados confirman lo dicho en el párrafo anterior.

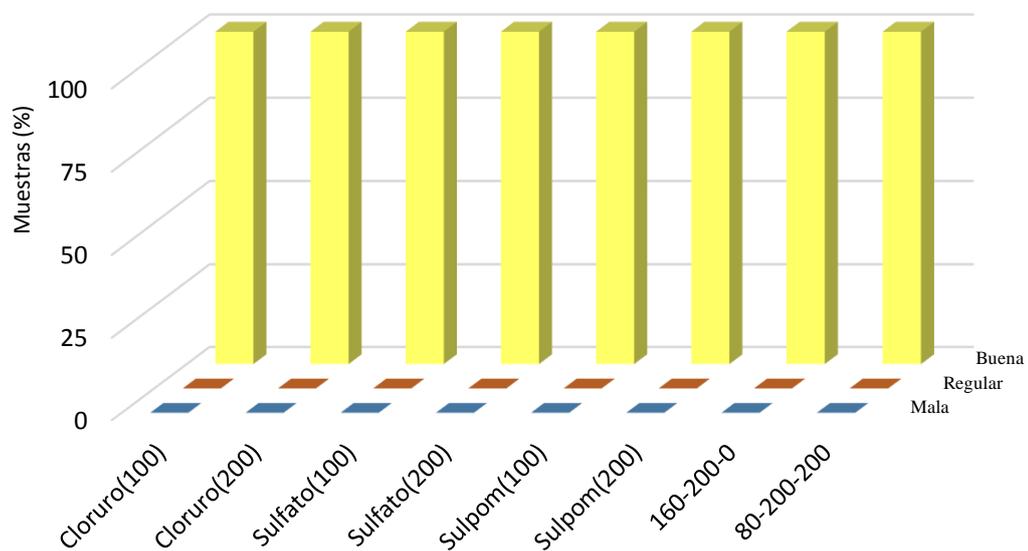
4.3.2 Calidad de fritura en papas a la francesa (tiras o bastones).

De acuerdo a resultados mostrados en la Tabla 35 los promedios de grado de calidad de fritura de las tiras procedentes de tubérculos tratados con diferentes fuentes y dosis de potasio son semejantes; en consecuencia, no hubo diferencias en la calidad de la papa frita en tiras por efecto de los factores en estudio ni entre tratamientos testigo.

La figura 15 muestra la relación entre los factores en estudio con la apariencia general de los tubérculos fritos en tiras. Todas las muestras de tubérculos fritos en tiras presentaron apariencia general buena, es decir libres de imperfecciones (color claro y uniforme).

Tabla 35. Grados de calidad de fritura en tiras o bastones de tubérculos procedentes de plantas con diferentes fuentes y dosis de potasio y dos tratamientos adicionales.

Fuentes	Dosis de potasio (kg ha ⁻¹)		Promedio
	100	200	
Cloruro	1.75	1.5	1.63
Sulfato	1.25	1.75	1.5
Sulpomag	1.5	1.5	1.5
Promedio	1.50	1.58	1.54
80-200-200			1.25
160-200-0			1.75
promedio general			1.53



La figura 15. Muestra la relación entre los diferentes tratamientos con la calidad de fritura (apariencia general) de los tubérculos fritos en tiras, a los 170 días después de la siembra (cosecha).

Evaluaciones en post cosecha



A



B



C



D

Figura 16. A) Determinación de materia seca de tubérculos por el método de secado en estufa B) Preparación de extracto a base de materia seca de la muestra para el análisis de extracción de potasio en el follaje y en los tubérculos. C y D) Evaluación de calidad de fritura (apariencia general) de tubérculos en tiras o bastones.

4.4 EXTRACCIÓN DE POTASIO POR EL CULTIVO DE PAPA

De lo que se observan en la Figura 17 y en la Tabla 36 se infiere que a los 70 días después de la siembra (inicios de la tuberización masiva), la extracción de potasio en el follaje fue mayor que en los tubérculos; es decir el 89 % se concentró en el follaje mientras el 11 % en los tuberculillos.

A los 89 días (período vegetativo de mayor ritmo de tuberización), la extracción de potasio de la parte aérea se incrementó ligeramente; pero el ritmo de extracción de potasio en el follaje disminuyó a 67 %, mientras que en los tubérculos aumentó en 33 %. Finalmente, a los 150 días el promedio general de extracción total de potasio en la planta, fue 224.73 kg ha⁻¹ de K₂O, de los cuales el 84 % fue en los tubérculos y el 16 % restante en la biomasa aérea de la planta. Esto indica que hubo removilización o traslocación de los excedentes (fotosintatos) del follaje hacia los tubérculos.

Tabla 36. Promedios de extracción de potasio (kg ha⁻¹) por la biomasa aérea, tubérculos y total del cultivo a los 150 días después de la siembra.

FUENTES DE VARIABILIDAD		N	EXTRACCIÓN DE POTASIO (kg ha ⁻¹)		
Fuente de potasio	R	Aérea	Tubérculo	Total	
Cloruro	8	39.78 a	200.17 ab	239.95 ab	
Sulfato	8	40.61 a	211.57 a	252.18 a	
Sulpomag	8	31.92 a	150.13 b	182.05 a	
Dosis de potasio (K ₂ O)	R	Aérea	Tubérculo	Total	
200 kg ha ⁻¹	12	41.17 a	214.66 a	255.83 a	
100 kg ha ⁻¹	12	33.77 a	159.92 b	193.69 b	
Efecto combinado (Fuentes-Dosis)	R	Aérea	Tubérculo	Total	
Cloruro-200	4	28.27 a	256.76 a	285.03 a	
Cloruro-100	4	51.28 a	143.58 a	194.86 a	
Sulfato-200	4	57.22 a	236.59 a	293.81 a	
Sulfato-100	4	23.99 a	186.55 a	210.55 a	
Sulpomag-200	4	37.80 a	149.61 a	187.40 a	
Sulpomag-100	4	26.04 a	150.65 a	176.69 a	

Fuente: Elaboración propia.

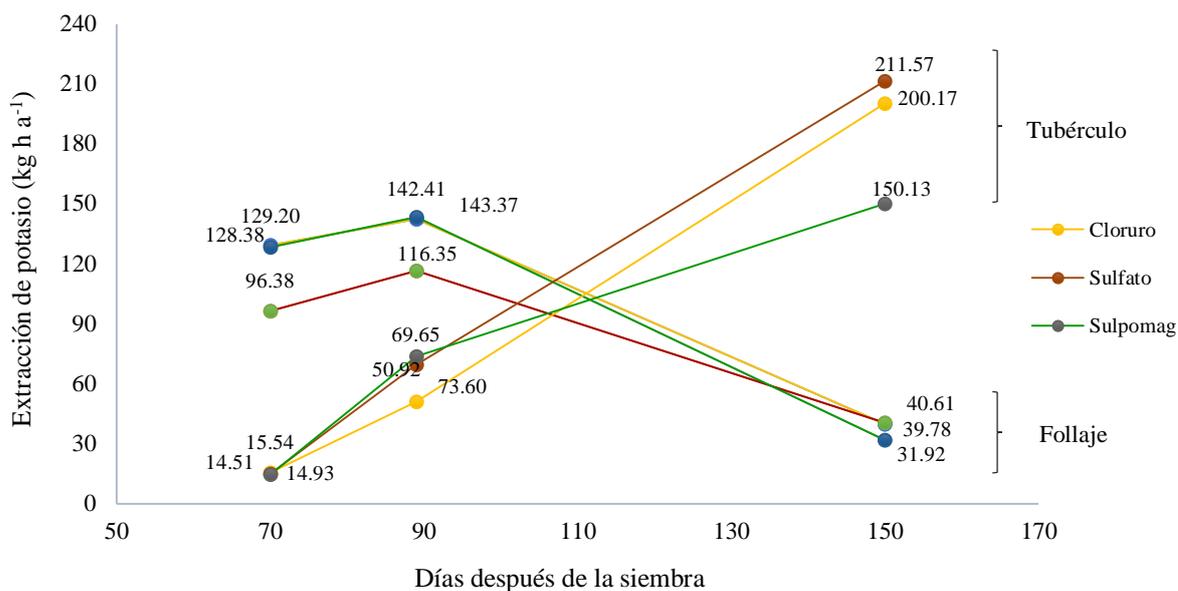


Figura 17. Relación de la extracción de potasio entre la parte aérea y en los tubérculos de las plantas tratadas con diferentes fuentes de potasio.

Bertic *et al.* (1986), indica que el porcentaje de potasio en la planta generalmente disminuye mientras ésta crece y que una vez que se alcanza la cantidad máxima de potasio en la planta, tal cantidad empieza a disminuir, lo cual no ocurre con N y P, cuya extracción se mantiene al igual que la acumulación de materia seca. Nuestros resultados constataron estas observaciones.

a. Efecto de las diferentes fuentes potásicas en la extracción de potasio en la biomasa aérea y tubérculos de planta.

En la Tabla 26 y en la Figura 18 se muestra que la fuente que produce mayor absorción de potasio es el sulfato de potasio seguido de cloruro de potasio y sulpomag.

De acuerdo al análisis de variancia (Anexo 25), a los 150 días después de la siembra la extracción de potasio por la parte aérea de la planta no presentó diferencias estadísticamente significativas; pero el efectos de las fuentes potásicas en el parámetro de extracción de potasio en tubérculos y en total de la planta resultó ser significativo, evidenciándose diferencias relevantes entre el sulfato y sulpomag; pero no entre el sulfato y el cloruro ni este último con el sulpomag.

James (2004) recomienda utilizar el sulfato de potasio en cultivos sensibles a cloruros como la papa y el tabaco, mientras que el cloruro de potasio se recomienda en cultivos resistentes o tolerantes a cloruro, pero este debe aplicarse con moderación para evitar una eventual fitotoxicidad por exceso o también puede afectar la absorción de nitratos por efecto de antagonismo entre ambos aniones. Sin embargo, el cloruro se pierde (lixiviación) fácilmente desde el perfil del suelo por efecto de exceso de humedad. Otra de las características del KCl es su alta solubilidad, mientras que el sulphomag se caracteriza por su baja solubilidad mientras que el sulfato de potasio se caracteriza por su liberación intermedia. Parece que esta última característica tuvo que ver con la mayor disponibilidad y extracción de potasio respecto a las otras fuentes.

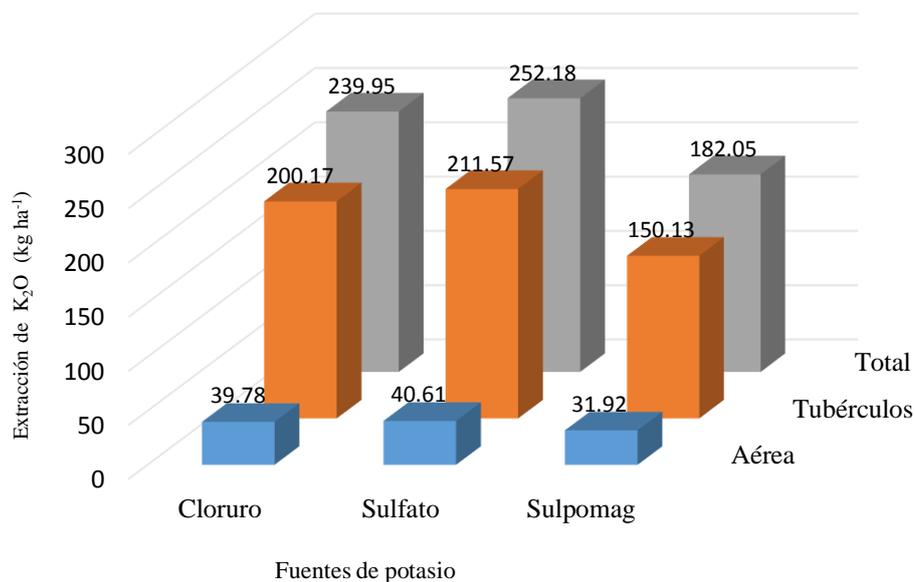


Figura 18. Efecto de las diferentes fuentes potásicas sobre la extracción de potasio en la biomasa aérea, tubérculos y total de planta, a los 150 días después de la siembra.

b. Efecto de las diferentes dosis de Potasio en la extracción de potasio en la biomasa aérea y tubérculos de la planta.

De acuerdo a los resultados es posible concluir que una mayor dosis de aplicación de potasio conlleva a una mayor absorción; Greenwood (1980) encontró en cebolla, que la extracción de potasio ante niveles de fertilización de 600-700 kg ha⁻¹ de K₂O se duplicaron frente a aplicaciones consideradas óptimas (120- 140 kg ha⁻¹ de K₂O).

En nuestro caso, entre los dos niveles de potasio en estudio se obtuvo mayor extracción de potasio con la mayor dosis, es decir con 200 kg ha⁻¹ de K₂O. Según el análisis de variancia (Anexo 26) se encontraron diferencias estadísticas altamente significativas entre los niveles en la extracción de potasio en el tubérculo y en total de la planta, mientras que la diferencia de extracción en la parte aérea por efecto de dosis fue mínima (Figura 19).

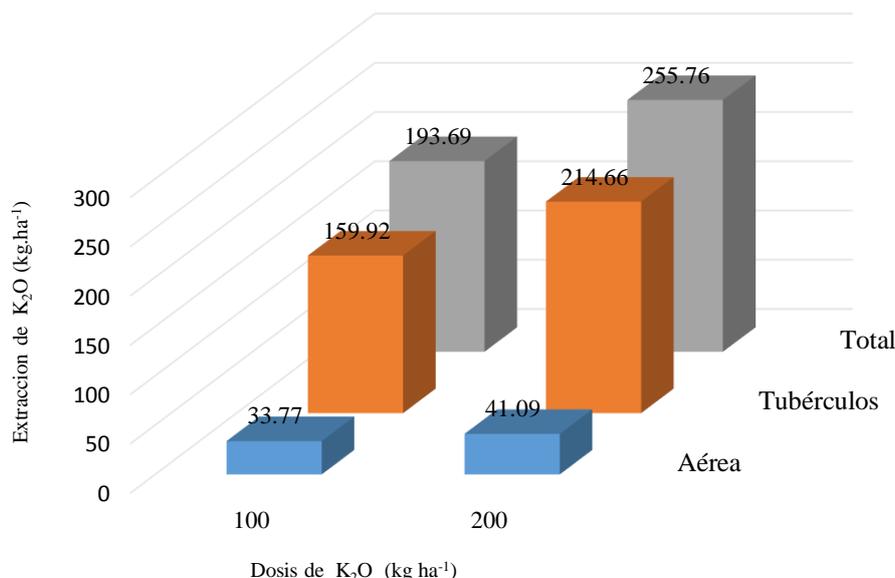


Figura 19. Efecto de las diferentes dosis de potasio sobre la extracción de potasio en la biomasa aérea, tubérculos y total de plantas, a los 150 días después de la siembra

c. Extracción de potasio en la biomasa aérea, tubérculos y total de plantas por efecto de diferentes tratamientos combinados de fuentes y dosis de potasio, a los 150 días.

En la Figura 20 se muestra el efecto de la combinación de fuentes y dosis de potasio sobre la extracción de potasio en las estructuras aéreas y tubérculos. Se puede observar que las plantas tratadas con sulfato de potasio (K₂SO₄) a dosis de 200 kg ha⁻¹ de K₂O, produjo la mayor absorción de potasio; es decir, extrajo 3 % y 36 % más de potasio total que el cloruro de potasio (KCl) y sulpomag aplicados en las mismas dosis respectivamente; sin embargo, la extracción de potasio (kg ha⁻¹) en tubérculos fue mayor en las plantas fertilizadas con 200 kg ha⁻¹ de KCl; es decir 7 % y 42 % más potasio que el K₂SO₄ y sulpomag (SULPO) para las mismas dosis. .

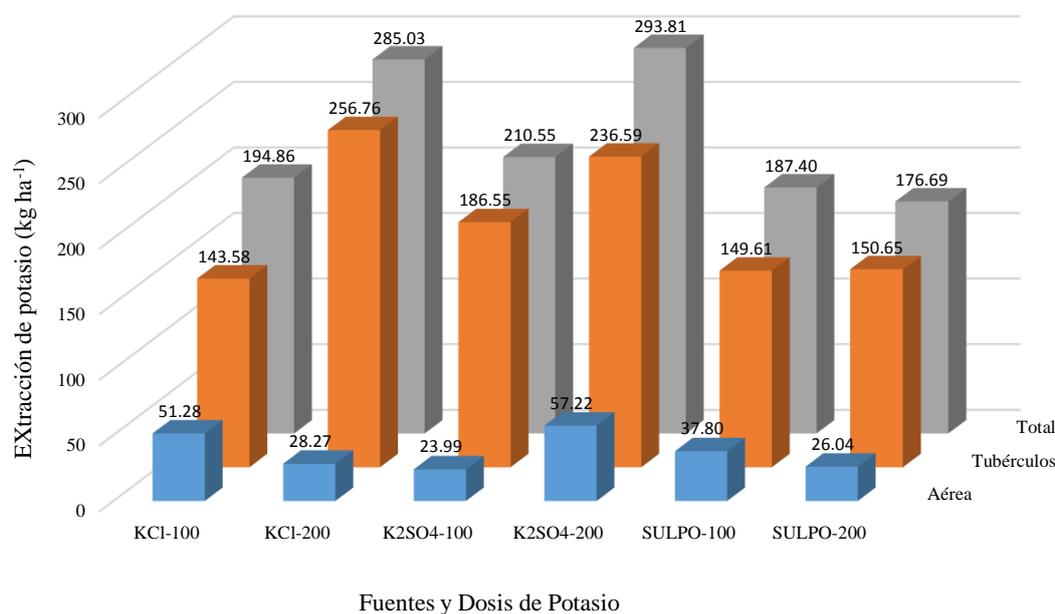


Figura 20. Extracción de potasio en la biomasa aérea, tubérculo y total de plantas por efecto de diferentes tratamientos combinados de fuentes y dosis, a los 150 días después de la siembra.

Las diferencias en extracción de potasio en la parte aérea, tubérculos y totales por efecto de las interacciones de los factores en estudio así descritas no fueron estadísticamente significativas según el análisis de variancia (Anexo 27); esto se interpreta como que las diferentes fuentes de potasio no influyen en la extracción de potasio de la parte aérea y tubérculos para cada nivel o dosis de potasio y viceversa

Como se ha mencionado anteriormente, la mayor absorción de potasio total se produjo con sulfato de potasio que extrajo $252.18 \text{ kg ha}^{-1}$ de K_2O , de los cuales los tubérculos extrajeron $211.57 \text{ kg ha}^{-1}$ de K_2O , para un rendimiento total de 43 t ha^{-1} ; es decir, para producir una tonelada de tubérculos frescos, extrajo del suelo 4.92 kg de K_2O . Sin embargo, este valor no coincide con el rango estimado por Villagarcía (1990), quien indica que la extracción de K_2O por cada tonelada de tubérculos frescos varía entre $6.0 - 7.5 \text{ kg}$ de K_2O . Sin embargo, nuestros resultados confirman las observaciones de Prummel (1983), quien indica que la papa es un cultivo que puede extraer del suelo tanto como 280 kg ha^{-1} de K_2O de los cuales 200 kg son atribuidos solamente a los tubérculos.

Finalmente, las plantas fertilizadas con sulfato de potasio (K_2SO_4), extrajeron 5 % y 29 % más potasio que las que recibieron cloruro de potasio (KCl) y sulpomag; ($kg\ ha^{-1}$), respectivamente. Sin embargo, estos resultados no se tradujeron en el rendimiento total y comercial debido al posible “consumo de lujo” por parte de las plantas, es decir que la mayor cantidad de potasio absorbido por la planta puede no traducirse en mayor rendimiento.

DISCUSION DE RESULTADOS

Según nuestros resultados, las fuentes y dosis potásicas empleadas, la reducción de la dosis nitrogenada y la ausencia del potasio no produjeron diferencias estadísticamente significativas en ninguna de las características del crecimiento, desarrollo y ritmo de tuberización de plantas, ni en los componentes del rendimiento de tubérculos.

Las plantas fertilizadas con sulfato de potasio extrajeron mayor cantidad de K_2O respecto a las otras fuentes potásicas debido probablemente a su mayor disponibilidad por su lenta solubilidad durante el periodo de crecimiento y desarrollo de la planta, sin embargo no es la fuente potásica con mejor efecto sobre el rendimiento total o comercial de tubérculos.

Al estudiar la acción de cada nutriente, no debe descuidarse la ocurrencia de antagonismos y sinergismos iónicos entre ellos y las condiciones del entorno. También debe tomarse en cuenta la acción de la “Ley de los incrementos de rendimientos no proporcionales”, la cual postula que a medida que un cultivo se acerca a sus rendimientos máximos, cada incremento exigirá una tasa mayor de nutrientes por unidad de rendimiento, afectando la rentabilidad del cultivo (Voisin, 1984). Mientras algunos investigadores han mencionado que a mayor rendimiento existe un moderado incremento de la extracción lo que no se ha identificado en nuestros resultados debido posiblemente al denominado “consumo de lujo” por parte de las plantas, es decir que la mayor extracción de potasio no se traduce en mayor rendimiento.

Se encontró relación directa entre la dosis de fertilización potásica y la extracción total de K_2O tanto en el follaje como en los tubérculos. Sin embargo, estas diferencias no se tradujeron en el rendimiento total, comercial ni en el contenido de materia seca de los tubérculos. Esto debido seguramente al alto contenido de potasio disponible en el suelo (408

mg kg⁻¹) ya que en la campaña agrícola anterior hubo aplicación de fertilización potásica en los cereales, quedando el potasio residual. Además se han encontrado que, cuando los suelos tienen una cantidad menor de 75 mg kg⁻¹ de potasio disponible hay una respuesta a las aplicaciones de 160 a 200 kg ha⁻¹ de K₂O, cuando los suelos tienen de 80 a 150 mg kg⁻¹ de potasio disponible hay respuesta a la aplicación de 100 a 120 kg ha⁻¹ de K₂O y en los suelos con más de 150 mg kg⁻¹ de potasio disponible, casi no hay respuesta a la fertilización potásica (Villagarcía, 1990). De la misma manera, Sotuyo (1991) concluyó que si el contenido de potasio en el suelo es superior a 280 ppm no hay respuesta en el rendimiento, producción de materia seca, extracción y traslocación de potasio por las plantas de papa; sin embargo, afirmó que la fertilización potásica incrementó de forma significativa, los niveles de potasio cambiable en el suelo.

V. CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos en el presente trabajo las conclusiones son las siguientes:

- En las condiciones de alto contenido de potasio disponible en el suelo (408 ppm), las fuentes y dosis de fertilización potásica estudiadas no produjeron efectos significativos en ninguna de las variables de crecimiento y desarrollo de las plantas, en el ritmo de tuberización ni en los componentes del rendimiento de los tubérculos.
- No se hallaron diferencias significativas por efecto de los factores en estudio ni tratamientos adicionales sobre la calidad de fritura en tiras o bastones.
- Las plantas fertilizadas con sulfato de potasio extrajeron mayor cantidad de K_2O ($kg\ ha^{-1}$) respecto a las otras fuentes potásicas.
- Se encontró relación directa y significativa entre la dosis de fertilización potásica y la extracción total de K_2O ($kg\ ha^{-1}$) tanto en el follaje como en los tubérculos. Sin embargo, estas diferencias no se tradujeron en el rendimiento total, comercial ni en el contenido de materia seca de los tubérculos.

VI. RECOMENDACIONES

- Realizar experimentos en otras localidades con suelos con baja o muy baja disponibilidad de potasio para estimar diferencias reales entre las fuentes potásicas y para determinar la dosis óptima de potasa para el cultivo de papa.
- Realizar experimentos similares con otras variedades, sobre todo con aquellas de largo periodo vegetativo o mayor potencial productivo.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLISON, F. 2001. Responses of potato to potassium fertilizer. *Journal of Agricultural Science*. Cambridge University Press. Inglaterra. pp. 407-426.

ALONSO, F. 1996. Fisiología y Manejo de Tubérculos. *Rede papa. Mundi – Prensa*. España. pp. 272.

ASATO, J. C. 2005. Evaluación de fertilización edáfica en diferentes fuentes y niveles de potasio en suelos aluviales. Tesis Ing. Agr. UNALM-Lima, Perú. pp. 14-15.

BAEYENS, J. 1990. *Tratados de Fitotécnia General*. Mundi-Prensa Madrid, España. pp. 543-556.

BERTIC, B.; VUKADINOVIC, V.; KETES, I. and KOCE, S. 1986. A study on the growth rate of wheat depending on the quantity of absorbed nitrogen, phosphorus and potassium. *Poljoprivredne-aktualnosti*. Yugoslavia. 27: 563-569.

BEUKEMA, D.; VANDER ZAAG, V. 1990. *Introduction to Potato Production*. Wageningen, Holland. pp 208.

BOOTH, R. and SHAW, L. 1989. *Principios de almacenamiento de papa*. Editorial Hemisferio Sur. Centro Internacional de la Papa (CIP). Montevideo, Uruguay. pp.116.

BURTON, W. 1986. *The Potato. A survey of its history and of factors influencing its yield, nutritive value, quality and storage*. Wageningen, Holland. pp. 20.

CAMPOS, B. 2014. Efectos de la adición de los abonos orgánicos y la fertilización química en la papa cultivar Huayro, tesis Ing. Agr. UNALM-Lima, Perú. pp. 14-16.

CENTRO INTERNACIONAL DE LA PAPA (CIP). 2002. Informe Técnico Anual 2001-2002 del Proyecto FONTAGRO. Selección y Utilización de Variedades de Papa con Resistencia a Enfermedades para el Procesamiento Industrial de América Latina. Centro Internacional de la Papa – CIP. Lima, Perú. pp. 84.

CENTRO INTERNACIONAL DE LA PAPA (CIP) 1998. Informe técnico anual 1.997-1.998 del proyecto PROMESPA para el Mejoramiento y Semilla de Papa. Centro Internacional de la Papa-CIP. Lima, Perú. pp. 54.

DAHNIKE, W. and NELSON, D. 1996. Soils and fertilizers In Potato production in North Dakota. North Dakota State University, Extension Bulletin 26. pp. 14.

DE GEUS, J. 1989. Root crops. Fertilizers guides for tropical and subtropical farming. Zürich. pp. 163-180.

EAGLE, J.; BIRCH, E. and ARCHER, P. 1987. Release of non-exchangeable potassium for certain soils. In Soil Potassium and magnesium. Ministry of Agriculture, Fisheries and Food, Technical Bulletin Number 14, pp. 147-159. London.

FOOD and AGRICULTURE ORGANIZATION (FAO) 2014. Anuario Estadístico 2014 de la Alimentación y Agricultura en América Latina y el Caribe. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la agricultura - FAO. Santiago, Chile. 178 pp.

FOOD and AGRICULTURE ORGANIZATION (FAO) 2002. Fertilizer use by crop. Rapport conjoint FAO, Association internationale de l'industrie des engrais (IFA), Centre international de développement des engrais (IFDC), Institute international de la potash (IIP), PPI. 5e edition. 45 pp.

FONTES, R. 1998. Critical K concentration in potato petioles associated with maximum tuber yields. USA. pp. 21.

GARDNER, W. 1993. La dinámica del potasio en el suelo. Boletín verde. Hannover, Alemania. pp. 22-25.

GEORG, E. 2009. Potassium is important in many physiological processes that contribute to tuber quality, and countering stresses. *Plant Physiol.* 121: 317-323.

GUTIERREZ, J. y ESPINOZA, M. 2007. ÚNICA: Variedad Peruana para mercado fresco y papa frita con tolerancia y Resistencia para condiciones climáticas adversas. *Revista Latinoamericana de la Papa.* 14(1): 41-51.

GOMEZ, R. y WONG, D. 2002. Procesado de papas. Un mercado potencial. Centro de Investigación. Universidad del pacífico. pp. 68.

GUERRERO, A. 1990. El suelo, los abonos y la fertilización de los cultivos. Mundi-Prensa. Madrid, España. pp. 123-134.

GREENWOOD, D. 1980. Uso de fertilizantes potásicos en liliácea, revista centro agrícola, Cataluña-Madrid España. pp. 12-14.

GRUNER, G. 1983. Fertilización de la papa. Informes sobre fertilización. Boletín verde. Hannover, Alemania. pp. 22-25.

GRUNER, G. y DE GEUS, T. 1982. La fertilización de la papa. Actualidades de la Ingeniería Agronómica, Universidad de la Habana. 4 (7): 28.

HANWAY, F. and JOHNSON, J. 1985. Potassium nutrition of soybean. Munson (ed.) Potassium in agriculture. USA, Madison. pp. 753-764.

HARDTER, R. 1999. Crop nutrition and plant health of rice based cropping systems in Asia. 20 (4): 29-39.

INSTITUTO DE LA POTASA Y EL FÓSFORO (INPOFOS) 1997. Manual internacional de fertilidad de suelos. EE.UU. pp 14-20.

INSTITUTO NACIONAL DE CIENCIAS AGRICOLAS (INCA) 1987. Informe de los resultados del Taller sobre: La fertilización en el cultivo de la papa. Habana, Cuba. pp. 5.

JACOB, A. 1989. Uso de fertilizantes potásicos en el cafeto, Revista Centro Agrícola, Cuba. 18: 61-74.

JAMES, W. 2004. Factors affecting crop uptake in cropping systems. Soil Sci. Soc. Am. 57: 15-30.

KOCH, K.; MENGEL, K. 1994. The influence of the level of potassium supply to young tobacco plants on short-term uptake and utilisation of nitrate nitrogen. 25: 465-471.

KUPERS, L. 1985. Fertilization and crop rotation of potatoes a theory and recommendation. International Potato Course. Holanda. pp. 17.

KUPERS, R. 1982. Dry matter production of potatoes and the uptake of nutrients at different stages of growth. International course of potato production. Wageningen. International Agricultural Center. pp. 7.

LABOSKI, C. and KELLING, K. 2007. Influence of fertilizer management and soil fertility on tuber specific gravity: A review. 84(4): 28-32.

LACAILLE, R. 1986. Potassium and potassic manuring. Agri Digest. 8 (12): 1- 43.

MALAVOLTA, E. 1982. Manual de Nutrición Mineral de Plantas. Brasil. vol.3 pp. 569.

MARTÍNEZ, C. y HUAMÁN, A. 1993. Expresiones Metabólicas de Resistencia a la Sequía en dos Clones de Papa sometidos a Estrés Hídrico. Tesis para optar el Grado de Magíster Scientiae. UNALM - Lima, Perú. pp. 34 -35.

MARSCHNER, H. 1995. Mineral nutrition of higher plants. Academic press. Londres, Inglaterra. 2:21- 40.

MC CLUNG, C. and LOTT, W. 1986. Mineral nutrient composition of peach leaves as affected by leaf age and position and the presence of a fruit crop. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 67:113-12.

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.

MENDOZA, H. y MOSQUERA, V. 2011. Selección de Variedades de Papa. Metodología para Evaluación de Material Genético Avanzado. Proyecto UNALM-INCAGRO-CIP. pp. 72-74.

MENGEL, K. and KIRBY, E. 1982. Potassium in crop production. *Adv. Agron.*33: 59-110.

MINISTERIO DE AGRICULTURA Y RIEGO (MINAGRI). 2014. Informe técnico anual 2013-2014. Principales Aspectos Agroeconómicos de la Cadena Productiva de la Papa. Ministerio de Agricultura y Riego – MINAGRI. Lima, Perú. 94 pp.

MOORBY, J. 1988. The physiology of growth and tuber yield. In. *The potato crop*. Chapman & Hall. London, England. pp. 153-194.

MOORBY, J. and MILTHORPE, F. 1993. Photosynthesis and respiration of developing soybean pods. *Plant Physiol.* 4: 713-721.

PALMA, J. 1984. Efecto de la fertilización potásica en el cultivo de papa bajo condiciones de sequía en campo e invernadero. Tesis, Ing. UNALM –Lima, Perú. pp. 12-16.

PANIQUE, E.; KELLING, K.; SCHULTE, E. and HERO, D. 1997. Potassium rate and source effects on potato yield, quality, and disease interaction. *Amer. J. Pot. Res.* 74(6): 379-398.

PÉREZ, J. 1987. Dos ensayos sobre el efecto de fósforo y potasio en el crecimiento y calidad de la papa var. Tomasa Condemayta. Tesis, Ing. UNALM. Lima, Perú. pp. 5-12.

- PITMAN, M. 1982. Uptake and Transport of ions in Barley Seedlings III. Correlation between transport to the shoot and relative growth. *Australia*. 25: 243-257.
- PRUMMEL, J. 1983. Abonado potásico y calidad de las patatas. *Revista de la Potasa. Cultivos escardados* 2(11): 1- 8.
- RAMOS, C. 1991. Características y selección de papas cultivables en el Perú para elaboración de hojuelas y tiras. Tesis Ing. UNALM. Lima, Perú. pp. 10-12.
- REDDY, E. 1986. Effect of different doses of P and K on the growth and tuber yield of potato varieties. *Indian J. Agric. Sc.* 56 (7): 497–502.
- RODRIGUEZ, S. 1990. La Fertilización de los cultivos, un método racional. Departamento de ciencias vegetales. Facultad de Agronomía. Pontifica Universidad Católica de Chile. pp. 23-27.
- SOTUYO, C. 1991. Fertilización potásica de la papa var. Desireé. *Revista centro agrícola, Cuba*. pp. 27.
- SIERRA, C.; SANTOS, J. y KALAZICH, J. 2002. Fertilización potásica de la papa en suelos Trumaos (Andisoles) de la zona Sur de Chile. pp. 35.
- SIFUENTES, F. 2012. Crecimiento, producción y calidad de papa para fritura var. ÚNICA. Tesis Ing. Agr. UNALM - Lima, Perú. pp. 9-12.
- SMITH, O. 1985. *Potato Processing. Third Edition. The Avi publishing company Inc. Connecticut-USA.*
- STRUIK, P. and WIERSEMA, G. 1991. *Seed Potato Technology. Cambridge University Press.* pp. 235-236.
- TALLBURT, W.; SMITH, O. 1985. *Potato processing. The avi publishing company. Westport. Connecticut. USA.* pp. 12-14.

- TISDALE, S. 1991. Fertilidad de los suelos y fertilizantes. Barcelona, España 760 pp.
- TRUJILLO, M. 2000. Efectos de fuentes y niveles de potasio en el rendimiento de papa Var. Atlantic en Constanza. Resúmenes Reunión Conjunta. SODIAF. Santo Domingo.
- VAN DER ZAAG, D. 1990. La papa y su cultivo en los países bajos. Publicado por el Instituto Consultivo Holandés. pp. 208.
- VÁSQUEZ, E. 2003. Influencia de los Factores Ambientales en la Predicción del Comportamiento de los Clones de Papa para la Costa del Perú. Universidad Nacional Agraria La Molina. Tesis. Ing. Agr. Lima, Perú. pp. 102.
- VENEGAS, C. 2001. Nutrición vegetal aplicada a la producción de papa para obtener altos rendimientos y buena calidad. Énfasis en potasio. II Seminario Internacional de la Papa, organizado por SQM. México. pp 14.
- VILLAGARCIA, S. 1990. Resultados de Ensayos de campo sobre Fertilización y Nutrición Mineral en el cultivo de Papa. UNALM- CIP. Lima, Perú.
- VOISIN, A. 1984. Leyes Científicas en la Aplicación de los Abonos .Universidad Técnica de las Filipinas. Madrid, España. pp. 54-59.
- WESTERMANN, D. 2002. Nitrogen and potassium fertilization of potatoes: Yield and specific gravity. American Potato Journal 71:417- 431.
- WOOLFE, J. 1987. The potato in the human diet. Cambridge university press. London, England. pp. 16.

VIII. ANEXOS

ANEXO 1: ANÁLISIS DE VARIANCIA DEL EFECTO DE FACTORES PRINCIPALES SOBRE LA ALTURA DE PLANTAS A LOS 127 DÍAS DESPUÉS DE LA SIEMBRA.

Fuentes de var.	GL	SC	CM	Fcal	P	Ftab	Sig
Bloque	3	67.45833333	22.48611111	0.77	0.5274	3.29	n.s.
Fuentes	2	20.33333333	10.16666667	0.35	0.7109	3.68	n.s.
Dosis	1	7.04166667	7.04166667	0.24	0.6300	4.54	n.s.
Fuentes*Dosis	2	34.33333333	17.16666667	0.59	0.5669	3.68	n.s.
Error	15	436.7916667	29.1194444				
Total	23	565.9583333					

Coefficiente de variabilidad: 9.89 %

Promedio: 54.54 cm

ANEXO 2: ANÁLISIS DE VARIANCIA DEL EFECTO DE TRATAMIENTOS SOBRE LA ALTURA DE PLANTAS A LOS 127 DÍAS DESPUÉS DE LA SIEMBRA.

Fuente de var.	GL	SC	CM	Fcal	P	Ftab	Sig
Tratamiento	7	64.96875000	9.28125000	0.34	0.9244	2.49	n.s.
Bloque	3	14.59375000	4.86458333	0.18	0.9088	3.07	n.s.
Error	21	567.6562500	27.0312500				
Total	31	647.2187500					

Coefficiente de Variabilidad: 9.51 %

Promedio: 54.65 cm.

ANEXO 3: ANÁLISIS DE VARIANCIA DEL EFECTO DE FACTORES PRINCIPALES SOBRE EL PORCENTAJE DE COBERTURA FOLIAR A LOS 127 DÍAS DESPUÉS DE LA SIEMBRA.

Fuente de var.	GL	SC	CM	Fca1	P	Ftab	Sig
Bloque	3	325.8333333	108.6111111	0.79	0.5180	3.29	n.s.
Fuentes	2	71.5833333	35.7916667	0.26	0.7742	3.68	n.s.
Dosis	1	4.1666667	4.1666667	0.03	0.8641	4.54	n.s.
Fuentes*Dosis	2	172.5833333	86.2916667	0.63	0.5472	3.68	n.s.
Error	15	2061.666667	137.444444				
Total	23	2635.833333					

Coefficiente de variabilidad: 13.64 %

Promedio: 85.92 %

ANEXO 4: ANÁLISIS DE VARIANCIA DEL EFECTO DE TRATAMIENTOS SOBRE EL PORCENTAJE DE COBERTURA FOLIAR A LOS 127 DÍAS DESPUÉS DE LA SIEMBRA.

Fuente de var.	GL	SC	CM	Fca1	P	Ftab	Sig
Bloque	3	493.5937500	164.5312500	1.46	0.2542	3.07	n.s.
Tratamiento	7	559.9687500	79.9955357	0.71	0.6645	2.49	n.s.
Error	21	2367.656250	112.745536				
Total	31	3421.218750					

Coefficiente de variabilidad: 12.11 %

Promedio: 87.65 %

ANEXO 5: ANÁLISIS DE VARIANCIA DEL EFECTO DE FACTORES PRINCIPALES SOBRE EL NÚMERO DE TALLOS A LOS 170 DÍAS DESPUÉS DE LA SIEMBRA.

Fuente de var.	GL	SC	CM	Fcal	P	Ftab	Sig
Bloque	3	1.26290000	0.42096667	0.77	0.5272	3.29	n.s.
Fuentes	2	0.25013333	0.12506667	0.23	0.7977	3.68	n.s.
Dosis	1	0.22426667	0.22426667	0.41	0.5309	4.54	n.s.
Fuentes*Dosis	2	0.37923333	0.18961667	0.35	0.7117	3.68	n.s.
Error	15	8.17420000	0.54494667				
Total	23	10.29073333					

Coeficiente de variabilidad: 17.73 %

Promedio: 4.16

ANEXO 6: ANÁLISIS DE VARIANCIA DEL EFECTO DE TRATAMIENTOS SOBRE EL NUMERO DE TALLOS A LOS 170 DÍAS DESPUÉS DE LA SIEMBRA.

Fuente de var.	GL	SC	CM	Fcal	P	Ftab	Sig
Bloque	3	0.82692500	0.27564167	0.65	0.5926	3.07	n.s.
Tratamiento	7	1.47445000	0.21063571	0.50	0.8271	2.49	n.s.
Error	21	8.92497500	0.42499881				
Total	31	11.22635000					

Coeficiente de variabilidad: 15.96 %

Promedio: 4.08

ANEXO 7: ANÁLISIS DE VARIANCIA DEL EFECTO DE FACTORES PRINCIPALES SOBRE EL NÚMERO DE ESTOLONES POR TALLO A LOS 70 DÍAS DESPUÉS DE LA SIEMBRA.

Fuente de var.	GL	SC	CM	Fcal	P	Ftab	Sig
Bloques	3	29.05344583	9.68448194	1.94	0.1660	3.29	n.s.
Fuentes	2	1.85640833	0.92820417	0.19	0.8319	3.68	n.s.
Dosis	1	0.40300417	0.40300417	0.08	0.7800	4.54	n.s.
Fuentes*Dosis	2	5.45415833	2.72707917	0.55	0.5897	3.68	n.s.
Error	15	74.7497792	4.9833186				
Total	23	111.5167958					

Coefficiente de variabilidad: 28.03 %

Promedio: 7.96

ANEXO 8: ANÁLISIS DE VARIANCIA DEL EFECTO DE TRATAMIENTOS SOBRE EL NÚMERO DE ESTOLONES POR TALLO A LOS 70 DÍAS DESPUÉS DE LA SIEMBRA.

Fuente de var.	GL	SC	CM	Fcal	P	Ftab	Sig
Bloque	3	12.04298438	4.01432813	0.76	0.5284	3.07	n.s.
Tratamiento	7	8.51914688	1.21702098	0.23	0.9731	2.49	n.s.
Error	21	110.7361406	5.2731496				
Total	31	131.2982719					

Coefficiente de variabilidad: 28.70 %

Promedio: 8.0 %

ANEXO 9: ANÁLISIS DE VARIANCIA DEL EFECTO DE FACTORES PRINCIPALES SOBRE EL NÚMERO DE TUBERCULOS POR TALLO A LOS 70 DÍAS DESPUÉS DE LA SIEMBRA.

Fuente de var.	GL	SC	CM	Fcal	P	Ftab	Sig
Bloques	3	0.88387917	0.29462639	0.98	0.4271	3.29	n.s.
Fuentes	2	0.07180833	0.03590417	0.12	0.8880	3.68	n.s.
Dosis	1	0.15843750	0.15843750	0.53	0.4784	4.54	n.s.
Fuentes*Dosis	2	0.11957500	0.05978750	0.20	0.8213	3.68	n.s.
Error	15	4.49619583	0.29974639				
Total	23	5.72989583					

Coeficiente de variabilidad: 18.64 %

Promedio: 2.94

ANEXO 10: ANÁLISIS DE VARIANCIA DEL EFECTO DE FACTORES PRINCIPALES SOBRE EL PESO FRESCO DE HOJAS POR TALLO A LOS 89 DÍAS DESPUÉS DE LA SIEMBRA.

Fuente de var.	GL	SC	CM	Fcal	P	Ftab	Sig
Bloques	3	13213.76795	4404.58932	2.28	0.1213	3.29	n.s.
Fuentes	2	1429.49081	714.74540	0.37	0.6971	3.68	n.s.
Dosis	1	4796.00554	4796.00554	2.48	0.1361	4.54	n.s.
Fuentes*Dosis	2	3944.18732	1972.09366	1.02	0.3843	3.68	n.s.
Error	15	28999.92338	1933.32823				
Total	23	52383.37500					

Coeficiente de variabilidad: 28.57 %

Promedio: 153.86

ANEXO 11: ANÁLISIS DE VARIANCA DEL EFECTO DE TRATAMIENTOS SOBRE EL PESO FRESCO DE HOJAS POR TALLO A LOS 89 DÍAS DESPUÉS DE LA SIEMBRA.

Fuente de var.	GL	SC	CM	Fcal	P	Ftab	Sig
Bloque	3	6401.42113	2133.80704	0.86	0.4750	3.07	n.s.
Tratamiento	7	11226.95642	1603.85092	0.65	0.7107	2.49	n.s.
Error	21	51836.96034	2468.42668				
Total	31	69465.33790					

Coeficiente de variabilidad: 32.96 %

Promedio: 150.7

ANEXO 12: ANÁLISIS DE VARIANCA DEL EFECTO DE FACTORES PRINCIPALES SOBRE EL PESO SECO DE HOJAS POR TALLO A LOS 89 DÍAS DESPUÉS DE LA SIEMBRA.

Fuente de var.	GL	SC	CM	Fcal	P	Ftab	Sig
Bloques	3	87.57071250	29.19023750	0.73	0.5508	3.29	n.s.
Fuentes	2	67.22630833	33.61315417	0.84	0.4515	3.68	n.s.
Dosis	1	21.75510417	21.75510417	0.54	0.4726	4.54	n.s.
Fuentes*Dosis	2	13.90300833	6.95150	0.17	0.8424	3.68	n.s.
Error	15	601.1260625	40.0750708				
Total	23	791.5811958					

Coeficiente de variabilidad: 28.85 %

Promedio: 21.93

ANEXO 13: ANÁLISIS DE VARIANCIA DEL EFECTO DE TRATAMIENTOS SOBRE EL PESO SECO DE HOJAS POR TALLO A LOS 89 DÍAS DESPUÉS DE LA SIEMBRA.

Fuente de var.	GL	SC	CM	Fcal	P	Ftab	Sig
Bloque	3	88.6813625	29.5604542	0.79	0.5139	3.07	n.s.
Tratamiento	7	145.6611375	20.8087339	0.55	0.7833	2.49	n.s.
Error	21	787.447188	37.497485				
Total	31	1021.789688					

Coeficiente de variabilidad: 28.26 %

Promedio: 21.66

ANEXO 14: ANÁLISIS DE VARIANCIA DEL EFECTO DE FACTORES PRINCIPALES SOBRE EL PESO FRESCO DE TUBERCULOS POR TALLO A LOS 170 DÍAS DESPUÉS DE LA SIEMBRA.

Fuente de var.	GL	SC	CM	Fcal	P	Ftab	Sig
Bloques	3	10788.93785	3596.31262	1.62	0.2273	3.29	n.s.
Fuentes	2	6540.58866	3270.29433	1.47	0.2611	3.68	n.s.
Dosis	1	24.94920	24.94920	0.01	0.9170	4.54	n.s.
Fuentes*Dosis	2	72.94051	36.47025	0.02	0.9838	3.68	n.s.
Error	15	33356.65368	2223.77691				
Total	23	50784.06990					

Coeficiente de variabilidad: 16.00 %

Promedio: 294.72

ANEXO 15: ANÁLISIS DE VARIANCIA DEL EFECTO DE TRATAMIENTOS SOBRE EL PESO FRESCO DE TUBERCULOS POR TALLO A LOS 170 DÍAS DESPUÉS DE LA SIEMBRA.

Fuente de var.	GL	SC	CM	Fcal	P	Ftab	Sig
Bloque	3	6150.658225	2050.219408	0.94	0.4396	3.07	n.s.
Tratamiento	7	9073.309950	1296.187136	0.59	0.7540	2.49	n.s.
Error	21	45864.22237	2184.01059				
Total	31	61088.19055					

Coeficiente de variabilidad: 15.60 %

Promedio: 299.46

ANEXO 16: ANÁLISIS DE VARIANCIA DEL EFECTO DE FACTORES PRINCIPALES SOBRE EL PESO SECO DE TUBERCULOS POR TALLO A LOS 170 DÍAS DESPUÉS DE LA SIEMBRA.

Fuente de var.	GL	SC	CM	Fcal	P	Ftab	Sig
Bloques	3	858.8716458	286.2905486	2.90	0.0693	3.29	n.s.
Fuentes	2	142.8051083	71.4025542	0.72	0.5008	3.68	n.s.
Dosis	1	0.0247042	0.0247042	0.00	0.9876	4.54	n.s.
Fuentes*Dosis	2	58.2475083	29.1237542	0.30	0.7484	3.68	n.s.
Error	15	1478.588429	98.572562				
Total	23	2538.537396					

Coeficiente de variabilidad: 14.91 %

Promedio: 66.59

ANEXO 17: ANÁLISIS DE VARIANCA DEL EFECTO DE TRATAMIENTOS SOBRE EL PESO SECO DE TUBERCULOS POR TALLO A LOS 170 DÍAS DESPUÉS DE LA SIEMBRA.

Fuente de var.	GL	SC	CM	Fcal	P	Ftab	Sig
Bloque	3	650.8232125	216.9410708	1.91	0.1589	3.07	n.s.
Tratamiento	7	531.2349375	75.8907054	0.67	0.6964	2.49	n.s.
Error	21	2385.105738	113.576464				
Total	31	3567.163887					

Coeficiente de variabilidad: 15.57 %

Promedio: 68.44

ANEXO 18: ANÁLISIS DE VARIANCA DEL EFECTO DE FACTORES PRINCIPALES SOBRE EL RENDIMIENTO TOTAL (kg planta⁻¹) A LOS 170 DÍAS DESPUÉS DE LA SIEMBRA.

Fuente de var.	GL	SC	CM	Fcal	P	Ftab	Sig
Bloques	3	0.10273333	0.03424444	0.48	0.7025	3.29	n.s.
Fuentes	2	0.04840833	0.02420417	0.34	0.7187	3.68	n.s.
Dosis	1	0.02940000	0.02940000	0.41	0.5315	4.54	n.s.
Fuentes*Dosis	2	0.04517500	0.02258750	0.32	0.7344	3.68	n.s.
Error	15	1.07501667	0.07166778				
Total	23	1.30073333					

Coeficiente de variabilidad: 21.97 %

Promedio: 1.21

ANEXO 19: ANÁLISIS DE VARIANCIA DEL EFECTO DE TRATAMIENTOS SOBRE EL RENDIMIENTO TOTAL (kg planta⁻¹) A LOS 170 DÍAS DESPUÉS DE LA SIEMBRA.

Fuente de var.	GL	SC	CM	Fcal	P	Ftab	Sig
Bloque	3	0.04330937	0.01443646	0.25	0.8601	3.07	n.s.
Tratamiento	7	0.13477187	0.01925312	0.33	0.9293	2.49	n.s.
Error	21	1.21031562	0.05763408				
Total	31	1.38839687					

Coefficiente de variabilidad: 19.76 %

Promedio: 1.21

ANEXO 20: ANÁLISIS DE VARIANCIA DEL EFECTO DE FACTORES PRINCIPALES SOBRE EL RENDIMIENTO COMERCIAL (kg planta⁻¹) A LOS 170 DÍAS DESPUÉS DE LA SIEMBRA.

Fuente de var.	GL	SC	CM	Fcal	P	Ftab	Sig
Bloques	3	0.05728333	0.01909444	0.42	0.7411	3.29	n.s.
Fuentes	2	0.02732500	0.01366250	0.30	0.7446	3.68	n.s.
Dosis	1	0.00166667	0.00166667	0.04	0.8507	4.54	n.s.
Fuentes*Dosis	2	0.0060	0.00300417	0.07	0.9363	3.68	n.s.
Error	15	0.68136667	0.04542444				
Total	23	0.77365000					

Coefficiente de variabilidad: 19.96 %

Promedio: 1.06

ANEXO 21: ANÁLISIS DE VARIANCIA DEL EFECTO DE TRATAMIENTOS SOBRE EL RENDIMIENTO COMERCIAL (kg planta⁻¹) A LOS 170 DÍAS DESPUÉS DE LA SIEMBRA.

Fuente de var.	GL	SC	CM	Fcal	P	Ftab	Sig
Bloque	3	0.03450937	0.01150312	0.33	0.8008	3.07	n.s.
Tratamiento	7	0.03637187	0.00519598	0.15	0.9921	2.49	n.s.
Error	21	0.72301562	0.03442932				
Total	31	0.79389687					

Coeficiente de variabilidad: 17.33 %

Promedio: 1.07

ANEXO 22: ANÁLISIS DE VARIANCIA DEL EFECTO DE FACTORES PRINCIPALES SOBRE EL NÚMERO DE TUBÉRCULOS POR PLANTA A LOS 170 DÍAS DESPUÉS DE LA SIEMBRA.

Fuente de var.	GL	SC	CM	Fcal	P	Ftab	Sig
Bloques	3	10.21384583	3.40461528	0.56	0.6479	3.29	n.s.
Fuentes	2	1.13955833	0.56977917	0.09	0.9107	3.68	n.s.
Dosis	1	0.05703750	0.05703750	0.01	0.9239	4.54	n.s.
Fuentes*Dosis	2	14.24042500	7.12021250	1.18	0.3352	3.68	n.s.
Error	15	90.7787292	6.0519153				
Total	23	116.4295958					

Coeficiente de variabilidad: 20.36 %

Promedio: 12.07

ANEXO 23: ANÁLISIS DE VARIANCIA DEL EFECTO DE FACTORES PRINCIPALES SOBRE EL PORCENTAJE DE MATERIA SECA DE LOS TUBÉRCULOS A LOS 170 DÍAS DESPUÉS DE LA SIEMBRA

Fuente de var.	GL	SC	CM	Fcal	P	Ftab	Sig
Bloques	3	7.53254583	2.51084861	0.84	0.4949	3.29	n.s.
Fuentes	2	6.78960833	3.39480417	1.13	0.3490	3.68	n.s.
Dosis	1	0.09250417	0.09250417	0.03	0.8630	4.54	n.s.
Fuentes*Dosis	2	3.58225833	1.79112917	0.60	0.5634	3.68	n.s.
Error	15	45.05737917	3.00382528				
Total	23	63.05429583					

Coeficiente de variabilidad: 7.64 %

Promedio: 22.66

ANEXO 24: ANÁLISIS DE VARIANCIA DEL EFECTO DE TRATAMIENTOS SOBRE EL PORCENTAJE DE MATERIA SECA DE LOS TUBÉRCULOS A LOS 170 DÍAS DESPUÉS DE LA SIEMBRA.

Fuente de var.	GL	SC	CM	Fcal	P	Ftab	Sig
Bloque	3	9.22940938	3.07646979	1.23	0.3253	3.07	n.s.
Tratamiento	7	19.11474688	2.73067813	1.09	0.4059	2.49	n.s.
Error	21	52.73071562	2.51098646				
Total	31	81.07487188					

Coeficiente de variabilidad: 6.92 %

Promedio: 22.88

ANEXO 25: ANÁLISIS DE VARIANCIA DEL EFECTO DE FACTORES PRINCIPALES SOBRE EL PARÁMETRO EXTRACCIÓN DE POTASIO POR LA PARTE AÉREA DE LA PLANTA A LOS 150 DÍAS DESPUÉS DE LA SIEMBRA.

Fuente de var.	GL	SC	CM	Fca1	P	Ftab	Sig
Bloques	3	463.335113	154.445038	0.2815	0.8379	3.29	n.s.
Fuentes	2	367.848608	183.924304	0.3352	0.7204	3.68	n.s.
Dosis	1	1.586204	1.586204	0.0003	0.9578	4.54	n.s.
Fuentes*Dosis	2	3541.612858	1770.806429	3.2281	0.0682	3.68	n.s.
Error	15	8228.54081	548.56939				
Total	23	12602.92360					

Coefficiente de variabilidad: 62.56 %

Promedio: 37.43

ANEXO 26: ANÁLISIS DE VARIANCIA DEL EFECTO DE FACTORES PRINCIPALES SOBRE EL PARÁMETRO EXTRACCIÓN DE POTASIO EN TUBÉRCULO A LOS 150 DÍAS DESPUÉS DE LA SIEMBRA.

Fuente de var.	GL	SC	CM	Fca1	P	Ftab	Sig
Bloques	3	8326.60752	2775.53584	1.43	0.2724	3.29	n.s.
Fuentes	2	17093.17056	8546.58528	4.41	0.0311	3.68	*
Dosis	1	17984.28002	17984.28002	9.29	0.0081	4.54	**
Fuentes*Dosis	2	12642.16761	6321.08380	3.26	0.0666	3.68	n.s.
Error	15	29048.87568	1936.59171				
Total	23	85095.10138					

Coefficiente de variabilidad: 62.56 %

Promedio: 37.43

❖ Tukey Agrupamiento	Media	N	Fuentes
A	211.57	8	sulfato
A			
B A	200.17	8	cloruro
B			
B	150.13	8	sulpomag
B			
❖ Tukey Agrupamiento	Media	N	Dosis
A	214.66	12	100 Kg/ha de K ₂ O
B	159.92	12	200 kg/ha de K ₂ O

ANEXO 27: ANÁLISIS DE VARIANCIA DEL EFECTO DE FACTORES PRINCIPALES SOBRE EL PARÁMETRO EXTRACCIÓN DE POTASIO TOTAL A LOS 150 DÍAS DESPUÉS DE LA SIEMBRA.

Fuente de var.	GL	SC	CM	Fcal	P	Ftab	Sig
Bloques	3	11894.24217	3964.74739	0.98	0.4297	3.29	n.s.
Fuentes	2	22456.06253	11228.03127	2.77	0.0949	3.68	n.s.
Dosis	1	17650.78082	17650.78082	4.35	0.0545	4.54	n.s.
Fuentes*Dosis	2	12704.41653	6352.20827	1.57	0.2413	3.68	n.s.
Error	15	60871.4247	4058.0950				
Total	23	125576.9267					

Coefficiente de variabilidad: 28.34 %

Promedio: 224.72

ANEXO 28: NÚMERO DE TUBÉRCULOS POR PLANTA POR CATEGORIA

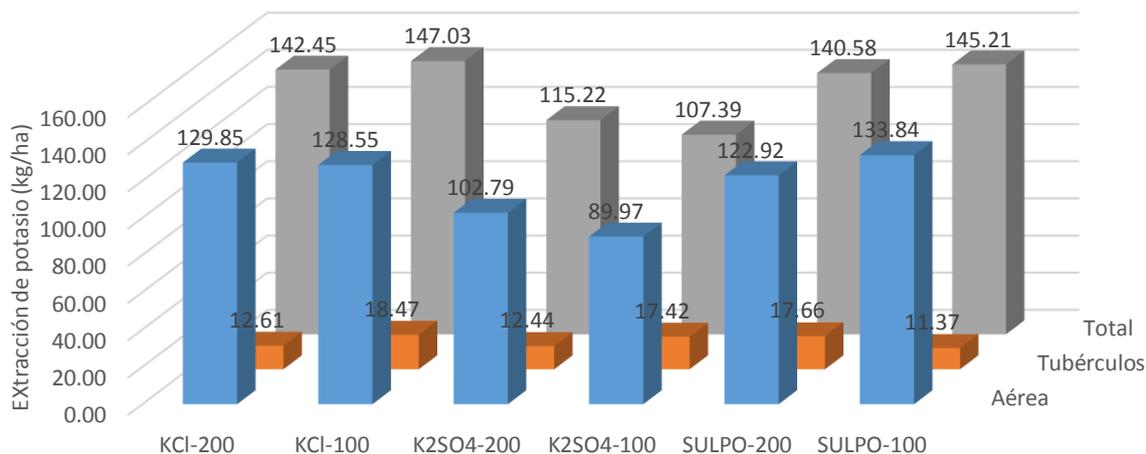
fuentes	Rep.	Extra	1ra	2da	3ra	descarte	Suma
Cloruro (100 kg de K₂O/ha)	I	1.68	3.18	3.59	2.55	1.91	12.91
	II	0.84	4.81	3.09	1.03	0.44	10.22
	III	1.23	5.13	3.20	1.03	0.33	10.93
	IV	0.00	3.63	5.54	2.75	2.08	14.00
	prom.	0.94	4.19	3.86	1.84	1.19	48.06
Cloruro (200 kg de K₂O/ha)	I	1.42	2.84	5.00	5.42	1.21	15.89
	II	1.03	0.37	6.00	2.23	1.97	11.60
	III	0.77	3.29	4.03	2.03	1.19	11.32
	IV	0.71	2.71	3.25	3.36	1.04	11.07
	prom.	0.99	2.30	4.57	3.26	1.35	49.89
Sulfato (100 kg de K₂O/ha)	I	0.72	4.91	5.25	2.88	1.56	15.31
	II	0.27	3.78	4.59	1.68	1.70	12.03
	III	0.49	2.17	5.20	2.11	0.94	10.91
	IV	1.13	7.00	4.74	1.19	0.45	14.52
	prom.	0.65	4.47	4.95	1.96	1.16	52.77
Sulfato (200 kg de K₂O/ha)	I	1.37	3.63	4.43	1.66	0.66	11.74
	II	0.68	2.94	5.24	1.09	0.79	10.74
	III	1.58	3.35	4.32	2.97	1.58	13.81
	IV	0.43	4.46	2.60	0.00	1.23	8.71
	prom.	1.01	3.60	4.15	1.43	1.07	45.00
Sulpomag (100 kg de K₂O/ha)	I	0.56	2.68	3.91	1.91	0.88	9.94
	II	1.84	5.00	2.94	1.32	1.94	13.03
	III	0.77	4.18	2.95	2.10	1.08	11.08
	IV	0.90	2.67	2.17	2.77	0.97	9.47
	prom.	1.02	3.63	2.99	2.03	1.22	43.52
Sulpomag (200 kg de K₂O/ha)	I	1.53	3.66	2.16	2.29	1.00	10.63
	II	0.79	3.26	4.41	1.24	0.91	10.62
	III	1.20	3.68	4.12	7.88	1.40	18.28
	IV	0.66	4.00	4.29	1.31	0.86	11.11
	prom.	1.04	3.65	3.74	3.18	1.04	50.64
80-200-200	I	0.96	6.07	3.74	0.78	0.59	12.15
	II	0.92	2.00	4.97	2.24	0.76	10.89
	III	1.22	4.73	2.19	0.89	1.57	10.59
	IV	0.92	5.96	4.17	0.00	2.50	13.54
	prom.	1.00	4.69	3.77	0.98	1.36	47.18
160-200-0	I	0.68	3.68	4.14	1.93	0.93	11.36
	II	1.20	2.43	4.09	6.29	1.23	15.23
	III	0.62	3.05	5.13	1.79	0.87	11.46
	IV	0.96	3.35	4.19	1.54	0.96	11.00
	prom.	0.86	3.13	4.39	2.89	1.00	49.05
Total		30.08	118.60	129.64	70.25	37.53	386.11

ANEXO 29: PESO DE TUBÉRCULOS (g.planta⁻¹) POR CATEGORIA

fuentes	Rep.	Extra	1ra	2da	3ra	descarte	Suma
Cloruro (100 kg de K₂O/ha)	I	490.00	462.73	322.73	132.73	43.64	1451.82
	II	230.00	611.88	187.50	33.13	9.38	1071.88
	III	278.67	640.00	221.33	40.00	8.67	1188.67
	IV	0.00	500.83	411.67	120.00	79.17	1111.67
	prom.	249.67	553.86	285.81	81.46	35.21	4824.03
Cloruro (200 kg de K₂O/ha)	I	397.89	472.63	524.21	321.05	34.74	1750.53
	II	273.33	527.33	471.33	99.33	57.33	1428.67
	III	207.10	443.23	292.90	73.55	16.77	1033.55
	IV	200.71	419.29	320.71	184.29	32.14	1157.14
	prom.	269.76	465.62	402.29	169.56	35.25	5369.88
Sulfato (100 kg de K₂O/ha)	I	198.13	686.88	373.75	120.00	42.50	1421.25
	II	60.00	433.51	277.30	65.95	45.41	882.16
	III	139.43	341.14	444.00	92.00	38.86	1055.43
	IV	287.74	821.94	234.19	40.00	18.06	1401.94
	prom.	171.32	570.87	332.31	79.49	36.21	4760.78
Sulfato (200 kg de K₂O/ha)	I	351.43	486.86	341.14	72.00	22.29	1273.71
	II	164.71	374.12	358.24	42.35	25.88	965.29
	III	371.61	462.58	397.42	149.03	43.23	1423.87
	IV	133.71	609.14	126.86	0.00	15.43	885.14
	prom.	255.37	483.17	305.91	65.85	26.71	4548.02
Sulpomag (100 kg de K₂O/ha)	I	154.71	411.18	336.47	88.24	20.00	1010.59
	II	432.90	656.13	217.42	55.48	50.32	1412.26
	III	245.13	483.59	202.05	91.28	33.85	1055.90
	IV	251.33	436.67	234.00	182.67	33.33	1138.00
	prom.	271.02	496.89	247.49	104.42	34.38	4616.74
Sulpomag (200 kg de K₂O/ha)	I	318.42	389.47	154.74	94.74	20.00	977.37
	II	223.53	457.06	358.24	57.65	27.65	1124.12
	III	296.80	521.60	394.40	452.80	36.80	1702.40
	IV	188.00	541.14	348.00	196.00	45.14	1318.29
	prom.	256.69	477.32	313.84	200.30	32.40	5122.17
80-200-200	I	205.93	689.63	209.63	24.44	16.30	1145.93
	II	284.74	311.58	424.21	103.16	31.58	1155.26
	III	268.65	569.19	305.95	33.51	33.51	1210.81
	IV	229.17	631.67	220.00	0.00	65.83	1146.67
	prom.	247.12	550.52	289.95	40.28	36.81	4658.67
160-200-0	I	180.71	486.43	315.00	88.57	21.43	1092.14
	II	325.71	377.14	404.57	324.00	27.43	1458.86
	III	231.79	411.79	445.13	83.08	26.15	1197.95
	IV	246.15	497.69	358.46	70.00	37.69	1210.00
	prom.	246.09	443.26	380.79	141.41	28.18	4958.95
Total		7868.14	16166.04	10233.54	3531.02	1060.50	38859.24

ANEXO 30: EXTRACCION DE POTASIO A LOS 70 Y 89 DÍAS DESPUES DE LA SIEMBRA.

Efecto de fuentes y dosis de potasio sobre la extracción de potasio por la parte aérea, tubérculos y total a los 70 dds



Efecto de fuentes y dosis de potasio sobre la extracción de potasio por la parte aérea, tubérculos y total a los 89 dds

