

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA

FACULTAD DE AGRONOMÍA



“RITMO DE CRECIMIENTO Y TUBERIZACIÓN DE DOS
VARIEDADES PRECOCES DE PAPA (*Solanum tuberosum* L.) EN
CONDICIONES DE COSTA CENTRAL”

Presentado por:

KLAUSS FRANZ VEGA COBOS

Tesis para optar el Título de:

INGENIERO AGRÓNOMO

Lima - Perú

2018

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

“RITMO DE CRECIMIENTO Y TUBERIZACIÓN DE DOS VARIEDADES
PRECOCES DE PAPA (*Solanum tuberosum* L.) EN CONDICIONES DE COSTA
CENTRAL”

Presentado por:

KLAUSS FRANZ VEGA COBOS

Tesis para optar el Título de:

INGENIERO AGRÓNOMO

Sustentada y Aprobada ante el siguiente jurado:

Ing. Guillermo Aguirre Yato
PRESIDENTE

Ing. Mg.Sc. Rolando Egúsquiza Bayona
PATROCINADOR

Ing. Mg.Sc. Cecilia Figueroa Serrudo
MIEMBRO

Ing. Mg.Sc. Gilberto Rodríguez Soto
MIEMBRO

Lima - Perú

2018

DEDICATORIA

A mi madre Leonor y mi abuela Florencia.

AGRADECIMIENTO

Primero agradecer a Dios por bendecirme para llegar hasta donde he llegado, porque hiciste realidad este sueño anhelado.

A la Universidad Nacional Agraria La Molina por darme la oportunidad de estudiar y ser un profesional.

A mi asesor de tesis, Ing. Mg.Sc. Rolando Egúsquiza Bayona por su esfuerzo y dedicación, quien con sus conocimientos, experiencia y paciencia ha logrado en mí que pueda terminar mis estudios con éxito.

De igual manera agradecer a mi madre por su apoyo en muchos aspectos cotidianos de la vida, por su rectitud y consejos que ayudan a formarte como persona.

También agradecer a mis amistades que me brindaron su apoyo de manera desinteresada a quienes quisiera mencionar: Jorge Bernardo Tahua, Fredy Sánchez Espínola, Ricardo Herrera Cárdenas, Jaime Arimana Roca y Erick Cano Ramírez, a todos ellos les doy las gracias por su valiosa amistad.

ÍNDICE GENERAL

I.	INTRODUCCIÓN	1
II.	REVISIÓN DE LITERATURA	3
2.1	CRECIMIENTO DE LA PLANTA DE PAPA	3
2.1.1	FACTORES QUE AFECTAN EL CRECIMIENTO DE LAS PLANTAS DE PAPA	3
2.1.2	DISTANCIAMIENTO DE SIEMBRA	3
2.1.3	FERTILIZACIÓN	5
a.	Rol del nitrógeno en el cultivo de papa	5
b.	Rol del fósforo en el cultivo de papa	6
c.	Rol del potasio en el cultivo de papa	7
2.2	TUBERIZACIÓN	7
a.	Inicio de la tuberización	9
b.	Desarrollo del tubérculo	10
c.	Ritmo de tuberización	12
III.	MATERIALES Y MÉTODOS	13
3.1	FACTORES EN ESTUDIO	13
a.	Factor variedad	13
b.	Características del material vegetal	14
c.	Factor distanciamiento	14
d.	Factor dosis de fertilización	14
3.2	LOCALIDAD EXPERIMENTAL	15
3.3	CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DEL SUELO	15
3.4	CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS	15
3.5	DISPOSICIÓN EXPERIMENTAL	16
3.6	CONDUCCIÓN DEL CAMPO EXPERIMENTAL	17
3.7	EVALUACIONES REALIZADAS	17
3.7.1	EVALUACIONES DURANTE EL CRECIMIENTO Y DESARROLLO	17
3.7.2	EVALUACIONES REALIZADAS EN COSECHA	18
3.7.3	EVALUACIONES EN POST COSECHA	19
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	20
4.1	PORCENTAJE DE EMERGENCIA	20

4.2	ALTURA O PORTE DE PLANTAS	20
4.3	PORCENTAJE DE COBERTURA FOLIAR	24
4.4	ÍNDICE DE ÁREA FOLIAR (IAF)	26
4.5	NÚMERO DE TALLOS	28
4.6	ESTOLONES POR TALLO	30
4.7	TUBÉRCULOS POR TALLO	31
4.8	PESO FRESCO DE HOJAS, TALLOS Y TUBÉRCULOS	33
4.8.1	PESO FRESCO DE HOJAS	33
4.8.2	PESO FRESCO DE TALLOS	36
4.8.3	RITMO DE TUBERIZACIÓN (PESO FRESCO DE TUBÉRCULOS)	38
4.9	RENDIMIENTO	41
4.9.1	RENDIMIENTO TOTAL	41
4.9.2	RENDIMIENTO COMERCIAL	42
4.9.3	NÚMERO DE TUBÉRCULOS	43
4.10	PORCENTAJE DE MATERIA SECA	44
V.	CONCLUSIONES	46
VI.	RECOMENDACIONES	47
VII.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	48
VIII.	ANEXOS	54

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Factores y niveles del estudio.	13
Cuadro 2. Características del campo experimental.	16
Cuadro 3. Distribución aleatorizada de los tratamientos en el campo experimental	16
Cuadro 4. Combinación de los factores principales.	16
Cuadro 5. Características comerciales de los tubérculos.	19
Cuadro 6. Promedio, incremento (cm.día^{-1}) y porcentaje respecto a la altura máxima de plantas en cinco fechas de evaluación.	21
Cuadro 7. Altura promedio de plantas (cm) por efecto de los factores principales a los 70 días después de la siembra.	22
Cuadro 8. Promedio y variación del máximo porcentaje de cobertura foliar en 11 fechas.	24
Cuadro 9. Porcentaje promedio de cobertura foliar por efecto de los factores principales a los 62 días después de la siembra.	25
Cuadro 10. IAF promedio por efecto de los factores principales a los 70 días después de la siembra.	27
Cuadro 11. Número de tallos.planta ⁻¹ en seis fechas de evaluación.	28
Cuadro 12. Número promedio de tallos.planta ⁻¹ por efecto de los factores principales a los 70 días después de la siembra.	29
Cuadro 13. Número promedio de estolones.tallo ⁻¹ por efecto de los factores principales a los 57 días después de la siembra.	30
Cuadro 14. Número de tubérculos.tallo ⁻¹ en seis fechas de evaluación.	31
Cuadro 15. Número de tubérculos.tallo ⁻¹ promedio por efecto de los factores principales a los 57 días después de la siembra.	32
Cuadro 16. Promedio del peso fresco de hojas (g.tallo^{-1}), variación (gr/tallo/día) y porcentaje respecto al peso fresco máximo en cinco fechas.	34
Cuadro 17. Peso fresco promedio de hojas por tallo (g.tallo^{-1}) por efecto de los factores principales a los 70 días después de la siembra.	35
Cuadro 18. Promedio del peso fresco de tallos (g.tallo^{-1}), variación (gr/tallo/día) y porcentaje respecto al peso fresco máximo en cinco fechas.	37
Cuadro 19. Peso fresco por tallo (g.tallo^{-1}) por efecto de los factores principales a los 70 días después de la siembra.	37

Cuadro 20. Promedio del peso fresco de tubérculos (g.tallo ⁻¹), variación (gr/tallo/día) y porcentaje respecto al peso fresco máximo en cinco fechas.	38
Cuadro 21. Peso fresco de tubérculos (g.tallo ⁻¹) por efecto de los factores principales a los 104 días después de la siembra.	39
Cuadro 22. Rendimiento total (t.ha ⁻¹) promedio por efecto de los factores principales a los 115 días después de la siembra.	41
Cuadro 23. Rendimiento comercial (t.ha ⁻¹) por efecto de los factores principales a los 115 días después de la siembra.	43
Cuadro 24. Número promedio de tubérculos por metro cuadrado por efecto de los factores principales a los 115 días después de la siembra.	43
Cuadro 25. Promedio, incremento (% día) y porcentaje respecto al máximo porcentaje de materia seca en seis fechas.	44
Cuadro 26. Porcentaje de materia seca por efecto de los factores principales a los 115 días después de la siembra.	45

ÍNDICE DE FIGURAS

Gráfico 1. Variación de la altura de planta por efecto de dos distanciamientos de siembra.	23
Gráfico 2. Variación de la altura de planta de las variedades Única y Amarilis.	23
Gráfico 3. Variación de la cobertura foliar de las variedades Única y Amarilis.	26
Gráfico 4. Número de tallos.planta ⁻¹ por efecto de dos distanciamientos.	29
Gráfico 5. Variación del número de tubérculos.tallo ⁻¹ por efecto de dos distanciamientos.	32
Gráfico 6. Variación del número de tubérculos.tallo ⁻¹ por efecto de la variedad Única y Amarilis.	33
Gráfico 7. Variación del peso de hoja.tallo ⁻¹ por efecto de dos distanciamientos.	35
Gráfico 8. Variación del peso de tubérculos.tallo ⁻¹ por efecto de dos distanciamientos.	40
Gráfico 9. Variación del peso de tubérculos.tallo ⁻¹ de las variedades Única y Amarilis.	40

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Resultados del análisis físico-químico del suelo experimental.	54
Anexo 2. Características de la temperatura y humedad relativa durante la fase experimental.	55
Anexo 3. Registro de temperatura y humedad (Continuación).	56
Anexo 4. Cuadrados medios de los análisis de variancia de la altura planta, cobertura foliar, índice de área foliar y número de tallos.	57
Anexo 5. Cuadrados medios de los análisis de variancia del número de estolones, tubérculo por tallo, peso fresco de hoja y tallo.	58
Anexo 6. Cuadrados medios de los análisis de variancia del peso fresco de tubérculo, rendimiento total y comercial, número de tubérculos y porcentaje de materia seca.	59

RESUMEN

El presente trabajo de investigación se orientó a registrar el ritmo de crecimiento y tuberización de las variedades precoces Única y Amarilis en condiciones de campo con dos niveles de fertilización NPK y dos distanciamientos de siembra.

Las evaluaciones realizadas durante el crecimiento vegetativo fueron cinco determinaciones quincenales de la altura o porte de plantas; seis determinaciones quincenales de la cobertura foliar. En tres muestreos de plantas se determinó el índice de área foliar, número de estolones por tallo, número de tubérculos por tallo, peso fresco y seco de hojas, tallo y tubérculos. En la cosecha se registró el rendimiento total y comercial, el número de tubérculos y en post cosecha se determinó el porcentaje de materia seca de los tubérculos.

Las evaluaciones se realizaron a partir de los 24 días después de la siembra hasta los 77 días en el que se alcanzó la altura máxima y la cobertura foliar se registró hasta los 62 días. Los muestreos y registros de área foliar, número de estolones, número de tubérculos y los pesos frescos y secos de hoja, tallo y tubérculos se realizaron aproximadamente cada 15 días a partir de los 43 días después de la siembra hasta los 104 días. Finalmente, en la cosecha se realizó a los 115 días después de la siembra.

Según estas evaluaciones se encontró que la variedad Única mostró mayor porte de plantas durante su crecimiento con la consiguiente mayor cobertura foliar, índice de área foliar así como en el peso fresco de hojas, tallos y tubérculos y en la cosecha produjo mayor rendimiento total y comercial con diferencias estadísticamente significativas en comparación con la variedad Amarilis que mostró un mejor número de tubérculos por tallo y por metro cuadrado y en la cosecha mostró un mayor porcentaje de materia seca.

Palabras clave: ritmo de tuberización, variedades precoces, Única, Amarilis, dosis de fertilización, distanciamiento de siembra.

SUMMARY

“PACE OF GROWTH AND TUBERIZATION TWO EARLY VARIETIES OF POTATO (*Solanum tuberosum* L.) IN CONDITIONS OF CENTRAL COAST”

This present investigation work was to register the rhythm of the growth and tuberization of the early varieties Única and Amarilis in conditions of the land with two levels of fertilize and two distances of sowing.

The evaluations made during growing vegetation were five determinations each two weeks of the height or size of plant, six determinations each two weeks of the foliage cover. In three samples of the plants determined the leaf area index, numbers of stolons for stem, numbers of tubers for stem, fresh and dry weight of leaves, stem and tubers. In the harvest was register the total and commercial yield, the number of tubers and post-harvest was percent of the dry matter of the tubers.

The evaluations were realized after 24 days of the sowing until 77 days in which we got the maximum height and the index register to 62 days. The samplings and register of the area index, numbers of stolons and numbers of tubers and fresh and dry weight of leaves, stem and tubers were was realized approximately each 15 days from 43 days after the sowing to 104 days. Finally, the harvest was done at 115 after sowing.

According these evaluations was find the Única variety showed higher heigth of plant during their grow with the consequent mayor foliar cover, leaf área index as well as in the fresh weight of leaves, stem and tubers and in the harvest produced higher total and commercial yield with differences meaningful meaningful statistically comparing with the Amarilis variety showed a better numbers of stolons for stem and for square meter in the harvest gave a better percentof the dry material.

Key words: rhythm of tuberization, early varieties, Única, Amarilis, fertilization dose, distancing of sowing.

I. INTRODUCCIÓN

Después del trigo, arroz y maíz, la papa es el cuarto producto alimenticio de mayor producción en el mundo. La papa contiene vitaminas, en especial de vitamina C y minerales como el potasio; su cáscara es una excelente fuente de fibra y contiene carbohidratos fuente de energía. La papa es muy baja en grasa, con sólo el cinco por ciento del contenido de grasa del trigo y una cuarta parte de las calorías del pan.

La papa es sembrada en 19 departamentos del Perú, desde el nivel del mar hasta los 4 100 metros de altura y constituye la base de la alimentación del poblador especialmente de la sierra (INIA, 2012). Según el INEI (2013), la producción de papa ha presentado un continuo incremento, registrándose en el año 2012 una producción de 4.4 millones de toneladas representando un incremento de 3.1 por ciento comparado con el año 2011 el cual fue de 4.0 millones de toneladas.

Para atender la demanda creciente de este cultivo, en el proceso de producción se debe mejorar el uso de los recursos tecnológicos para elevar la oferta de este alimento. El uso de nuevas variedades precoces es una alternativa tecnológica favorable pero su mejor aprovechamiento agronómico requiere del conocimiento de sus características de crecimiento y tuberización en relación con las diferentes condiciones y de los insumos utilizados como son la densidad de siembra y la dosis de fertilización.

El inicio y desarrollo de la tuberización son procesos básicos para la producción de papa, y son particularmente críticos en áreas con una corta temporada de crecimiento. Es importante conocer cómo y qué decisiones de manejo afectan dicho proceso con el fin de maximizar el rendimiento de los tubérculos con valor comercial (Walworth, 2002).

El presente trabajo de investigación procura contribuir con el mejor conocimiento de las características de crecimiento y tuberización de dos variedades precoces de papa (Única y Amarilis) en las que no se tiene suficientes registros de estas características que son de interés agronómico en la toma de decisiones por parte del agricultor acerca de las operaciones realizadas en el transcurso del desarrollo fenológico del cultivo.

Por otra parte, considerando que la densidad de siembra determinada por diferentes distanciamientos entre semillas y la fertilización aplicada en distintas dosis NPK son dos condiciones agronómicas importantes por sus efectos en el rendimiento final de los cultivos, se hace igualmente necesario estimar sus efectos e interacciones sobre las características de crecimiento y tuberización de las variedades precoces: Única y Amarilis.

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

Objetivo general:

- Contribuir con el mejor conocimiento de las características de crecimiento y tuberización de la papa.

Objetivos específicos:

- Caracterizar el crecimiento y tuberización de dos variedades precoces de papa (Única y Amarilis) en condiciones de la costa central del Perú.
- Estimar el efecto de dos distanciamientos de siembra y de dos niveles de fertilización NPK sobre las características en estudio.
- Estimar las interacciones entre la densidad de siembra y la fertilización NPK con los cultivares en estudio.

II. REVISION DE LITERATURA

2.1 CRECIMIENTO DE LA PLANTA DE PAPA

2.1.1 FACTORES QUE AFECTAN EL CRECIMIENTO DE LAS PLANTAS DE PAPA

El crecimiento de la planta de papa es muy dependiente de la duración del periodo vegetativo y este es determinado por la dosis de fertilización utilizada. Los nutrientes nitrógeno, fósforo, potasio y magnesio son los más importantes en el crecimiento del cultivo. Cabe mencionar que el nitrógeno es el elemento más sensible en el crecimiento de la planta e importante para un buen rendimiento.

Otro factor relacionado directamente con el rendimiento y tamaño de tubérculos es el número de tallos principales por metro cuadrado el cual, asu vez, determina el distanciamiento de siembra (Van der Zaag, 1990).

2.1.2 DISTANCIAMIENTO DE SIEMBRA

Demetrio (2002) indica que el espacio entre semillas varía con el cultivar y con el propósito para lo cual la papa es sembrada. Indica que la principal razón para variar el espaciamiento es el control del tamaño de tubérculos producidos y para asegurar una óptima utilización del suelo, agua y luz. La distancia entre camellones está mayormente condicionada por consideraciones mecánicas, además de asegurar suficiente suelo para un buen aporte. La distancia entre plantas está en relación con el número de tubérculos esperados para la variedad dada. En general, se puede decir que el distanciamiento entre plantas es más grande en cultivos para consumo que en cultivos para semilla, de igual

manera para una variedad de porte alto que para una variedad de menor porte y para una variedad tardía que para una variedad precoz (INIA, 1995).

La elección de los distanciamientos apropiados debe tomar en cuenta a diversos factores tales como variedad (crecimiento alto o bajo), suelo (textura, fertilidad), clima (temperatura, pluviosidad, etc.), tamaño y edad de la semilla. Según estos datos, en la siembra de papa se utilizan distanciamientos de 0.75 a 1.2 m entre surcos y 0.15 a 0.4 entre plantas. Los distanciamientos que se emplee determinan la cantidad de semilla necesaria (Egúsqüiza, 1987). Lo mismo sucede si la variedad tiene estolones largos, se debe sembrar a mayor distanciamiento entre surcos para que tenga tierra para el aporque (Alaluna et al., 1997).

Según Cortbaoui (1981) la distancia de siembra depende de la variedad de la papa, de las condiciones de crecimiento y del tamaño deseado del tubérculo. Si la fertilidad y humedad del suelo son bajos, este puede mantener menos plantas. El distanciamiento de surcos puede ser amplio (provee más tierra para el aporque, previene los daños a las plantas y tubérculos durante el cultivo y facilita el descarte) o angosto (asegura que el agua de riego alcance a todas las raíces, aumenta la eficiencia del empleo del terreno).

Por otro lado, el distanciamiento de siembra está relacionado con la densidad de siembra. Christiansen (1967) define la densidad de siembra como la cantidad de semilla en kilogramos de semilla a utilizarse por hectárea y a la distancia determinada de siembra entre semilla y surco. Agrega que con un buen planeamiento en cuanto a la densidad se puede asegurar un gran porcentaje de papa de tamaño mediano para semilla o de mayor tamaño para consumo.

Asimismo, Wiersema (1987) y Pozo (1997) señalan que tradicionalmente la densidad de un cultivo se ha expresado como el número de plantas por unidad de área, pero cada planta de papa que proviene de un tubérculo consiste en un conjunto de tallos, cada uno de los cuales forma raíces, estolones y tubérculos. Además, cada tallo crece y se comporta como si fuera una planta individual. Por lo tanto, la verdadera densidad del

cultivo de papa es el resultado de la densidad de plantas multiplicado por el número de tallos por planta.

2.1.3 FERTILIZACIÓN

a. Rol del nitrógeno en el cultivo de papa

Marschner (1986) afirma que, dependiendo de la especie de plantas, fase de desarrollo y órganos de la planta, el contenido de nitrógeno en la planta varía entre dos y cinco por ciento en su materia seca. Tisdale y Nelson (1977), afirman que la mayoría de las plantas asimilan más el nitrógeno bajo la forma de NO_3^- que la de NH_4^+ siendo así el nitrato en la solución del suelo el más importante en la nutrición de las plantas.

En particular el nitrógeno favorece el desarrollo foliar lográndose con ello aumentar la superficie de fotosíntesis lo que conlleva a la producción de almidón, incide directamente en la traslocación del almidón desde las hojas hacia los tubérculos, la altura de la planta, el número de tubérculos por unidad de área, el porcentaje de proteínas y materia seca y por último influye en el rendimiento al igual que Gros (1986), que afirma que el nitrógeno es el factor que determina el rendimiento. En cantidades excesivas, disminuye el contenido de aminoácidos esenciales y almidón, la planta adquiere poca resistencia ante el ataque de plagas y enfermedades y la madurez se retarda (Ramírez et al., 2004).

En papa el incremento del nivel nitrogenado contribuye a aumentar el porcentaje de tubérculos pequeños debido a que se prolonga el periodo vegetativo del cultivo no haciendo posible el su mayor crecimiento o “llenado” final (Jackson, 1979).

Por otro lado, se debe tener precaución con la dosis de nitrógeno, un exceso de este puede provocar un aumento del follaje, retraso en la tuberización y, en consecuencia, un detrimento de una producción determinada (Lorente, 1998). Contrariamente, el déficit de nitrógeno puede provocar una senescencia prematura de la parte aérea del cultivo debido a la retraslocación del nitrógeno desde las hojas hacia los tubérculos (Giletto, 2003).

Marschner (1986) encontró que con un incremento de nitrógeno después de la tuberización, el crecimiento de los tubérculos es drásticamente reducido mientras que el crecimiento de los tallos se intensifica, acarrea mayor sensibilidad a enfermedades y cambios de temperatura y humedad. También este fertilizante actúa en la cantidad de clorofila, sintetizada por la planta. La falta de nitrógeno repercute en un debilitamiento general de la planta.

b. Rol del fósforo en el cultivo de papa

El fósforo es un componente esencial de los vegetales cuya riqueza media en P_2O_5 es del orden del 0.5 al uno por ciento de la materia seca. Se encuentra, en parte, en estado mineral, pero principalmente formando complejos como lípidos, proteínas y glúcidos como la lecitina. También interviene activamente en la mayor parte de las reacciones bioquímicas complejas de la planta que son la base de la vida y son de gran importancia en el metabolismo de diversas sustancias bioquímicas (Gross, 1986).

Este elemento favorece el desarrollo del sistema radicular y adelanta la floración, así como la precocidad de las cosechas (Lorente, 1998). Promueve la formación temprana y crecimiento de raíces. El fósforo es vital para la formación de semillas; la concentración de fósforo en las semillas es más alta que en cualquier otra parte de la planta madura. Este elemento ayuda a que las plántulas y raíces se desarrollen más rápidamente, permite a las plantas soportar inviernos rigurosos, aumenta la eficiencia al uso del agua y ayuda a la resistencia a las plagas y enfermedades en algunas plantas (Potash y Phosphate Institute, 1998; Buckman y Brady, 1988).

Por otro lado, Huancas (2003), menciona que la deficiencia de fósforo provoca un escaso desarrollo radicular, menor número de estolones y tubérculos y rendimientos extremadamente bajos. Contrariamente el exceso de la nutrición fosfatada podría bloquear la absorción, transporte y metabolismo del zinc, además una buena nutrición fosfatada contrarresta los excesos de la fertilización nitrogenada, es decir, reduce el periodo vegetativo.

c. Rol del potasio en el cultivo de papa

Huancas (2003) menciona que el potasio constituye aproximadamente el tres por ciento de la materia de los vegetales, aunque no forma parte de las combinaciones orgánicas permanentes de los tejidos, realiza un papel importante como regulador de las funciones de la planta, lo que explica su mayor concentración en los tejidos jóvenes.

El potasio interviene en la síntesis de la clorofila favoreciendo la formación del almidón y de la hidrólisis de los azúcares, así como la movilización de estas sustancias y su acumulación en ciertos órganos de reserva (Gross, 1986), También aumenta la resistencia del cultivo a enfermedades criptogámicas, así como a la falta de agua debido a que el potasio presente en la planta disminuye la transpiración, aprovechando al máximo el agua de riego (Gross, 1986; Lorente, 1998).

Según Villagarcía (1987), para producir una tonelada de tubérculos se requiere de siete a nueve kilogramos de potasio expresado en K_2O , es decir, mucho más que el nitrógeno y el fósforo. Plantas mal nutridas en potasio son en general muy débiles y producen tubérculos pequeños y escasos.

2.2 TUBERIZACIÓN

Los tubérculos de papa son resultado de la diferenciación, crecimiento e inducción de tuberización en la porción sub apical de los estolones. Booth (1963), menciona que la producción normal de tubérculos en el cultivo papa se realiza por la sucesión de dos procesos: la formación del estolón y la tuberización en el extremo de este. Estos dos procesos están relacionados con las condiciones ambientales; así se ha visto que cuando las variedades de *Solanum tuberosum* L. subsp. andigena (Juz. et Buk.), son sometidas a fotoperiodos largos, los estolones crecen indefinidamente sin tuberizar. Si luego se somete a las plantas a cortos fotoperiodos se observa la iniciación de la tuberización (Bákula, 1966).

Según Kumar y Wareing (1972) normalmente los estolones se desarrollan en las axilas situadas por debajo del suelo y la oscuridad y la aparición de una atmósfera húmeda favorecen su formación. Sin embargo, todas las axilas sujetas a dominancia apical son potencialmente capaces de emerger como estolones.

Por otra parte, Menzel (1985) menciona que la decapitación de las yemas terminales promovió la excrecencia de las yemas laterales, más no la tuberización, pero cuando las yemas axilares fueron suprimidas por el uso de agentes químicos de poda, se promovió la tuberización. Los resultados son consistentes con la hipótesis de que los brotes son los principales sitios de síntesis de giberelinas en la papa, y que las altas temperaturas estimulan la síntesis de giberelinas y su exportación a los estolones, donde inhiben la formación de tubérculos.

Pozo (1997) señala que el ácido giberélico aplicado a plantas enteras, esquejes en plántulas *in vitro* y brotes de tubérculo inhiben la tuberización, mientras que la aplicación de inhibidores de la biosíntesis del ácido giberélico promueve la tuberización. Sin embargo, no es probable que la ausencia o bajos niveles del ácido giberélico puedan ejercer el control de la tuberización. La tuberización parece que está parcialmente inducida por la presencia, más que por la ausencia de un compuesto supresor, dado que el estímulo es transmisible por injerto.

Kloosterman y Bachem (2005) también encontraron que la hormona implicada en el desarrollo del tubérculo son las giberelinas. Se demostró que una reducción en las giberelinas coincidió con la tuberización y los inhibidores de su biosíntesis pueden promover la tuberización de la planta.

Por otro lado, García et al. (2009) afirman que la presencia de auxinas ha sido reportada durante los primeros estadios de la formación del estolón indicando su participación directa en la tuberización. Por su parte el ácido indol-3-acético inhibe la elongación de los estolones estimulando la formación de tubérculos pequeños. Mientras que las concentraciones endógenas de ácido abscísico disminuyen durante la formación del estolón y el desarrollo del tubérculo.

a. Inicio de la tuberización

Según Takahashi (1994), la actividad inductora de tuberización en las plantas de papa se inicia principalmente por la expansión de las células y es muy probable que el ácido jasmónico sea capaz de inducir la expansión de células de planta de papa. En un experimento con discos de tubérculos de papa que se cultivaron en medio que contenía ácido jasmónico encontró que los discos comenzaron a hincharse notablemente después de un día en cultivo. Dentro de los cinco días de cultivo, el peso fresco de los discos se duplicó en presencia de esta hormona. La microscopía de luz reveló que la hinchazón era debido a la expansión y no la división de las células.

A su vez Jackson (1999) afirma que la formación del tubérculo es mayormente afectada por los niveles de nitrógeno, temperatura y la luz, incluso menciona que las bacterias que viven en la zona de raíz afectan también de alguna manera. Experimentos (en condiciones hidropónicas) realizados demostraron que la tuberización podría ser fácilmente manipulada por los niveles de nitrógeno (amonio o nitrato) a la planta. Con un suministro constante de nitrógeno se afectó gravemente la tuberización, pero cuando se interrumpió el suministro se reanuda la tuberización. Con respecto a las altas temperaturas son inhibitorios para la tuberización en ambos fotoperiodos cortos y largos, aunque el efecto inhibitorio es mucho mayor en fotoperiodos largos. También se señala en el experimento que la temperatura alta del suelo no afectó la producción de la señal inductora, pero impidió que el estolón se convirtiera en tubérculo.

Rodríguez et al. (2006) también señalan que las fluctuaciones en la duración del día determinan el tiempo de floración en muchas plantas y en la papa son fundamentales para promover la diferenciación de los tubérculos. La longitud del día se percibe en las hojas y en condiciones de inducción, estos sintetizan una señal sistémica que se transporta a los estolones subterráneos para inducir el desarrollo del tubérculo.

Koda et al. (1988) también indican que la tuberización se produce en días cortos, pero la sustancia que desencadena este proceso era todavía desconocida.

O'Brian et al. (1998) mencionan que los factores que afectan a estos procesos no son bien entendidos. Hay muchos estudios que informan de los efectos de varios factores sobre la iniciación de los tubérculos, pero por una serie de razones, pocos han intentado comprender la iniciación de la tuberización en condiciones de campo. La mayoría de los informes se refieren a experimentos llevados a cabo en laboratorios en la que las condiciones ambientales, especialmente la intensidad de la luz es muy diferente al de las que habitualmente prevalecen durante el período de iniciación en el campo. En casi todos los experimentos de campo, el momento de la iniciación no se ha definido o evaluado correctamente como, por ejemplo: el número de tubérculos que se registró con poca frecuencia o el número máximo de los tubérculos rara vez se estableció. A pesar de estas deficiencias, la iniciación de los tubérculos sigue siendo ampliamente considerada como una etapa clave de desarrollo en la vida del cultivo.

Por otro lado, Alisdair (2001) afirma que, cuando las condiciones son favorables para la iniciación del tubérculo, el alargamiento de los estolones se detiene y las células localizadas en la médula y la corteza de la región apical del estolón comienzan a agrandarse y luego a dividir longitudinalmente. Viola (2001) menciona que el inicio de la tuberización es promovido por el fotoperiodo corto, alta intensidad de luz y los bajos niveles de nitrógeno que determinan que los estolones sean inducidos a la tuberización.

Igarza et al. (2012) señalan que, entre los factores que afectan la tuberización se mencionan las características de la edad propia de la variedad, la edad fisiológica de la semilla, la temperatura del suelo, la humedad, la nutrición, la intensidad y duración de luz (favorecido por días cortos), la acción de reguladores de crecimiento y la incidencia de plagas y enfermedades.

b. Desarrollo del tubérculo

La formación del tubérculo de papa es un proceso complejo de desarrollo que requiere la interacción de factores ambientales, bioquímicos y genéticos. Bajo condiciones de una temperatura de día de fotoperiodo corto y una temperatura ideal, una señal

transmisibles que se activan, inicia la división celular y la expansión y un cambio en la orientación del crecimiento celular en la región subapical del estolón (Michael, 2001).

Según Vreugdenhil (1997) cuando se inicia la formación de tubérculos, el alargamiento de los estolones se detiene y las células en la médula y la corteza se amplían y dividen longitudinalmente, lo que resulta en la hinchazón de la punta de estolones. Cuando los tubérculos tenían un diámetro de 0,8 cm, las divisiones longitudinales habían cesado, pero la división orientada al azar y ampliación de células se produjeron en la región perimedular y continuó hasta que los tubérculos alcanzaron su diámetro final.

Alvim, mencionado por Bakula (1966), explica que los carbohidratos fotosintetizados por la planta de papa y que no son consumidos en la respiración, pueden seguir tres caminos: 1. Condensarse en forma de almidón en las células de las hojas; 2. Translocarse hacia los meristemas; 3. Translocarse hacia los tubérculos. La cantidad distribuida en cada uno de estos caminos depende mucho de las condiciones ambientales, así se tiene que a temperaturas relativamente altas (28 a 35 °C) se favorece la respiración y el crecimiento, consumiéndose casi todos los carbohidratos en la parte aérea. Contrariamente, si las condiciones ambientales no son favorables para el crecimiento de la planta, la mayor parte de los carbohidratos se destinará a los tubérculos. Se ha llegado a determinar que las mejores temperaturas para la formación de tubérculos están entre 15 y 18 °C de promedio diario.

Por otro lado, Fernández Baca (1993) menciona que las altas temperaturas reducen el rendimiento y contenido de materia seca de los tubérculos. Por otro lado, las condiciones de sequía luego de la emergencia reducen el número de tubérculos por planta. Las prácticas culturales pueden influir en el crecimiento e incluso en el inicio de la tuberización. A una mayor profundidad de siembra se obtuvo un mayor rendimiento y tamaño de tubérculos, un distanciamiento de siembra y abastecimiento de nitrógeno mayor, así como un aporte realizado tempranamente, dieron un mayor número de tubérculos por tallo.

Por su parte Struik et al. (1990) señalan que, en condiciones de campo, la distribución del tamaño de los tubérculos está regulada por muchos mecanismos que

interactúan entre sí, y es por lo tanto difícil de entender y manipular. Esta característica está determinada por la densidad de plantas, número de tallos por planta, número de tubérculos por tallo, tamaño de semilla y número de plantas por unidad de superficie.

Pozo (1997) menciona que, los factores que afectan el tamaño de los tubérculos son el rendimiento total (a medida que avanza el ciclo vegetativo del cultivo, el rendimiento se incrementa, pero disminuye el número de tubérculos pequeños), número de tubérculos por metro cuadrado, el cual está influenciado por dos factores: número de tallos principales por metro cuadrado y número de tubérculos por tallo. Se puede apreciar claramente que a medida que se incrementa el número de tallos, se incrementa el número de tubérculos por planta, disminuye el peso promedio de los tubérculos y aumentan los rendimientos.

c. Ritmo de tuberización

Coicca (2013) realizó un seguimiento del ritmo de tuberización de la variedad Única en condiciones de la costa central del Perú (Cañete, Lima). Encontró que a los 51 días después de la siembra el peso de tubérculo.tallo⁻¹ fue de 44 g, a los 64 días el peso llegó a 121 g y finalmente a los 78 días el peso llegó a 241.78 g.

Por otro lado, Sifuentes (2012), en otro trabajo de investigación con la misma variedad Única encontró que a los 50 días después de la siembra el peso de tubérculo.tallo⁻¹ fue de 57.91 g, se incrementó a 172.44 g a los 65 días y finalmente a los 78 días el peso llegó a 234.8 g.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 FACTORES EN ESTUDIO

En el presente trabajo de investigación se evaluaron los efectos de tres factores principales (variedades, distanciamientos de siembra y dosis de fertilización), estableciéndose ocho tratamientos que se muestran en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Factores y niveles del estudio.

Variedades	Distanciamientos	Dosis de fertilización	Tratamientos
Única	20 cm	240-160-100	
Amarilis	40 cm	180-120-160	
2	2	2	8

a. Factor variedad

El material vegetal del presente trabajo fueron las dos variedades Única y Amarilis. Según Gutiérrez et al. (2007), la variedad Única es herbácea con hábito de crecimiento erecto, los tallos son gruesos de color verde oscuro, alcanzando una longitud entre 0.90 a 1.20 m. Las hojas son compuestas y se distribuyen en espiral sobre el tallo. La forma de la hoja es disectada, con cinco pares de folíolos laterales y un par de interhojuelas sobre los peciolulos. Tiene floración moderada entrada la temporada de primavera en costa, escasa floración en el invierno en costa y ausencia de floración en condiciones de sierra (mayor a 2 000 msnm); las flores son violetas y no forman bayas en épocas con bajas temperaturas. Los estolones son alargados en el invierno o bajo condiciones de sierra, ligeramente cortos y pegados al tallo en la primavera.

Los tubérculos son oblongos y alargados, con ojos superficiales y en la parte del ojo apical es semi-profundo. Se forman ligeras protuberancias en los ojos hacia finales de la

primavera, volviéndose más liso en el invierno o bajo condiciones de sierra. Estas protuberancias se presentan también cuando los niveles de nitrógeno son elevados, cuando hay períodos de estrés hídrico prolongados o cuando se retrasa el período de cosecha. 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 sierra. La pulpa es crema (CIP, 1997 y 1998).

La variedad Amarilis presenta un follaje verde claro, porte mediano con hábito de crecimiento erguido. En la madurez presenta flores de color blanco, pero escasa formación de frutos o bayas, estolones cortos y tuberización compacta y a partir de los 100 días tiene un tamaño comercial (Vásquez, 2009).

b. Características del material vegetal

Se trabajó con semillas de papa de dos variedades (Única y Amarilis) provenientes de la provincia de Huánuco. Las semillas tuvieron un tamaño mediano a grande. Estos fueron recepcionados en el Fundo de la Universidad Nacional Agraria La Molina, donde se observó un estado fisiológico bueno, pero con poca brotación. Se precedió a cubrir las semillas para promover una brotación uniforme.

c. Factor distanciamiento

Se utilizó un distanciamiento de 20 cm que albergó 16 semillas por surco de 6 m lineales y otro distanciamiento de 40 cm que albergó 31 semillas en surcos de 6 m lineales.

d. Factor dosis de fertilización

Se utilizó una dosis de 240-150-160 y de 180-120-100 de NPK. La fuente de nitrógeno que se utilizó en la primera fertilización fue urea (CO_2NH_2), el cual se incorporó el 50 por ciento del nitrógeno al momento de la siembra. En la segunda fertilización que se realizó junto con el aporque, se incorporó el 50 por ciento restante del nitrógeno. Las

fuentes de potasio y fósforo utilizadas fueron cloruro de potasio (KCl) y fosfato-diamónico ((NH₄)₂HPO₄) los cuales se aplicaron en la primera fertilización.

3.2 LOCALIDAD EXPERIMENTAL

El trabajo de investigación se desarrolló en el sector “Libres” del Campo Agrícola Experimental de la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM) provincia de Lima. Ubicado a una altura de 232 msnm y con coordenadas 12°05'03" S y 76°57'18" O.

3.3 CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DEL SUELO

El análisis de suelo se realizó en el laboratorio de Análisis de Suelos, Planta, Aguas y Fertilización (LASPAF), de la Universidad Nacional Agraria La Molina (Anexo 1). El pH fue de 7.84 que se considera ligeramente alcalino, la conductividad eléctrica fue de 0.58 dS/m que es muy ligeramente salino, la materia orgánica presenta un nivel bajo con 1.30 por ciento. El contenido de fósforo (18.2 ppm) se considera alto y el potasio se encontró con un valor medio igual a 161 ppm. La clase textural fue un suelo franco arenoso y la capacidad de intercambio catiónico fue de 9.60.

3.4 CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS

Durante la fase de crecimiento rápido, la temperatura promedio fue de 16.84 °C y la humedad relativa fue de 88.60 por ciento. A medida que transcurrían los días y acercándose a la madurez la temperatura promedio fue de 19.24 °C y la humedad relativa 83.60 por ciento (Anexo 2). Conforme iba acercándose a la madurez la temperatura iba aumentando y por consecuencia humedad relativa iba disminuyendo.

3.5 DISPOSICIÓN EXPERIMENTAL

Cuadro 2. Características del campo experimental.

Dimensiones	Bloques	Unidad experimental
Número	4	32 (8 x bloque)
Largo	21.6	6
Ancho	6	2.7
Área (m ²)	129.6	16.2
Ancho de la calle (m)	1.5	-

Las características de la parcela fueron las siguientes:

- Número de surcos por parcela: 3 m
- Distancia entre surcos: 0.9 m
- Distanciamiento entre plantas: 0.2 - 0.4 m
- Número de tubérculos por golpe: 1
- Número de tratamientos: 8
- Área neta del experimento: 518.4 m²

En cada unidad experimental se sembraron entre 31 y 16 tubérculos dependiendo del distanciamiento de siembra según el tratamiento. Se utilizó el diseño de bloques completamente al azar con arreglo de parcelas divididas de 2 x 2 x 2.

Cuadro 3. Distribución aleatorizada de los tratamientos en el campo experimental.

Bloque 4	T ₅	T ₃	T ₇	T ₁	T ₆	T ₄	T ₈	T ₂
Bloque 3	T ₈	T ₂	T ₆	T ₄	T ₇	T ₁	T ₅	T ₃
Bloque 2	T ₃	T ₅	T ₁	T ₇	T ₄	T ₆	T ₂	T ₈
Bloque 1	T ₄	T ₆	T ₂	T ₈	T ₇	T ₁	T ₅	T ₃

Cuadro 4. Combinación de los factores principales.

Tratamientos	Variedad	Fertilización	Distanciamiento (cm)
1	Única	180-120-100	20
2	Única	240-160-150	20
3	Única	180-120-100	40
4	Única	240-160-150	40
5	Amarilis	180-120-100	20
6	Amarilis	240-160-150	20
7	Amarilis	180-120-100	40
8	Amarilis	240-160-150	40

3.6 CONDUCCIÓN DEL CAMPO EXPERIMENTAL

El campo en un inicio fue el arado, gradeado y luego surcado. La fecha de siembra fue el 01 de agosto del año 2012. El aporque se realizó cuatro días después del primer cultivo. Se realizaron seis riegos con una frecuencia aproximada de 20 días entre riegos.

Antes de la fertilización se procedió a un abonamiento que consistió, en derramar el abono (estiércol de ave), de forma continua en el fondo de los surcos de todo del área experimental para una mejor eficiencia en la toma de nutrientes por parte de las raíces del cultivo.

En cuanto a las aplicaciones de pesticidas, se aplicó Furadan (Carbofurán) para el control de nemátodos y gusanos de tierra antes de la siembra. Luego en la siembra se aplicó un fungicida Pentacloro (clorofenil), a la dosis de 0.1 Kg/ha para el control de *Rizoctonia* spp. y “Chupadera”. Durante el crecimiento se usó Sencor (Metribuzina) a la dosis 500 mL/cilindro (Metribuzina), para el control de maleza de hoja ancha y para hoja angosta (grama china), se realizó de manera manual. En esta etapa también se presentó la mosca minadora y para su control se usó Vermetin (Abamectina), a la dosis de 200 mL/cilindro y Deltaplus (Piretroide), a la dosis 200 mL/cilindro, a su vez se usó un adherente Citomex a la dosis de 50 mL/cilindro para una mejor aplicación y conforme avanzaba y se acercaba a la maduración el cultivo la dosis de Vermetin (Abamectina) y Deltaplus (Piretroide), aumentaron a 400 mL/cilindro. Para el control de rancho se aplicó un kilogramo de Atract por cilindro con 200 mL/cilindro de adherente.

3.7 EVALUACIONES REALIZADAS

3.7.1 EVALUACIONES DURANTE EL CRECIMIENTO Y DESARROLLO

- Porcentaje de emergencia de plantas: Se determinó contando el número de plantas emergidas a los 21 y 28 días después de siembra, y se expresó en porcentaje de plantas emergidas.

- **Altura de plantas:** Para evaluar el crecimiento de la altura de plantas se tomaron mediciones de 10 plantas al azar, en nueve ocasiones, del surco central 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:** Se usó el porcentaje de cobertura foliar, este parámetro se determinó midiendo la superficie del suelo que iba siendo cubierta por el cultivo al crecer. Para tal medición se usó una rejilla reticular de área conocida, dividiéndose el número de cuadrados que tenían más de su mitad con área verde entre el total de los cuadrados contenidos en la rejilla, el valor obtenido es el porcentaje de cobertura foliar.
- **Área foliar:** Para la medición del área foliar se empleó el método del sacabocado de diámetro conocido; consistió en extraer 100 discos de la lámina foliar de una planta para luego secarlas por un día en una estufa a 78 °C. Por relación de regla de tres simple entre el peso seco de los discos de áreas conocidas y el peso seco de la totalidad de hojas se determinó el área foliar de la planta en metros cuadrados.
- **Número de tallos:** Se determinó contando el número de tallos por planta. La primera evaluación se realizó a los 43 días después de la siembra, luego a los 57, 70, 84 y 104 días.
- **Número de estolones:** Se contaron los estolones a los 43, 57, 70 y 84 días después de la siembra, de cada planta extraída, obteniendo así el número estolones por cada planta, y seguidamente se determinó en número de estolones por tallo.
- **Número de tubérculos:** Se evaluó a los a los 43, 57, 70, 84 y 104 después de la siembra.
- **Peso fresco y seco de tubérculos, hojas y tallos:** De cada planta muestreada se pesó las hojas, tallos y tubérculos después de ser secados en una estufa a 78 °C por un día.

3.7.2 EVALUACIONES REALIZADAS EN COSECHA

La cosecha se realizó el 30 de noviembre del año 2012, de forma manual considerándose el surco central de cada parcela experimental para la estimación del rendimiento total, así evitar el efecto borde, los tubérculos se clasificaron considerándose tres características:

- Numero de tubérculos: Se contó el número de tubérculos de acuerdo con el tamaño de estos, pero previamente se separaron por categorías para poder contarlas.
- Peso de tubérculos: Mediante el uso de una balanza se determinó el peso de tubérculos luego de que estos fueran clasificados por categorías.
- Tamaño de tubérculos: Respecto al tamaño de los tubérculos, estos se clasificaron en seis categorías de acuerdo con su longitud:

Cuadro 5. Características comerciales de los tubérculos.

Longitud	Categoría
> 9 cm	Extra
7.5 - 9 cm	Primera
6 - 7.5 cm	Segunda
4.5 - 6 cm	Tercera
3 - 4.5 cm	Cuarta
< 3 cm	Chancho

3.7.3 EVALUACIONES EN POST COSECHA

El porcentaje de materia seca se determinó calculando el peso seco de cada muestra, para luego permanecer en la estufa a 78 °C por un periodo de 72 horas.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 PORCENTAJE DE EMERGENCIA

A los 21 días después de la siembra de los tubérculos-semilla, el porcentaje promedio de emergencia de plantas fue de 87.10 por ciento y siete días después alcanzaron un 93 por ciento, asegurándose el establecimiento de la mayoría de los tubérculos-semilla sembrados. Ningún tratamiento mostró diferencias estadísticamente significativas en el número de plantas emergidas debido a que esta característica está más relacionada con la calidad física y la humedad del suelo que con los factores en estudio.

4.2 ALTURA O PORTE DE PLANTAS

En el Cuadro 6 se muestra los promedios de las alturas de plantas, su incremento entre periodos y el porcentaje respecto a la altura máxima en nueve fechas. En general, a los 24 días el porte de planta promedio fue de 5.49 cm y a los 70 días se alcanzó la máxima altura con un porte de planta promedio de 48.43 cm.

El periodo de mayor incremento en la altura promedio general de plantas se dió entre los 46 y 53 días con 1.41 cm.día^{-1} , luego el ritmo de crecimiento siguió aumentando entre los 53 y 62 días, pero con una tasa menor de crecimiento (0.87 cm.día^{-1}) y, seguidamente entre los 62 y 70 días aumentó con una tasa aún menor de 0.08 cm.día^{-1} . Luego el ritmo de crecimiento fue decreciendo entre los 70 y 77 días con 0.07 cm.día^{-1} , finalmente entre los 77 y 84 días tuvo su mayor decrecimiento con 0.86 cm.día^{-1} .

En el mismo Cuadro 6 se puede apreciar que las plantas no alcanzaron el máximo porte en la misma fecha destacándose que los tratamientos con la variedad Única alcanzaron su mayor porte más temprano que los tratamientos con la variedad Amarilis.

Cuadro 6. Promedio, incremento (cm.día⁻¹) y porcentaje respecto a la altura máxima de plantas en cinco fechas de evaluación.

Tratamientos	Índices	Días después de la siembra								
		24	30	39	46	53	62	70	77	84
(180-120-160) U-20	Promedios	6.16	16.74	30.7	40.7	51.43	52.85	53.3	49.9	43.8
	cm/día		1.76	1.55	1.43	1.53	0.16	0.06	-0.49	-0.87
	% del máx.	11.56	31.4	57.6	76.36	96.48	99.16	100	93.62	87.78
(240-160-150) U-20	Promedios	6.03	14.38	28	37.28	47.44	55.15	53.48	50.18	44.03
	cm/día		1.39	1.51	1.32	1.45	0.86	-0.21	-0.47	-0.88
	% del máx.	10.93	26.08	50.78	67.59	86.02	100	96.96	90.98	79.83
(180-120-160) U-40	Promedios	6.5	13.12	22.76	32.48	40.9	47.95	47.2	46.23	38.68
	cm/día		0.44	0.39	0.58	0.46	0.5	0.25	0.16	0.68
	% del máx.	13.56	27.36	47.46	67.73	85.3	100	98.44	96.4	80.66
(240-160-150) U-40	Promedios	5.45	10.95	21.41	30.49	41.06	48.48	47.8	46.75	41.18
	cm/día		0.92	1.16	1.3	1.51	0.82	-0.08	-0.15	-0.8
	% del máx.	11.24	22.59	44.17	62.89	84.71	100	98.61	96.44	84.94
(180-120-160) A-20	Promedios	4.96	12.99	19.9	25.14	36.18	44.08	44.13	46.43	42.08
	cm/día		1.34	0.77	0.75	1.58	0.88	0.01	0.33	-0.62
	% del máx.	10.69	27.99	42.86	54.15	77.94	94.94	95.05	100	90.63
(240-160-150) A-20	Promedios	4.8	10.28	19.65	24.26	35.28	45.83	49.48	49.05	42.58
	cm/día		0.91	1.04	0.66	1.57	1.17	0.46	-0.06	-0.92
	% del máx.	9.7	20.77	39.71	49.04	71.3	92.62	100	99.14	86.05
(180-120-160) A-40	Promedios	5.03	10.26	18.5	25.58	34.05	42.98	45.4	47.25	39.63
	cm/día		0.87	0.92	1.01	1.21	0.99	0.3	0.26	-1.09
	% del máx.	10.65	21.71	39.15	54.13	72.06	90.95	96.08	100	83.86
(240-160-150) A-40	Promedios	5	7.83	18.36	25.2	33.64	45.2	46.65	47.85	43.3
	cm/día		0.47	1.17	0.98	1.21	1.28	0.18	0.17	-0.65
	% del máx.	10.46	16.36	38.37	52.66	70.3	94.46	97.49	100	90.49
	Promedio general	5.49	12.07	22.41	30.14	40	47.81	48.43	47.95	41.91
	Promedio cm/día		1.1	1.15	1.1	1.41	0.87	0.08	-0.07	-0.86

En el Cuadro 7 se observa la altura de las plantas por efecto de los factores principales y sus interacciones. El análisis de variancia del porte de plantas a los 70 días después de la siembra (Anexo 4) por efecto del factor fertilización no fue estadísticamente significativo, mientras que el porte de plantas por efecto de los factores distanciamiento y variedad resultaron estadísticamente significativos.

Según Gutiérrez (2007) la máxima altura de la variedad Única es de 120 cm, pero en el caso del presente experimento se logró alrededor de 50 cm de altura (Cuadro 7), lo cual indica que para las condiciones de este experimento la planta alcanza mayor porte. Con respecto a la variedad Amarilis no se encontró un promedio de altura como referencia, pero es el presente experimento mostró un tamaño menor que la variedad Única.

Cuadro 7. Altura promedio de plantas (cm) por efecto de los factores principales a los 70 días después de la siembra.

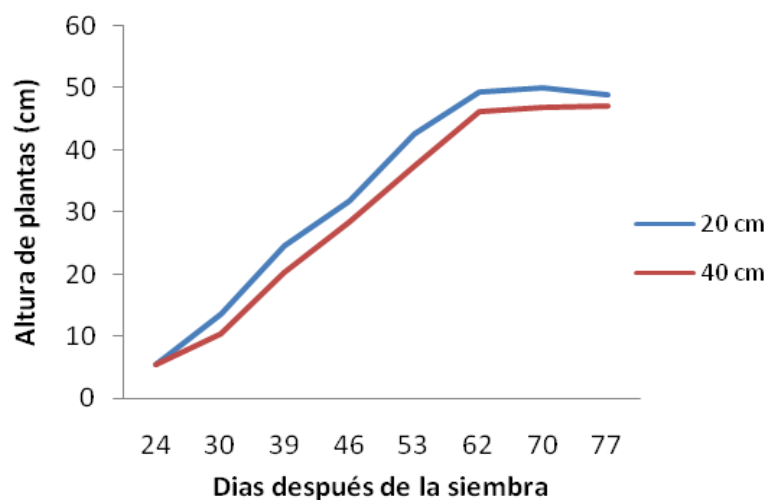
Dosis NPK	Amarilis		Única		Promedio NPK ^{ns}
	20 cm	40 cm	20 cm	40 cm	
180-120-160	44.13	45.40	53.30	47.20	47.51 a
240-160-150	49.48	46.65	53.48	47.80	49.35 a
Promedio D*	50.10b ₁ *		46.76 b ₂ *		48.43
Promedio V*	46.42 c ₂ *		50.45 c ₁ *		48.43
V*D ^{ns}	46.81	46.03	53.39	47.50	48.43
F*V ^{ns}	44.77	48.07	50.25	50.64	48.43
F*D ^{ns}	48.72	46.30	51.48	47.23	48.43

*Las diferencias de promedios de altura de plantas por efecto de los factores distanciamiento y variedad resultaron estadísticamente significativos.

El Cuadro 7 muestra que a los 70 días después de la siembra las plantas con diferentes dosis de fertilización no mostraron diferencias significativas en el porte (Anexo 4). Cabe mencionar que la disponibilidad de nitrógeno en el suelo pudo ser suficiente para no reflejar diferencias.

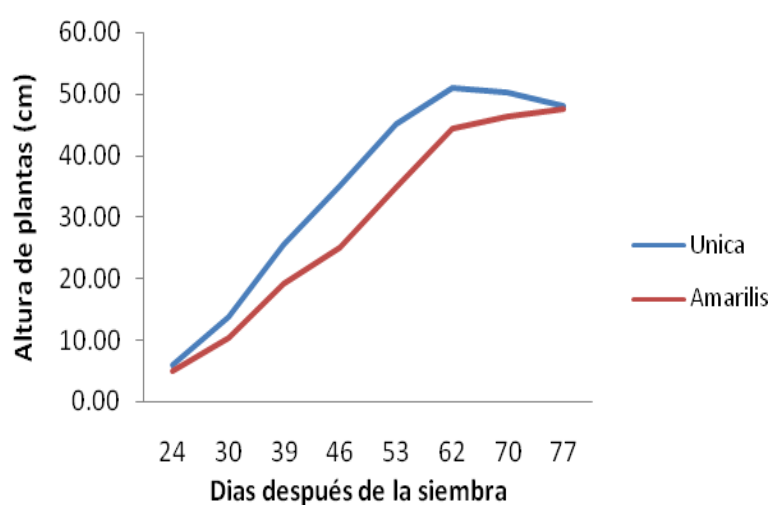
En el Gráfico 1 se muestra que las plantas sembradas a menor distanciamiento (20 cm) siempre presentaron mayor porte en todas las fechas de evaluación en comparación a las plantas sembradas a mayor distanciamiento (40 cm). A los 70 días las plantas en menor distanciamiento (20 cm) alcanzaron el máximo porte de planta con 50.10 cm mientras que el porte de plantas sembradas a mayor distanciamiento (40 cm) fue de 46 cm. Estas diferencias resultaron estadísticamente significativas (Anexo 4), debido a que en una mayor densidad se produce más competencia por luz y por lo tanto mayor etiolación.

Gráfico 1. Variación de la altura de planta por efecto de dos distanciamientos de siembra.



En el Gráfico 2 se observa que las plantas de la variedad Única lograron un mayor porte en todas las fechas de evaluación. A los 70 días la variedad Única alcanzó un porte de planta de 50.45 cm mientras que la variedad amarilis alcanzó un porte de 46.42 cm. Estas diferencias resultaron estadísticamente significativas (Anexo 4). Se puede afirmar que la variedad Única alcanza un mayor porte de planta por su genética varietal que le confiere esa característica.

Gráfico 2. Variación de la altura de planta de las variedades Única y Amarilis.



4.3 PORCENTAJE DE COBERTURA FOLIAR

En el Cuadro 8 se muestran los promedios de cobertura foliar de plantas, su incremento entre periodos de evaluación y el porcentaje de cobertura respecto al valor máximo en once fechas. En general, a los 24 días el porcentaje promedio de cobertura fue de 20.24 por ciento y a los 62 días después de la siembra se alcanzó la máxima cobertura con un promedio general de 91.12 por ciento.

Cuadro 8. Promedio y variación del máximo porcentaje de cobertura foliar en 11 fechas.

Tratamientos	Índices	Días después de la siembra										
		24	30	39	46	53	62	70	77	84	91	99
(180-120-100) U-20	Promedios	34.93	40.05	54.21	79.6	92.65	100	93.25	70.05	54.75	41.9	26.45
	%/día		0.85	1.57	3.63	1.86	0.82	-0.84	-3.31	-2.19	-1.84	-1.93
	% del máx.	34.93	40.05	54.21	79.6	92.65	100	93.25	70.05	54.75	41.9	26.45
(240-160-150) U-20	Promedios	29.56	36.56	39.53	76.99	93.15	100	93.55	70.8	56.7	45.5	30.5
	%/día		1.17	0.33	5.35	2.31	0.76	-0.81	-3.25	-2.01	-1.6	-1.88
	% del máx.	29.56	36.56	39.53	76.99	93.15	100	93.55	70.8	56.7	45.5	30.5
(180-120-100) U-40	Promedios	21.28	26.18	46.6	72.3	81.6	92.6	88.85	68.25	57.7	43.7	30.75
	%/día		0.82	2.27	3.67	1.33	1.22	-0.47	-2.94	-1.51	-2	-1.62
	% del máx.	22.98	28.27	50.32	78.08	88.12	100	95.95	73.7	62.31	47.19	33.21
(240-160-150) U-40	Promedios	19.28	25.63	34.96	62.8	82.55	94.6	89.7	68.9	58.1	44.2	33.45
	%/día		1.06	1.04	3.98	2.82	1.34	-0.61	-2.97	-1.54	-1.99	-1.34
	% del máx.	20.38	27.1	36.96	66.38	87.26	100	94.82	72.83	61.42	46.72	35.36
(180-120-100) A-20	Promedios	20.07	29.11	53.75	54.2	71.49	86.6	81.9	70.7	60.85	46.7	34.7
	%/día		1.51	2.74	0.06	2.47	1.68	-0.59	-1.6	-1.41	-2.02	-1.5
	% del máx.	23.17	33.62	62.07	62.59	82.56	100	94.57	81.64	70.27	53.93	40.07
(240-160-150) A-20	Promedios	14.63	22.35	41.89	54.15	73.85	88	83.15	73.35	62.15	51.1	37.9
	%/día		1.29	2.17	1.75	2.81	1.57	-0.61	-1.4	-1.6	-1.58	-1.65
	% del máx.	16.62	25.4	47.61	61.53	83.92	100	94.49	83.35	70.63	58.07	43.07
(180-120-100) A-40	Promedios	13.88	21.06	37.76	53.6	63.76	74.9	72.05	57.35	46.55	34.35	24
	%/día		1.2	1.86	2.26	1.45	1.24	-0.36	-2.1	-1.54	-1.74	-1.29
	% del máx.	18.53	28.11	50.42	71.56	85.12	100	96.19	76.57	62.15	45.86	32.04
(240-160-150) A-40	Promedios	12.98	20.85	34.94	52.68	73.9	83.4	74.5	67.55	52.75	41.4	30.5
	%/día		1.31	1.57	2.54	3.03	1.06	-1.11	-0.99	-2.11	-1.62	-1.36
	% del máx.	15.56	25	41.89	63.17	88.61	100	89.33	81	63.25	49.64	36.57
	Promedios	20.24	27.42	42.84	63.28	80.17	91.12	85.14	69.77	56.98	44.28	31.65
	Promedio %/día		1.15	1.69	2.91	2.26	1.21	-0.67	-2.32	-1.74	-1.8	-1.57

El periodo de mayor incremento en cobertura promedio general de plantas se dio entre los 39 y 46 días con 2.91 por ciento por día, luego el ritmo de crecimiento siguió aumentando, pero con una tasa menor de crecimiento de 2.26 por ciento por día, entre los

días 46 y 53 días, por último, entre los 53 y 62 días siguió aumentando, pero incluso con una tasa menor de 1.21 por ciento por día. Luego el ritmo de crecimiento fue decreciendo con 0.67 por ciento por día entre los 62 y 70 días, después entre los 62 y 77 días se aprecia el mayor decrecimiento con 2.32 por ciento por día, y esta tendencia de decrecimiento se mantuvo hasta los 99 días.

En el mismo Cuadro 8 se puede apreciar que las plantas alcanzaron la máxima cobertura foliar a los 62 días después de la siembra.

En el Cuadro 9 se muestra el porcentaje de cobertura foliar por efecto de los factores principales y sus interacciones. Se observa que el porcentaje de cobertura foliar por efecto de los factores fertilización y distanciamiento no mostraron diferencias estadísticamente significativas (Anexo 4) mientras que la cobertura foliar promedio de las variedades fueron estadísticamente diferentes.

Cuadro 9. Porcentaje promedio de cobertura foliar por efecto de los factores principales a los 62 días después de la siembra.

Dosis NPK	Amarilis		Única		Promedio NPK ^{ns}
	20 cm	40 cm	20 cm	40 cm	
180-120-160	86.60	74.90	100.00	92.60	88.53 a
240-160-150	88.00	83.40	100.00	94.60	91.50 a
Promedio D ^{ns}	93.65 b		86.38 b		90.01
Promedio V*	83.23 c ₂ *		96.80 c ₁ *		90.01
V*D ^{ns}	87.30	79.15	100.00	93.60	90.01
F*V ^{ns}	80.75	85.70	96.30	97.30	90.01
F*D ^{ns}	93.30	94.00	83.75	89.00	90.01

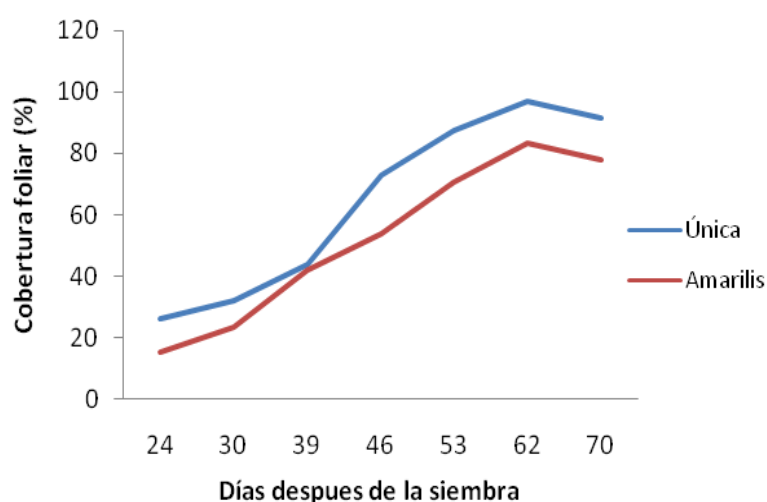
*Las diferencias de promedios de cobertura foliar por efecto del factor variedad resultaron estadísticamente significativas.

El Cuadro 9 muestra que la cobertura foliar de las plantas con diferente dosis de fertilización no fue estadísticamente significativas a los 62 días después de la siembra (Anexo 4). La falta de diferencias en la cobertura foliar de las plantas con diferente fertilización NPK guarda correspondencia con la falta de diferencias en el porte o altura de plantas y se atribuye al estado de fertilidad del suelo experimental que pudo compensar la nutrición de las plantas fertilizadas con menor dosis NPK.

Por otro lado, en el mismo Cuadro 9 se observa que las plantas con menor distanciamiento (20 cm) presentaron mayor cobertura foliar en comparación con el mayor distanciamiento (40 cm) debido a que con un menor distanciamiento (20 cm) se genera una mayor densidad de plantas. Sin embargo, estas diferencias no fueron estadísticamente significativas (Anexo 4).

En el Gráfico 3 se muestra que las plantas de la variedad Única mostraron mayor cobertura foliar en todas las fechas de evaluación. A los 62 días estas diferencias resultaron estadísticamente significativas (Anexo 4). Se puede afirmar que la variedad Única mostró mayor cobertura foliar por cuestiones intrínsecas a la variedad.

Gráfico 3. Variación de la cobertura foliar de las variedades Única y Amarilis.



4.4 INDICE DE ÁREA FOLIAR (IAF)

Esta característica alcanzó en promedio general 2.5 a los 57 días después de la siembra y a los 70 días se definió con 3.03 alcanzando su máximo valor (Cuadro 10).

En el Cuadro 10 se observa el índice de área foliar de las plantas en promedio de efectos principales y sus interacciones. El análisis de variancia (Anexo 4) del índice de área foliar de las plantas a los 70 días después de la siembra no mostró efectos

estadísticamente significativos en los factores principales debido al alto coeficiente de variabilidad.

En el Cuadro 10 se muestra que las plantas con mayor dosis de fertilización presentaron un mayor índice de área foliar a los 70 días después de la siembra. La mayor dosis de fertilización alcanzó un valor óptimo de índice de área foliar que se encuentra en el rango de tres a cinco, aunque esta diferencia resultó no significativa (Anexo 4).

Cuadro 10. IAF promedio por efecto de los factores principales a los 70 días después de la siembra.

Dosis NPK	Amarilis		Única		Promedio NPK ^{ns}
	20 cm	40 cm	20 cm	40 cm	
180-120-160	3.19	1.34	3.39	2.95	2.72
240-160-150	4.82	2.60	3.91	2.03	3.34
Promedio D ^{ns}	3.83		2.23		3.03
Promedio V ^{ns}	2.99		3.07		3.03
V*D ^{ns}	4.00	1.97	3.65	2.49	3.03
F*V ^{ns}	2.26	3.71	3.17	2.97	3.03
F*D ^{ns}	3.29	2.14	4.36	2.31	3.03

*Las diferencias de promedios del índice del área foliar por efecto de los tres factores principales resultaron estadísticamente no significativas.

Asimismo, en el Cuadro 10 se muestra que el índice de área foliar de las plantas con menor distanciamiento (20 cm) fue mayor a los 70 días después de la siembra. Se puede decir que las plantas con un distanciamiento de 20 cm alcanzaron un valor óptimo de índice de área foliar; sin embargo, esta diferencia tampoco fue estadísticamente significativa (Anexo 4).

Respecto a las variedades, en el Cuadro 10 se observa que las plantas de la variedad Única presentaron mayor índice de área foliar a los 70 días respecto a las plantas de la variedad Amarilis, aunque estas diferencias no fueron estadísticamente significativas (Anexo 4). Las plantas de la variedad Única reflejan mayor IAF por tener una mayor área foliar. Se podría mencionar que las plantas de la variedad Única alcanzaron un valor óptimo de índice de área foliar.

4.5 NÚMERO DE TALLOS

A los 43 días después de la siembra el número de tallos por planta estuvo definido manteniéndose casi constante hasta la cosecha. A los 43 días se observó 4.98 tallos y en la cosecha se obtuvo 4.09 tallos.

Cuadro 11. Número de tallos.planta⁻¹ en seis fechas de evaluación.

Tratamientos	Días después de la siembra					
	43	57	70	84	104	cosecha
(180-120-160)-U-20	6.50	5.75	5.50	6.25	6.25	4.76
(240-160-150)-U-20	5.75	5.75	6.00	5.67	5.75	4.83
(180-120-160)-U-40	4.75	3.00	3.33	3.33	3.00	3.28
(240-160-150)-U-40	4.00	4.75	4.67	4.67	3.25	3.34
(180-120-160)-A-20	5.00	6.00	6.00	6.33	6.50	4.68
(240-160-150)-A-20	5.33	5.00	5.00	5.33	5.75	4.69
(180-120-160)-A-40	4.75	3.00	3.67	3.33	3.00	3.63
(240-160-150)-A-40	3.75	4.00	3.67	3.50	3.50	3.50
Promedio	4.98	4.66	4.73	4.80	4.63	4.09

En el Cuadro 12 se muestra el número promedio de tallos por efecto de los factores principales y sus interacciones. El análisis de variancia (Anexo 4) del número de tallos a los 70 días no mostró diferencias estadísticamente significativas por efecto de las dosis de fertilización ni entre variedades; por el contrario, el distanciamiento mostró efectos estadísticamente diferentes (Anexo 4).

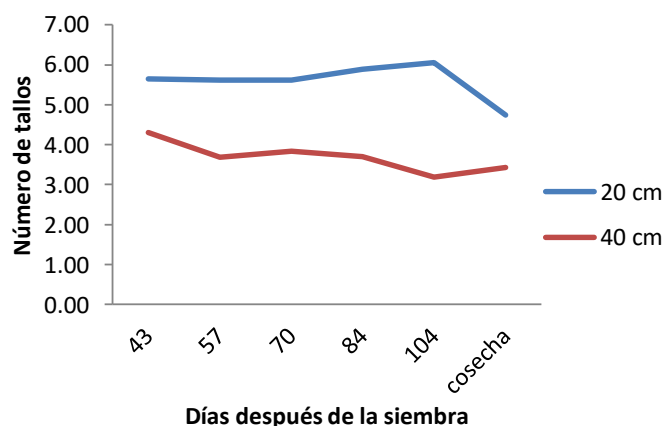
El número de tallos por planta no fue modificado por las dosis de fertilización por lo que podría inferirse que en nuestras condiciones el rol de la fertilización está más relacionado con el peso de planta que con una posible diferenciación de tallos.

Cuadro 12. Número promedio de tallos.planta⁻¹ por efecto de los factores principales a los 70 días después de la siembra.

Dosis NPK	Amarilis		Única		Promedio NPK ^{ns}
	20 cm	40 cm	20 cm	40 cm	
180-120-160	6.00	3.67	5.50	3.33	4.63 a
240-160-150	5.00	3.67	6.00	4.67	4.84 a
Promedio D*	5.63 b ₁ *		3.84 b ₂ *		4.73
Promedio V ^{ns}	4.59 c		4.88 c		4.73
VxD ^{ns}	5.50	3.67	5.75	4.00	4.73
FxV ^{ns}	4.84	4.34	4.42	5.34	4.73
FxD ^{ns}	5.75	5.50	3.50	4.17	4.73

*Las diferencias de promedios del número de tallos por efecto del factor distanciamiento resultaron estadísticamente significativas.

Gráfico 4. Número de tallos.planta⁻¹ por efecto de dos distanciamientos.



En el Gráfico 4 se observa una marcada diferencia en el número de tallos en todas las fechas de evaluación en las plantas sembradas a un menor distanciamiento (20 cm) respecto a las plantas sembradas a 40 cm. Las plantas sembradas con un menor distanciamiento presentaron 5.63 tallos mientras que las plantas que fueron sembradas con mayor distanciamiento (40 cm), lograron 3.84 tallos; estas diferencias resultaron estadísticamente significativas (Anexo 4).

Por otra parte, el Cuadro 11 muestra que las plantas de la variedad Única mostraron un mayor número de tallos respecto a la variedad Amarilis, pero a los 70 días estas

diferencias no fueron estadísticamente significativas (Anexo 4). Estas diferencias, aunque mínimas se deben a que el número de tallos depende de la cantidad de ojos de la semilla (estado de brotación), al momento de la siembra.

4.6 ESTOLONOS POR TALLO

El número promedio general de estolones.tallo⁻¹ a los 43 días fue de 6.52, a los 57 días fue 6.73 estolones.tallo⁻¹ obteniéndose en esta fecha el mayor número por último a los 84 días se observó 4.53 estolones.tallo⁻¹. En el Cuadro 13 se muestra el número de estolones.tallo⁻¹ a los 57 días en promedio de los factores principales y en sus interacciones. Aunque Única presentó mayor número de estolones por tallo que Amarilis, en esta fecha no se encontraron diferencias estadísticamente significativas en el número de estolones.tallo⁻¹ por efecto de los factores principales ni en sus interacciones (Anexo 5) ya que esta característica presentó un alto coeficiente de variabilidad.

Cuadro 13. Número promedio de estolones.tallo⁻¹ por efecto de los factores principales y sus interacciones a los 57 días después de la siembra.

Dosis NPK	Amarilis		Única		Promedio
	20 cm	40 cm	20 cm	40 cm	NPK ^{ns}
180-120-160	6.43	5.38	7.51	7.38	6.67 a
240-160-150	6.57	5.90	7.37	7.29	6.78 a
Promedio D ^{ns}	6.97 b		6.48 b		6.73
Promedio V ^{ns}	6.07 c		7.39 c		6.73
V*D	6.50	5.64	7.44	7.33	6.73
F*V	5.90	6.23	7.44	7.33	6.73
F*D	6.97	6.38	6.97	6.59	6.73

*Las diferencias de promedios del número de estolones por tallo por efecto de los tres factores principales resultaron estadísticamente no significativas.

Svensson, mencionado por Fernández Baca (1993) indica que en la práctica el número de estolones formados puede ser influenciado por muchos factores, encontrándose que, tanto el mayor tamaño o peso del tubérculo-semilla, el mayor distanciamiento entre plantas, el aumento y abastecimiento de nitrógeno y el aporque temprano incrementan el número de estolones por tallo. Por el contrario, indican que el aumento en el número de tallos disminuye el número de estolones por tallo.

4.7 TUBÉRCULOS POR TALLO

En general, a los 43 días después de la siembra el número de tubérculos.tallo⁻¹ promedio fue de 3.31, a los 57 días promedió 4.19 tubérculos.tallo⁻¹ y, finalmente, en la cosecha el número de tubérculos.tallo⁻¹ fue de 3.34. Los números promedio de tubérculos por tallo en las diferentes fechas de muestreo (Cuadro 14) indican que quedó definido alrededor de los 40 días después de la siembra.

En el Cuadro 15 se aprecia que el número de tubérculos en las plantas con mayor dosis NPK produjeron mayor número de tubérculos a los 57 días, aunque esta diferencia no fue estadísticamente significativa.

En el Cuadro 15 se observa el número de tubérculo.tallo⁻¹ a los 57 días en promedio de los factores principales y sus interacciones. No se encontró diferencias estadísticamente significativas en el número de tubérculos por efecto de la fertilización mientras que las diferencias de promedios entre variedades y distanciamientos fueron estadísticamente significativas (Anexo 5).

Cuadro 14. Número de tubérculos.tallo⁻¹ en seis fechas de evaluación.

Tratamientos	Días después de la siembra					
	43	57	70	84	104	cosecha
(180-120-160)-U-20	3.6	3.3	3.3	3.3	3.2	3.14
(240-160-150)-U-20	3.6	5.0	3.8	3.8	3.5	3.05
(180-120-160)-U-40	2.8	3.3	3.0	2.8	2.9	3.07
(240-160-150)-U-40	2.5	3.2	3.1	2.9	3.0	3.15
(180-120-160)-A-20	3.6	5.2	5.0	4.8	4.1	3.68
(240-160-150)-A-20	4.3	5.9	4.4	4.2	4.2	3.58
(180-120-160)-A-40	3.1	3.9	4.0	3.5	3.6	3.33
(240-160-150)-A-40	3.1	3.7	3.6	3.4	3.6	3.74
Promedio	3.3	4.2	3.8	3.6	3.5	3.34

Cuadro 15. Número promedio de tubérculos.tallo⁻¹ por efecto de los factores principales y sus interacciones a los 57 días después de la siembra.

Dosis NPK	Amarilis		Única		Promedio NPK ^{ns}
	20 cm	40 cm	20 cm	40 cm	
180-120-160	5.24	3.90	3.33	3.27	3.94 a
240-160-150	5.88	3.71	5.05	3.17	4.45 a
Promedio D*	4.88 b ₁		3.51 b ₂		4.19
Promedio V*	4.68 c ₁		3.71 c ₂		4.19
VxD ^{ns}	5.56	3.81	4.19	3.22	4.19
FxV ^{ns}	4.57	4.80	3.30	4.11	4.19
FxD ^{ns}	4.29	3.59	5.47	3.44	4.19

*La diferencia de promedios del número de tubérculos.tallo⁻¹ por efecto de los factores distanciamiento y variedad resultaron estadísticamente significativas.

En el Gráfico 5 se observa que el número de tubérculos.tallo⁻¹ fue siempre mayor en las plantas con menor distanciamiento. A los 57 días estas diferencias resultaron estadísticamente diferentes (Anexo 5).

En el Gráfico 6 se observa que la variedad Amarilis alcanzó un mayor número de tubérculos en todas las fechas de evaluación. A los 57 días esta diferencia resultó estadísticamente significativa (Anexo 5).

Gráfico 5. Variación del número de tubérculos.tallo⁻¹ por efecto de dos distanciamientos.

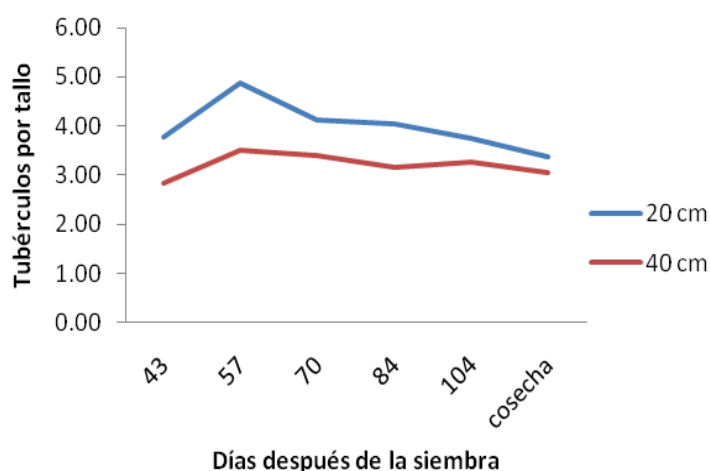
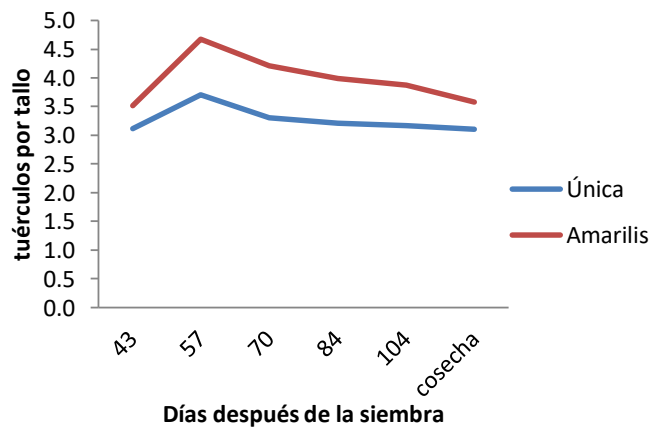


Gráfico 6. Variación del número de tubérculos.tallo⁻¹ en las variedades Única y Amarilis.



4.8 PESO FRESCO DE HOJAS, TALLOS Y TUBÉRCULOS

4.8.1 PESO FRESCO DE HOJAS

En el Cuadro 16 se muestra los pesos frescos promedio de hojas, el incremento de pesos entre periodos y el porcentaje respecto al peso máximo en cinco fechas. A los 43 días, el peso fresco promedio general de hojas llegó a 24.02 g.tallo⁻¹ y a los 70 días se alcanzó el mayor peso (65.34 g.tallo⁻¹).

El periodo de mayor incremento en el peso promedio general ocurrió entre los 43 y 57 días con 2.47 g/tallo/día, luego se observó un menor incremento de 0.52 g/tallo/día entre los 57 y 70 días. Después el peso comenzó a declinar mostrando un descenso de 0.24 g/tallo/día entre los 70 y 84 días y finalmente la pérdida de peso fue mayor entre los 84 y 104 días con 0.86 g/tallo/día.

En el mismo Cuadro 16 se puede apreciar que las plantas de la variedad Única alcanzaron su mayor peso fresco más temprano que los de la variedad Amarilis.

Cuadro 16. Promedio del peso fresco de hojas (g.tallo⁻¹), variación (g/tallo/día) y porcentaje respecto al peso fresco máximo en cinco fechas.

Tratamientos	Índice	Días después de la siembra				
		43	57	70	84	104
(180-120-100) U-20	Promedio	25,82	34,37	44,94	39,19	18,58
	g/tallo/día		0,61	0,81	-0,41	-1,03
	% del máx.	57,45	76,48	100,00	87,21	41,34
(240-160-150) U-20	Promedio	18,47	60,27	52,41	49,25	24,78
	g/tallo/día		2,99	-0,60	-0,23	-1,22
	% del máx.	30,65	100,00	86,96	81,72	41,11
(180-120-100) U-40	Promedio	28,76	70,94	83,46	79,23	51,82
	g/tallo/día		3,01	0,96	-0,30	-1,37
	% del máx.	40,54	100,00	117,65	111,69	73,05
(240-160-150) U-40	Promedio	42,4	89,15	90,69	89,14	66,54
	g/tallo/día		3,34	0,12	-0,11	-1,13
	% del máx.	46,75	98,30	100,00	98,29	73,37
(180-120-100) A-20	Promedio	16,02	31,03	36,92	40,03	22,38
	g/tallo/día		1,07	0,45	0,22	-0,88
	% del máx.	40,02	77,52	92,23	100,00	55,91
(240-160-150) A-20	Promedio	17,86	44,34	51,49	46,62	28,19
	g/tallo/día		1,89	0,55	-0,35	-0,92
	% del máx.	34,69	86,11	100,00	90,54	54,75
(180-120-100) A-40	Promedio	20,16	68,06	68,93	62,44	61,76
	g/tallo/día		3,42	0,07	-0,46	-0,03
	% del máx.	29,25	98,74	100,00	90,58	89,60
(240-160-150) A-40	Promedio	22,70	70,34	93,84	90,37	84,01
	g/tallo/día		3,40	1,81	-0,25	-0,32
	% del máx.	24,19	74,96	100,00	96,30	89,52
	Promedio	24,02	58,56	65,34	62,03	44,76
	g/tallo/día		2,47	0,52	-0,24	-0,86

En el Cuadro 17 se observa los promedios de los pesos de hoja por factores principales y sus interacciones. Se aprecia que solamente la diferencia en el peso de hoja por efecto del distanciamiento fue estadísticamente significativa (Anexo 5). En el mismo Cuadro 17 se muestra que las plantas con mayor dosis de fertilización alcanzaron un peso superior en todas las fechas evaluadas; sin embargo, a los 70 días estas diferencias no fueron estadísticamente significativas. El mayor peso de hojas en plantas con la mayor dosis NPK es explicado básicamente por el mayor aporte de nitrógeno.

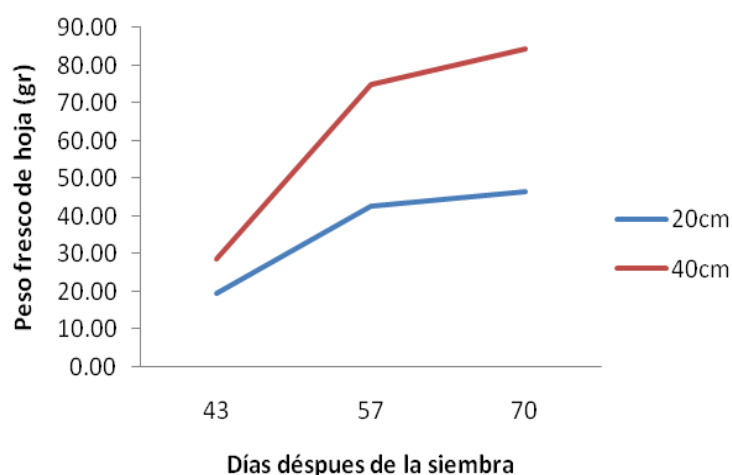
Cuadro 17. Peso fresco promedio de hojas por tallo (g.tallo⁻¹) por efecto de los factores principales a los 70 días después de la siembra.

Dosis NPK	Amarilis		Única		Promedio
	20 cm	40 cm	20 cm	40 cm	NPK ^{ns}
180-120-100	36.92	68.93	44.94	83.46	58.56 a
240-160-150	51.49	93.84	52.41	90.69	72.11 a
Promedio D*	46.44 b ₂		84.23 b ₁		65.34
Promedio V ^{ns}	62.80 c		67.88 c		65.34
V*D ^{ns}	44.21	81.39	48.68	87.08	65.34
F*V ^{ns}	52.93	72.67	64.20	71.55	65.34
F*D ^{ns}	40.93	76.20	51.95	92.27	65.34

*Las diferencias de promedios del peso fresco de plantas por efecto del distanciamiento resultaron estadísticamente significativas.

Las plantas de la variedad Única mostraron un mayor peso de hojas que en las de la variedad Amarilis en todas las fechas de evaluación, aunque a los 70 días la diferencia no resultó estadísticamente significativa. Los mayores pesos que presentaron las plantas de la variedad única se deben a su mayor porte y cobertura foliar.

Gráfico 7. Variación del peso de hoja.tallo⁻¹ por efecto de dos distanciamientos.



El Gráfico 7 muestra que las plantas con mayor distanciamiento de siembra (40 cm) presentaron mayor peso en todas las fechas de evaluación. A los 70 días alcanzaron un peso de 84.23 gr. tallo⁻¹ mientras que las plantas con menor distanciamiento (20 cm) alcanzaron un peso de 46.44 gr. tallo⁻¹. Esta diferencia resultó estadísticamente significativa (ANEXO 5) y es explicable por el hecho de que las plantas sembradas con un

mayor distanciamiento tienen mayor espacio, menor competencia y aprovechan mejor los nutrientes del suelo (menos plantas por metro cuadrado).

4.8.2 PESO FRESCO DE TALLOS

En el Cuadro 18 se observa que a los 43 días el peso fresco promedio de tallos fue de 12.95 g.tallo⁻¹, luego se incrementó a 31.98 g.tallo⁻¹ a los 70 días y finalmente alcanzó su máximo peso a los 84 días con 33.11 g.tallo⁻¹.

De igual manera, se puede observar que el mayor incremento en el peso de tallos ocurrió entre los 43 y 57 días con 0.97 g.tallo⁻¹, luego siguió el incremento, pero con una menor tasa de 0.42 g.tallo⁻¹ entre los 57 y 70 días y por último entre los 70 y 84 se observó un incremento de 0.08 g.tallo⁻¹. A partir de los 84 días se observó un decrecimiento de menos 0.53 g.tallo⁻¹ hasta los 104 días.

Por otra parte, en el mismo Cuadro 18 se observa que las plantas de la variedad Única alcanzaron su máximo peso fresco de tallos más temprano que las plantas de la variedad Amarilis.

En el Cuadro 19 se observan los pesos frescos de tallos promedio por efecto de los factores principales y sus interacciones a los 70 días después de la siembra. Se observa que los pesos frescos de los tallos de las plantas de la variedad Única, las sembradas a mayor distanciamiento y las que recibieron mayor dosis NPK fueron mayores pero estas diferencias y sus interacciones no fueron estadísticamente significativas por el alto coeficiente de variabilidad de esta característica (Anexo 5).

Cuadro 18. Promedio del peso fresco de tallos (g.tallo⁻¹), variación (g/tallo/día) y porcentaje respecto al peso fresco máximo en cinco fechas.

Tratamiento	Índices	Días después de la siembra				
		43	57	70	84	104
(180-120-100) U-20	Promedio	17.20	18.69	24.29	21.91	12.58
	g/tallo/día		0.11	0.43	-0.17	-0.47
	% del máx.	70.81	76.97	100.00	90.22	51.79
(240-160-150) U-20	Promedio	10.50	23.54	28.11	27.51	17.52
	g/tallo/día		0.93	0.35	-0.04	-0.50
	% del máx.	37.35	83.74	100.00	97.86	62.32
(180-120-100) U-40	Promedio	13.41	32.57	40.87	44.64	25.27
	g/tallo/día		1.37	0.64	0.27	-0.97
	% del máx.	30.03	72.96	91.56	100.00	56.62
(240-160-150) U-40	Promedio	13.25	44.02	51.72	46.93	31.13
	g/tallo/día		2.20	0.59	-0.34	-0.79
	% del máx.	25.62	85.12	100.00	90.73	60.19
(180-120-100) A-20	Promedio	6.59	16.16	18.93	23.97	12.65
	g/tallo/día		0.68	0.21	0.36	-0.57
	% del máx.	27.51	67.41	78.95	100.00	52.78
(240-160-150) A-20	Promedio	6.92	20.24	26.06	28.06	19.19
	g/tallo/día		0.95	0.45	0.14	-0.44
	% del máx.	24.67	72.12	92.89	100.00	68.38
(180-120-100) A-40	Promedio	7.51	26.12	28.28	35.81	30.91
	g/tallo/día		1.33	0.17	0.54	-0.25
	% del máx.	20.96	72.93	78.97	100.00	86.31
(240-160-150) A-40	Promedio	28.25	30.91	37.55	36.02	30.88
	g/tallo/día		0.19	0.51	-0.11	-0.26
	% del máx.	75.22	82.31	100.00	95.92	82.22
	Promedio	12.95	26.53	31.98	33.11	22.52

Cuadro 19. Peso fresco del tallo (g.tallo⁻¹) por efecto de los factores principales a los 70 días después de la siembra.

Dosis NPK	Amarilis		Única		Promedio NPK ^{ns}
	20 cm	40 cm	20 cm	40 cm	
180-120-100	18.93	28.28	24.29	40.87	28.09 a
240-160-150	26.06	37.55	28.11	51.72	35.86 a
Promedio D ^{ns}	24.35 b		39.61 b		31.98
Promedio V ^{ns}	27.70 c		36.25 c		31.98
VxD ^{ns}	22.49	32.92	26.20	46.30	31.98
FxV ^{ns}	23.60	31.81	32.58	39.91	31.98
FxD ^{ns}	21.61	34.58	27.09	44.64	31.98

*La diferencia de promedios por efecto de los factores principales y sus interacciones no son estadísticamente significativas.

4.8.3 RITMO DE TUBERIZACIÓN (PESO FRESCO DE TUBÉRCULOS)

En el Cuadro 20 se muestra los promedios de los pesos frescos de tubérculos por tallo en cinco fechas de evaluación; asimismo, se presenta el incremento entre periodos y el porcentaje respecto al peso máximo. A los 43 días el peso fresco fue de 7.15 g.tallo⁻¹, a los 70 días el peso fresco promedio fue de 100.81 g.tallo⁻¹. Esta tendencia del incremento del peso de tubérculo continuó, observándose a los 104 días un peso de 285.75 g.tallo⁻¹.

Cuadro 20. Promedio del peso fresco de tubérculos (g.tallo⁻¹), variación (g/tallo/día) y porcentaje respecto al peso fresco máximo en cinco fechas.

Tratamientos	Índices	Días después de la siembra				
		43	57	70	84	104
(180-120-100) U-20	Promedio	7.28	31.96	81.99	126.28	161.99
	g/tallo/día		1.76	3.85	3.16	1.79
	% del máx.	4.49	19.73	50.61	77.96	100.00
(240-160-150) U-20	Promedio	5.22	52.18	87.77	141.65	196.11
	g/tallo/día		3.35	2.74	3.85	2.72
	% del máx.	2.66	26.61	44.76	72.23	100.00
(180-120-100) U-40	Promedio	10.77	77.34	113.26	186.54	461.35
	g/tallo/día		4.76	2.76	5.23	13.74
	% del máx.	2.33	16.76	24.55	40.43	100.00
(240-160-150) U-40	Promedio	10.21	90.33	168.06	229.87	478.02
	g/tallo/día		5.72	5.98	4.42	12.41
	% del máx.	2.14	18.90	35.16	48.09	100.00
(180-120-100) A-20	Promedio	5.19	29.65	50.42	85.04	104.02
	g/tallo/día		1.75	1.60	2.47	0.95
	% del máx.	4.99	28.50	48.47	81.75	100.00
(240-160-150) A-20	Promedio	6.78	38.66	77.23	99.80	138.57
	g/tallo/día		2.28	2.97	1.61	1.94
	% del máx.	4.89	27.90	55.73	72.02	100.00
(180-120-100) A-40	Promedio	6.10	56.74	102.14	152.72	356.25
	g/tallo/día		3.62	3.49	3.61	10.18
	% del máx.	1.71	15.93	28.67	42.87	100
(240-160-150) A-40	Promedio	5.62	59.94	125.64	164.10	389.69
	g/tallo/día		3.88	5.05	2.75	11.28
	% del máx.	1.44	15.38	32.24	42.11	100.00
Promedio	g/tallo/día		3.39	3.55	3.39	6.88
	Promedio general	7.15	54.60	100.81	148.25	285.75

Los pesos por tallo anteriormente citados en el cuadro 20 equivalen a 34.6 g por planta a los 43 días, a 424.57 g a los 70 días y, por último, a los 104 días se alcanzó un peso promedio general de 1089.59 g.planta⁻¹.

El periodo de mayor incremento del peso de tubérculos ocurrió entre los 84 y 104 días con un peso de 6.88 g/tallo/día. Se observa también que en todas las fechas hubo incremento de pesos (llenado del tubérculo) en las plantas de los ocho tratamientos. Los tratamientos con la variedad Única alcanzaron mayor peso que los de la variedad amarilis.

En el Cuadro 21 se observan los pesos frescos de tubérculos por tallo a los 104 días en promedios de los factores principales y sus interacciones. El peso de tubérculos no fue estadísticamente diferente por efecto de las dosis NPK, por el contrario, la diferencia en el peso de tubérculos por efecto de los distanciamientos y variedad mostraron ser estadísticamente significativos (Anexo 6).

Cuadro 21. Peso fresco de tubérculos (g.tallo⁻¹) en promedio de los factores principales y sus interacciones a los 104 días después de la siembra.

Dosis NPK	Amarilis		Única		Promedio NPK ^{ns}
	20 cm	40 cm	20 cm	40 cm	
180-120-160	104.02	356.25	161.99	461.35	270.90 a
240-160-150	138.57	389.69	196.11	478.02	300.60 a
Promedio D*	150.17 b ₁ *		421.33 b ₂ *		285.75
Promedio V*	247.13 c ₁		324.37 c ₂		285.75
VxD ^{ns}	121.30	372.97	179.05	469.69	285.75
FxV ^{ns}	230.14	264.13	311.67	337.07	285.75
FxD ^{ns}	133.01	408.80	167.34	433.86	285.75

*Las diferencias de promedios del peso fresco de tubérculos por efecto del factor distanciamiento y variedad resultaron estadísticamente significativas.

En el Cuadro 21 se muestra que las plantas con mayor dosis de fertilización presentaron ligero mayor peso de tubérculos a los 104 días después de la siembra, aunque esta diferencia no resultó estadísticamente significativa; por el contrario, las diferencias de promedios por distanciamiento y variedades fueron estadísticamente diferentes (Anexo 6).

En el Gráfico 8 se observa que las plantas sembradas a mayor distanciamiento (40 cm) presentaron un mayor peso de tubérculos en todas las fechas de evaluación. A los 104 días alcanzaron un peso de 421.33 g.tallo⁻¹ respecto al de las plantas con menor distanciamiento que alcanzaron un peso de 150.17 g.tallo⁻¹. Esta diferencia resultó estadísticamente significativa (Anexo 6). Las plantas sembradas a mayor distanciamiento pudieron desarrollarse mejor, ya que tienen más espacio y menos competencia para el crecimiento de un menor número de tubérculos por tallo respecto a las plantas con un distanciamiento menor.

Gráfico 8. Variación del peso de tubérculos.tallo⁻¹ por efecto de dos distanciamientos.

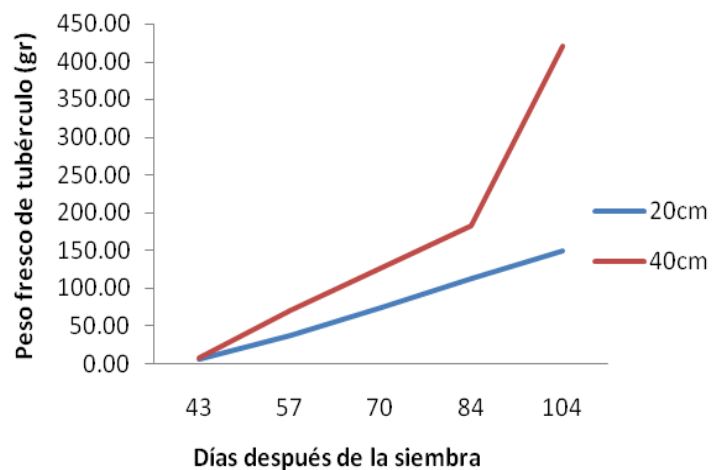
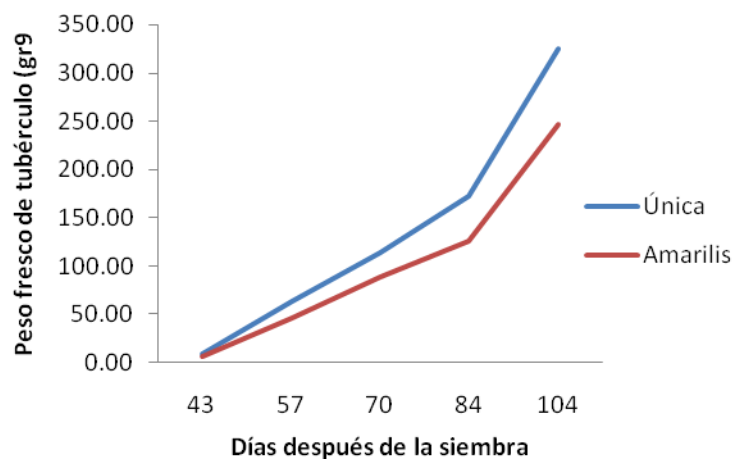


Gráfico 9. Variación del peso de tubérculos.tallo⁻¹ de las variedades Única y Amarilis.



En el Gráfico 9 se muestra que las plantas de la variedad única mostraron mayor peso de tubérculos en todas las fechas de evaluación. A los 104 días esta diferencia resultó estadísticamente significativa (Anexo 6).

4.9 RENDIMIENTO

4.9.1 RENDIMIENTO TOTAL

En el Cuadro 22 se observa el rendimiento total ($t\cdot ha^{-1}$) en la cosecha. Los rendimientos totales por efecto de las dosis de fertilización y los distanciamientos no mostraron efectos significativos mientras que el rendimiento de las variedades fue estadísticamente diferente (Anexo 6).

Cuadro 22. Rendimiento total ($t\cdot ha^{-1}$) promedio por efecto de los factores principales a los 115 días después de la siembra.

Dosis NPK	Amarilis		Única		Promedio NPK ^{ns}
	20 cm	40 cm	20 cm	40 cm	
180-120-100	32.14	26.85	42.66	39.54	35.30 a
240-160-150	33.46	31.74	44.49	42.29	38.00 a
Promedio D ^{ns}	38.19 b		35.11 b		36.65
Promedio V*	31.05 c ₁		42.25 c ₂		36.65
V*D ^{ns}	32.80	29.30	43.58	40.92	36.65
F*V ^{ns}	29.50	32.60	41.10	43.39	36.65
F*D ^{ns}	37.40	33.20	38.98	37.02	36.65

*Las diferencias de promedios del factor variedad resultaron estadísticamente significativas.

Con la mayor dosis de fertilización se logró un mayor promedio de rendimiento, aunque esta diferencia resultó estadísticamente no significativa (Anexo 6).

No se evidencia diferencia estadística en el rendimiento total entre las dosis de fertilización ya que tanto el área foliar, peso de hoja, tallo y tubérculos, al igual que el porte de planta y cobertura foliar tampoco mostraron diferencias por lo que estos indicadores se reflejan en el rendimiento final del cultivo.

De la misma manera, aunque se observa que el rendimiento total por efecto del menor distanciamiento (20 cm) fue mayor debido posiblemente al mayor número de tubérculos, esta diferencia tampoco resultó estadísticamente significativa (ANEXO 6).

A pesar de que, durante el crecimiento, el peso del tubérculo por planta bajo un distanciamiento de 40 cm, mostró diferencias en comparación con el peso del tubérculo bajo un distanciamiento de 20 cm, esto no se reflejó en el rendimiento final y podría deberse a que el tubérculo sembrado a 40 cm de distanciamiento abarca mayor área por planta, mientras que en el rendimiento final se considera igual área para los dos distanciamientos.

El rendimiento de la variedad Única promedió un peso de 42.25 t/ha en contraparte al rendimiento de la variedad Amarilis que fue 31.05 t/ha. Esta diferencia resultó estadísticamente significativa (Anexo 6) debido a que la variedad Única posee características genéticas que influyen en el tamaño de tubérculo haciéndolos más grandes que la variedad Amarilis, reflejándose el mismo resultado en el peso de tubérculo por tallo observados en los muestreos de tuberización.

4.9.2 RENDIMIENTO COMERCIAL

El Cuadro 23 muestra el rendimiento comercial promedio (tubérculos mayores de 6 cm de longitud) por efecto de los factores principales y sus interacciones. El rendimiento comercial de las variedades mostró diferencias estadísticamente significativas (Anexo 6); la variedad Única tuvo un marcado mejor comportamiento que la variedad Amarilis. No se encontraron diferencias estadísticamente significativas en el rendimiento comercial por efecto de las dos dosis de fertilización ni entre los dos distanciamientos.

Por otra parte, la diferencia en el rendimiento comercial por parte de variedad Única se podría deber a que esta variedad mostró un mejor porte de planta, cobertura foliar, peso de hoja, tallo y tubérculo respecto a la variedad Amarilis, haciendo los tubérculos más grandes que se evidenciaron en el rendimiento comercial.

Cuadro 23. Rendimiento comercial (t.ha⁻¹) por efecto de los factores principales y sus interacciones a los 115 días después de la siembra.

Dosis NPK	Amarilis		Única		Promedio NPK ^{ns}
	20 cm	40 cm	20 cm	40 cm	
180-120-100	17.55	14.70	38.87	37.75	27.22 a
240-160-150	20.38	20.51	40.44	39.19	30.13 a
Promedio D ^{ns}	29.31 b		28.04 b		28.67
Promedio V*	18.29 c ₂		39.06 c ₁		28.67
V*D ^{ns}	18.97	17.61	39.66	38.47	28.67
F*V ^{ns}	16.13	20.45	38.31	39.82	28.67
F*D ^{ns}	28.21	26.23	30.41	29.85	28.67

*Las diferencias de promedios del factor variedad resultaron estadísticamente significativas.

4.9.3 NÚMERO DE TUBÉRCULOS

En el Cuadro 24 se observa el número de tubérculos por metro cuadrado en la cosecha por efecto de los factores principales y sus interacciones. Se observa que el número de tubérculos en las plantas con dos dosis NPK y de las dos variedades no fueron estadísticamente diferentes (Anexo 6); por el contrario, las diferencias en el número de tubérculos fueron significativas por efecto del distanciamiento. Con el menor distanciamiento (20 cm) se logró un mayor número de tubérculos por metro cuadrado. Este factor es el más influyente sobre el número de tubérculos por metro cuadrado en la cosecha, ya que un menor distanciamiento equivale a una mayor densidad de cultivo.

Cuadro 24. Número promedio de tubérculos por metro cuadrado por efecto de los factores principales a los 115 días después de la siembra.

Dosis NPK	Amarilis		Única		Promedio NPK ^{ns}
	20 cm	40 cm	20 cm	40 cm	
180-120-100	86.77	42.06	76.03	37.00	60.47 a
240-160-150	83.56	41.27	75.97	35.22	59.01 a
Promedio D*	80.58 b ₁		38.89 b ₂		59.74
Promedio V ^{ns}	63.42 c		56.06 c		59.74
V*D ^{ns}	85.17	41.67	76.00	36.11	59.74
F*V ^{ns}	64.42	62.42	56.52	55.60	59.74
F*D ^{ns}	81.40	39.53	79.77	38.25	59.74

*Las diferencias de promedios del factor distanciamiento resultaron estadísticamente significativas.

4.10 PORCENTAJE DE MATERIA SECA

En el Cuadro 25 se muestra el porcentaje de materia seca de los tubérculos en seis fechas de evaluación. En general, a los 43 días el porcentaje de materia seca fue de 14.46 por ciento, luego a los 70 días llegó a 17.85 por ciento manteniendo en las fechas siguientes su tendencia a incrementarse, llegando a su máximo porcentaje en la cosecha (115 días), con 23.43 por ciento. El máximo incremento se dio entre los días 57 y 70 días con un incremento diario de 0.20 por ciento, luego en las siguientes fechas mantuvo un incremento, pero con tasas menores.

Cuadro 25. Variación del porcentaje promedio, incremento (% día) y porcentaje respecto al contenido máximo de materia seca de los tubérculos en seis fechas.

Tratamientos	Índices	Días después de la siembra					
		43	57	70	84	104	115
(180-120-100) U-20	Promedio	14.42	14.46	16.90	17.52	20.10	20.71
	% día		0.00	0.19	0.04	0.13	0.06
	% máx.	69.63	69.82	81.59	84.59	97.07	100
(240-160-150) U-20	Promedio	15.25	15.64	17.65	18.57	21.59	22.55
	% día		0.03	0.15	0.07	0.15	0.09
	% máx.	67.61	69.37	78.27	82.36	95.76	100.00
(180-120-100) U-40	Promedio	13.69	14.38	17.22	18.54	23.09	23.23
	% día		0.05	0.22	0.09	0.23	0.01
	% máx.	58.95	61.93	74.14	79.82	99.41	100.00
(240-160-150) U-40	Promedio	15.48	15.85	19.97	20.76	23.37	23.23
	% día		0.03	0.32	0.06	0.13	-0.01
	% máx.	66.63	68.21	85.94	89.36	100.60	100.00
(180-120-100) A-20	Promedio	13.11	13.85	16.71	18.64	23.01	24.11
	% día		0.05	0.22	0.14	0.22	0.10
	% máx.	54.38	57.43	69.32	77.30	95.44	100.00
(240-160-150) A-20	Promedio	13.93	14.99	17.74	19.24	23.36	24.61
	% día		0.08	0.21	0.11	0.21	0.11
	% máx.	56.60	60.93	72.10	78.20	94.91	100.00
(180-120-100) A-40	Promedio	13.98	15.46	17.66	18.06	21.09	23.80
	% día		0.11	0.17	0.03	0.15	0.25
	% máx.	58.75	64.97	74.18	75.88	88.61	100.00
(240-160-150) A-40	Promedio	15.84	16.91	18.95	19.91	22.02	25.20
	% día		0.08	0.16	0.07	0.11	0.29
	% máx.	62.86	67.11	75.22	79.03	87.38	100
	Promedio general	14.46	15.19	17.85	18.91	22.20	23.43
	% día		0.05	0.20	0.08	0.16	0.11

En el Cuadro 26 se puede apreciar que el porcentaje promedio de materia seca de tubérculos no fue modificada por efecto de los factores principales y sus interacciones (Anexo 6).

Cuadro 26. Porcentaje de materia seca por efecto de los factores principales a los 115 días después de la siembra.

Dosis NPK	Amarilis		Única		Promedio
	20 cm	40 cm	20 cm	40 cm	NPK ^{ns}
180-120-160	24.11	23.80	20.71	23.23	22.96 a
240-160-150	24.61	25.20	22.55	23.93	24.07 a
Promedio D ^{ns}	23.00 b		24.04 b		23.52
Promedio V ^{ns}	24.43 c		22.61 c		23.52
V*D ^{ns}	24.36	24.50	21.63	23.58	23.52
F*V ^{ns}	23.96	24.90	21.97	23.24	23.52
F*D ^{ns}	22.41	23.51	23.58	24.56	23.52

*Las diferencias de promedios de materia seca por efecto de los tres factores principales resultaron estadísticamente no significativas.

En el Cuadro 26 se muestra que a los 115 días (cosecha) después de la siembra los tubérculos de la variedad Amarilis, los tubérculos de plantas con mayor dosis de fertilización y los de plantas sembradas a mayor distanciamiento (40 cm) alcanzaron mayor porcentaje de materia seca pero estas diferencias no fueron estadísticamente significativas (Anexo 6).

V. CONCLUSIONES

1. Las dosis de fertilización de 180-120-160 y 240-160-150 Kg/ha de NPK no produjeron cambios importantes en los diferentes indicadores del crecimiento, tuberización y rendimiento. Estos resultados se atribuyen al estado de fertilidad inicial del suelo experimental.
2. Los distanciamientos producen cambios en el porte y peso fresco de plantas y hojas, número de tallos y número de tubérculos por talo y metro cuadrado, pero no producen cambios en el rendimiento total ni comercial por efecto compensatorio del mayor número de tubérculos de la variedad Amarilis.
3. Las plantas de la variedad Única mostraron mayor porte y desarrollaron mayor cobertura foliar; en la cosecha alcanzaron mayor rendimiento total y comercial en comparación a la variedad Amarilis cuyo crecimiento y desarrollo fue menor a lo observado en otras condiciones de campo.

VI. RECOMENDACIONES

1. Los estudios sobre ritmo de tuberización de variedades deben, realizar muestreos de tuberización desde fechas más cercanas a la fecha de siembra.
2. Las condiciones experimentales deben realizar labores agronómicas y sobre todo mayor control de la oportunidad de riego y manejo de las plagas y enfermedades.
3. Realizar nuevas evaluaciones del comportamiento de la variedad Amarilis en diferentes condiciones de semilla, regiones geográficas y épocas de siembra.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Alaluna, E. 1997. Interacción de la variedad, tamaño de tubérculo y densidad de siembra en la producción de tubérculo semilla de papa (*Solanum tuberosum*). Anales Científicos UNALM. 49:122-130.
2. Alisdair, R. 2001. Molecular and biochemical triggers of Potato tuber development. Plant Physiology 127:1459-1465.
3. Baca, F. 1993. Efecto del número de aporques en el rendimiento de cuatro cultivares de papa. Tesis para optar el título de Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional Agraria La Molina. 80 p.
4. Bákula, B. 1966. Estudio del rendimiento y ritmo de tuberización de híbridos y variedades de papa en Sierra y Costa. Tesis para optar el título de Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional Agraria La Molina. 115 p.
5. Booth. 1963. The role of substances in the development of stolon. The growth of the potato. England-London: 99-113.
6. Buckman, H. y Brady, N. 1988. Naturaleza de los suelos. México, D.F. Editorial Uteha. 590 p.
7. Calzada, J. 1970. Métodos estadísticos para la investigación. Ed. Jurídica. 3 ed. Lima, PE. 643 p.

8. Ccoicca, E. 2013. Efectos de dos formulaciones comerciales de pyraclostrobim y dos distanciamientos de siembra en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L. var Única). Tesis para optar el título de Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional Agraria La Molina. 56 p.
9. Christiansen, E. 1967. El cultivo de papa en el Perú. Ed. Jurídica. Lima, PE. 351 p.
10. CIP. 1997. Informe técnico anual 1996-1997 del Proyecto PROMESPA “Proyecto para el mejoramiento y semilla de papa”. Centro Internacional de la Papa - CIP. Lima, PE. 65 p.
11. CIP. 1998. Informe técnico anual 1997-1998 del Proyecto PROMESPA “Proyecto para el mejoramiento y semilla de papa”. Centro Internacional de la Papa - CIP. Lima, PE. 54 p.
12. Cortbaoui, R. 1988. Siembra de papa. Ed. Lima, Perú. Centro Internacional de la Papa. 17 p.
13. Demetrio, ML. 2002. Procedencia y tamaño de semilla, distanciamiento de siembra, fertilización orgánica y mineral en el cultivo de papa (cv. Yungay) en Sierra Central. Tesis para optar el título de Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional Agraria La Molina. 75 p.
14. Egúsquiza, P. 1987. Botánica, taxonomía y mejoramiento genético de la papa: El cultivo de papa con énfasis en la producción de semilla. Lima, Perú. Programa de Investigación y Proyección Social en Papa. Universidad Nacional Agraria La Molina.
15. García, M; Portela, A. y Florez, V. 2009. Sustancias con actividad citoquinínica estimulan la brotación de yemas en tubérculos de papa. *Bragantia* 68(3):555-562.

16. Giletto, C. 2006. Fertilización nitrogenada de cultivares de papa (*Solanum tuberosum*) en el Sudeste Bonaerense. *Ciencias del Suelo* 24(1):1850-2067.
17. Gross, A. 1986. *Abonos y fertilizantes*. 7 ed. Madrid, España. Editorial Mundi-Prensa. 560 p.
18. Gutiérrez, R. 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):41-50.
19. Huancas, L. 2003. Procedencia de la semilla, distanciamiento de semilla y niveles de fertilización mineral en el rendimiento del cultivo de papa variedad Amarilis bajo condiciones de Costa Norte. Tesis para optar el título de Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional Agraria La Molina. 68 p.
20. Igarza, C; Agramonte, D; Alvarado, Y; De Fera, M. y Pugh, T. 2012. Empleo de métodos biotecnológicos en la producción de semilla de papa. *Biotecnología Vegetal* 12(1):3-24.
21. Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI). Producción de papa. Lima, PE. Consultado el 31 de oct. 2013. Formato (.xlsx). Disponible en: <http://www.inei.gob.pe/estadisticas/indice-tematico/economia/>
22. Instituto Nacional de Investigación Agraria (INIA). 1995. Papa. Serie de Compendio de información técnica. 237 p.
23. Instituto Nacional de Investigación Agraria (INIA). 2013. Seguridad alimentaria (en línea). Consultado 15 de marzo. 2013. Formato Adobe Acrobat Document (.pdf). Disponible en: <http://www.inia.gob.pe/notas/nota0622/Presentacion%20ALAP.pdf>

24. Jackson, S. 1979. Multiple signaling pathways control tuber. *Potato Research* 22(1):49-57.
25. Kloosterman, B; Vorst, O y Bachem, C. 2005. Tuber on a chip: Differential gene expression during potato tuber development. *Plant Biotechnology Journal* 3:505-519.
26. Koda, Y. y Okazawa, Y. 1988. Detection of potato tuber-inducing activity in potato leaves and old tubers. *Plant Cell Physiol* 29(6):969-974.
27. Kumar, P.F. y Wareing. 1972. Factores de control de desarrollo estolón en la planta de papa. *New Phytologist* 71(4):639-648.
28. Lorente, JB. 1998. Biblioteca de agricultura. 2 ed. España. 768 p.
29. Marschner, R. 1986. Mineral nutrition of higher plants. 3 ed. London-England. Academic Press. 674 p.
30. Mendoza, H. 2008. Genética y mejoramiento de la papa en el Perú (en línea). Consultado 10 de feb. 2013. Formato Adobe Acrobat Document (.pdf). Disponible en:
<http://www.asdmas.com/documentos/cursoRAAA/primer%20dia/Humberto.pdf>.
31. Menzel, C. 1985. Tuberization in potato at high temperatures: Interaction between temperature and irradiance. *Ann Bot.* 55(1): 35-39.
32. Michael, V. 2001. Lipoxygenase is involved in the control of potato tuber development. *The Plant Cell.* (13):613-626.
33. O'Brian, P. 1998. A review of some studies into tuber initiation in potato (*Solanum tuberosum*) crops. *The Journal of Agricultural Science* 130(3):251-270.

34. Pozo, M. 1997. Tuberización, tamaño de semilla y corte de tubérculos. Centro Internacional de la Papa (en línea). Consultado 26 de oct. 2012. Formato Adobe Acrobat (.pdf). Disponible en: <http://www.cipotato.org/library/pdfdocs/TIBes5103.pdf>.
35. Potash and Phosphate Institute. 1998. Soil fertility manual. California, US. 85 p.
36. Ramírez, O; Cabrera, A. y Cobera, J. 2005. Fertilización nitrogenada de papa (*Solanum tuberosum*) en la provincia de Holguín. Dosis optima de nitrógeno. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas 25(2):75-80.
37. Rodríguez, M; Blou, J. y Prat, S. 2006. Seasonal control of tuberization in potato: Conserved elements with the flowering response. Annual Review of Plant Biology. 57:151-180.
38. Rosales, J. 1981. Ensayos sobre densidad de siembra, tamaño de semilla y niveles nitrogenados en el rendimiento de papa. Tesis para optar el título de Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional Agraria La Molina. 70 p.
39. Sifuentes, F. 2012. Crecimiento, producción y calidad de papa (*Solanum tuberosum* L. var. Única). Tesis para optar el título de Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional Agraria La Molina. 64 p.
40. Struik, P; Haverkort, A. y Vreugdenhil, D. 1990. Manipulation of tuber-size distribution of a potato crop. Potato Research 33(4):417-432.
41. Takahashi, K. 1994. Expansion of potato cells in response to jasmonic acid. Plant Science 100(1):3-8.

42. Tisdale, S. y Nelson, W. 1977. Fertilidad de los suelos y fertilizantes. Barcelona, España. Montaner y Simón S.A. 443 p.
43. Van der Zagg, DE. 1990. La patata y su cultivo en los Países Bajos. Instituto Consultativo Holandés sobre la Patata. La Haya. Holanda. 76 p.
44. Vásquez, L. 2009. Efecto de la materia orgánica y del distanciamiento de siembra en el rendimiento de dos variedades de papa (*Solanum tuberosum*), en el valle del Mantaro-Junín. Tesis para optar el título de Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional Agraria La Molina. 79 p.
45. Villagarcía, S. 1987. La nutrición mineral y la fertilización de la papa. El cultivo de papa con énfasis en la producción de semillas. Programa de Investigación y Proyección Social. Lima, Perú: 157-167.
46. Viola, R. 2001. Tuberization in potato involves a switch from apoplastic to symplastic phloem unloading. *The Plant Cell* 13:385-398.
47. Vreugdenhil, D. 1997. Cell division and cell enlargement during potato tuber formation. *Plant Physiology* 49(320):573-582.
48. Walworth, J. 2002. Tuber initiation and development in irrigated and non-irrigated potatoes. *Potato Research* 79(6):387-395.
49. Wiersema, SG. 1987. Efecto de la densidad de tallos de la producción de papa. 3 ed. Lima, Perú. Centro Internacional de la Papa (en línea). Consultado 28 de jul. 2012. Formato Adobe Acrobat Document (.pdf). Disponible en: <http://www.cipotato.org/library/pdfdocs/TIBes5103.pdf>.

VIII. ANEXOS

Anexo 1. Resultados del análisis físico-químico del suelo experimental.

Análisis de suelo	
Campos Libres	
pH(1:1)	7.84
CE(1:1) dS/m	0.58
CaCo3 (%)	4.1
M.O (%)	1.3
P(ppm)	18
k(ppm)	161
Clase textural	Fr. A.
CIC	10
Suma de cationes	9.6
Suma de bases	9.6
% de saturación de bases	100

FUENTE: Laboratorio de Análisis de Suelos, Planta, Aguas y Fertilización (LASPAF) de la UNALM.

Anexo 2. Características de la temperatura y humedad relativa durante la fase experimental.

Agosto	Temperatura promedio	Humedad Relativa (%) promedio	Septiembre	Temperatura promedio	Humedad Relativa (%) promedio
1	16.3	94	1	16	91.5
2	15	93.5	2	16	79
3	16.5	91	3	17	85
4	16.3	92	4	16	90.5
5	16	92	5	16	92
6	16	88	6	16.7	89.5
7	16	87.5	7	16.75	90
8	16	93	8	17	84
9	15	90	9	17	90
10	15.65	89	10	16	91.5
11	15	88.5	11	17	85
12	16.3	85.5	12	17.55	85.5
13	17.45	85	13	18.05	87.5
14	17.5	86.5	14	16	94
15	15	92.5	15	18.45	82
16	17	87.5	16	17	89
17	18.25	79.5	17	16.5	94
18	17.7	90	18	19	81.5
19	15.15	93	19	16	94
20	15	92.5	20	18.2	89
21	16	90.5	21	17.2	89
22	17	87	22	17.5	86.5
23	16.45	85	23	17.7	85.5
24	15.45	86.5	24	17.45	89.5
25	16.5	88	25	18	82
26	17.75	84.5	26	17	86
27	16	90.5	27	16.7	89.5
28	15.55	89	28	16	93
29	17	93	29	16	93
30	17.3	85.5	30	17	86

FUENTE: Observatorio Meteorológico Alexander Von Humboldt.

Anexo 3. Registro de temperatura y humedad (Continuación).

Octubre	Temperatura promedio	Humedad Relativa (%) promedio	Noviembre	Temperatura promedio	Humedad Relativa (%) promedio
1	16	89	1	20	82
2	17	90	2	19	88
3	16	89	3	17.8	91
4	16	87	4	17.8	91
5	16.8	87.5	5	19.55	81.5
6	17.3	89.5	6	18	86.5
7	18	87.5	7	18.55	85.5
8	18.5	84.5	8	19	82.5
9	17.3	86	9	18.7	86
10	15	92	10	18.25	85.5
11	18	81	11	18.8	85.5
12	17	85.5	12	19	81.5
13	16.75	90.5	13	18	83.5
14	16.5	89	14	18	85.5
15	17.5	87.5	15	20.2	82
16	18.8	78	16	20	80.5
17	18.45	84	17	19	85
18	18	83	18	19	85.5
19	18.5	85	19	18	89
20	18.05	84	20	20.05	81.5
21	18.3	86	21	19.5	83
22	18.2	82	22	18	87.5
23	18	82.5	23	20	74.5
24	19.2	81.5	24	19	83.5
25	19	80.5	25	19	82
26	18.8	80	26	20	82.5
27	20	76	27	18.95	83
28	17.45	91.5	28	19.75	78.5
29	16	89.5	29	20.3	75.5
30	19.5	81	30	19.45	79

FUENTE: Observatorio Meteorológico Alexander Von Humboldt.

Anexo 4. Cuadrados medios de los análisis de variancia de la altura planta, cobertura foliar, índice de área foliar y número de tallos.

Fuente	GL	Altura de planta ¹	Cobertura foliar ²	IAF ³	Número de tallos ⁴
NPK (a)	1	27.195 ns	167.033 ns	0.051 ns	0.013 ns
Distanciamiento (b)	1	88.778*	1092.196 ns	0.031 ns	0.609 *
Variedad (c)	1	130.008*	4175.837*	0.01 ns	0.042 ns
Interacción axb	1	6.753 ns	75.245 ns	0.008 ns	0.00001 ns
Interacción bxc	1	52.275 ns	10.476 ns	0.035 ns	0.011 ns
Interacción axc	1	16.965 ns	110.372 ns	0.155 ns	0.011 ns
Interacción axbxc	1	10.238 ns	39.139 ns	0.055 ns	0.0003 ns
Error	24	19.252	307.448	0.046	0.047
total	31				
Coef.Variabilidad		10.07	25.5	38.5	13.42

CM¹: Cuadrado medio del ANVA de la altura de planta a los 70 días después de la siembra.

CM²: Cuadrado medio del ANVA de la cobertura foliar a los 62 días después de la siembra.

CM³: Cuadrado medio del ANVA del IAF a los 70 días después de la siembra.

CM⁴: Cuadrado medio del ANVA del número de tallos a los 70 días después de la siembra.

Anexo 5. Cuadrados medios de los análisis de variancia del número de estolones, tubérculo por tallo, peso fresco de hoja y tallo.

Fuente	GL	Número de estolones ⁵	Tubérculos por tallo ⁶	Peso fresco de hoja ⁷	Peso fresco de tallo ⁸
NPK (a)	1	0.095 ns	2.121 ns	1468.413 ns	880.35 ns
Distanciamiento (b)	1	1.876 ns	14.878*	11424.294*	1529.321ns
Variedad (c)	1	13.952 ns	7.605*	206.298 ns	404.416 ns
Interacción axb	1	0.095 ns	172.236 ns	50.878 ns	201.001 ns
Interacción bxc	1	1.143 ns	3036.932 ns	2.97 ns	92.684 ns
Interacción axc	1	0.389 ns	148.092 ns	307.706 ns	41.907 ns
Interacción axbxc	1	0.052 ns	133.416 ns	55.994 ns	124.346 ns
Error	24	2.946	12018.3419	839.02	327.626
total	31				
Coef.Variabilidad		36.94	25.78	29.01	30.5

CM⁵: Cuadrado medio del ANVA del número de estolones a los 57 días después de la siembra.

CM⁶: Cuadrado medio del ANVA del número de tubérculos por tallo a los 70 días después de la siembra.

CM⁷: Cuadrado medio del ANVA del peso fresco de hoja a los 70 días después de la siembra.

CM⁸: Cuadrado medio del ANVA del peso fresco de tallo a los 70 días después de la siembra.

Anexo 6. Cuadrados medios de los análisis de variancia del peso fresco de tubérculo, rendimiento total y comercial, número de tubérculos y porcentaje de materia seca.

Fuente	GL	Peso fresco de tubérculo ⁹	Rendimiento total ¹⁰	Rendimiento comercial ¹¹	Número de tubérculo ¹²	Materia Seca ¹³
NPK (a)	1	7053.75 ns	20.18 ns	35.659 ns	0.375 ns	13.55 ns
Distanciamiento	1	588200.27**	18.988 ns	2.01 ns	21.191**	8.914 ns
Variedad (c)	1	47725.051*	280.548*	1539.015*	0.604 ns	24.23 ns
Interacción axb	1	172.236 ns	4.27 ns	0.744 ns	6.091 ns	0.081 ns
Interacción bxc	1	3036.932 ns	0.085 ns	1.629 ns	0.089 ns	7.401 ns
Interacción axc	1	148.092 ns	0.948 ns	13.755 ns	1.374 ns	0.861 ns
Interacción axbxc	1	133.416 ns	1.848 ns	0.051 ns	1.061 ns	1.373 ns
Error	24	12018.3419	20.809	13.056	3.867	13.86
Total	31					
Coef.Variabilidad		25.78	15.37	11.77	15.15	11.77

CM⁹: Cuadrado medio del ANVA del peso fresco de tubérculo a los 70 días después de la siembra.

CM¹⁰: Cuadrado medio del ANVA del rendimiento total a los 115 días después de la siembra.

CM¹¹: Cuadrado medio del ANVA del rendimiento comercial a los 115 días después de la siembra.

CM¹²: Cuadrado medio del ANVA del número de tubérculos por metro cuadrado a los 115 días después de la siembra.

CM¹³: Cuadrado medio del ANVA del porcentaje de materia seca a los 115 días después de la siembra.