



Evaluación de tres variedades de papa (*Solanum tuberosum* L.), tres densidades de siembra y dos sustratos para producción de semilla prebásica

Evaluation of three potato varieties (*Solanum tuberosum* L.), three planting densities and two substrates for prebasic seed production

Vásquez-Ramírez, W.¹, Pérez-Ascencio, M.A.², Lara-Ascencio, F.³

Resumen

La investigación se desarrolló en los invernaderos de la Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de El Salvador, en los meses de mayo a septiembre de 2017; el objetivo fue evaluar tres variedades de papa: Soloma, Tollocan y Granola, en tres densidades de siembra (6, 8 y 10 plantas en 0.16 m²), con dos combinaciones de sustrato (escoria volcánica 60% más fibra de coco 40%) y (piedra pómez 60% más fibra de coco 40%), en un volumen de 98.75 L.m⁻², aplicando la técnica de hidroponía para la producción de minitubérculos como semilla prebásica. El diseño utilizado fue de bloques completamente al azar con arreglo trifactorial, con 18 tratamientos, cuatro bloques y la prueba de

comparación de medias de Tukey al 5% de significancia. Variables evaluadas: diámetro de tallo, número de hojas, altura de plantas, total de minitubérculos, número de tubérculos por planta, peso total de minitubérculos y se determinó porcentaje de materia seca. Para analizar la información generada se utilizó el software estadístico InfoStat. Como resultados en las variables número de plantas, total de minitubérculos por tratamiento, número total de minitubérculos por planta y peso total de minitubérculos la variedad de papa Soloma, fue superior, mostrando diferencias significativas ($p < 0.05$) con relación a las variedades Granola y Tollocan. Asimismo, la densidad de siembra de seis minitubérculos en 0.16 m² (37.5 minitubérculos.m⁻²) fue superior con relación a

1 Tesista, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de El Salvador. wilfredo_vr@hotmail.com
2 Asesor, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de El Salvador. mario.perez@ues.edu.sv
3 Asesor, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de El Salvador. fcolaraa@yahoo.es

las densidades de ocho y diez minitubérculos para la variable número de hojas, total de minitubérculos por tratamiento y peso de minitubérculos. Con relación al sustrato, escoria volcánica 60% más fibra de coco 40% mostró diferencias estadísticas significativas ($p \leq 0.05$) para la variable, número de hojas, total de minitubérculos, respecto al sustrato piedra pómez 60% más fibra de coco 40%. Se concluye que la variedad Soloma, presentó mayores rendimientos de minitubérculos por metro cuadrado con densidad de 37.5 plantas, utilizando la combinación escoria volcánica 60% más fibra de coco 40%.

Palabras claves: Papa, Soloma, Tollocan, Granola, Combinaciones de sustratos, Densidad de siembra.

Abstract

The research was carried out in the greenhouses of the Faculty of Agronomic Sciences, University of El Salvador, in the months of may to september 2017; the objective was to evaluate three potato varieties: Soloma, Tollocan and Granola, in three planting densities (6, 8 and 10 plants in 0.16 m²), with two substrate combinations (60% volcanic slag plus 40% coconut fiber) and (Pumice stone 60% plus coconut fiber 40%), in a volume of 98.75 L.m⁻², applying the hydroponics technique for the production of mini tubers as a prebasic seed. The experimental design used was completely randomized blocks with a three-factor arrangement, with 18 treatments, four blocks and the Tukey mean comparison test at 5% significance. Variables evaluated: stem diameter, number of leaves, height of plants, total of mini-tubers, number of tubers per plant, total weight of mini-tubers and percentage

of dry matter was determined. To analyze the information generated, the statistical software InfoStat was used. As results in the variables number of plants, total of mini-tubers per treatment, total number of mini-tubers per plant and total weight of mini-tubers, the Soloma potato variety was higher, showing significant differences ($p < 0.05$) in relation to Granola varieties and Tollocan. Likewise, the sowing density of six mini-tubers in 0.16 m² (37.5 mini-tubers.m⁻²) was higher in relation to the densities of eight and ten mini-tubers for the variable number of leaves, total of mini-tubers per treatment and weight of mini-tubers. In relation to the substrate, volcanic slag 60% plus coconut fiber 40% showed significant statistical difference ($p \leq 0.05$) for the variable, number of leaves, total minituber, with respect to the pumice stone substrate 60% plus coconut fiber 40%. It is concluded that the Soloma variety showed higher yields of mini-tubers per square meter with a density of 37.5 plants, using the combination 60% volcanic slag plus 40% coconut fiber.

Keywords: Potato, Soloma, Tollocan, Granola, Substrate combinations, Planting density.

Introducción

La papa (*Solanum tuberosum* L.), es el cuarto cultivo sembrado en más de 100 países y es el alimento básico de países desarrollados, en Europa y Estados Unidos consumen 75 kg per cápita anual, mientras que en El Salvador este valor es de 2.2 kg per cápita anual. En el ámbito mundial, se producen 290 millones de TM en 13.85 millones de hectáreas (Cortez y Hurtado 2002).

La mayor parte de los tubérculos de papa utilizados como semilla, que usan los agricultores en la mayoría de países en desarrollo, provienen del sistema tradicional, quienes emplean tubérculos para consumo sin las características deseables de una “buena semilla”, por esta razón, los bajos rendimientos promedios obtenidos, se atribuyen especialmente a la falta de uniformidad en la calidad del tubérculo para siembra (Horton 1992).

En nuestro país el cultivo de la papa es uno de los rubros de mayor importancia económica en la zona alta de Chalatenango. Sin embargo, las áreas de siembra y los rendimientos han ido disminuyendo, debido a que los productores carecen de semilla de buena calidad y el material de papa que utilizan para tal fin, no reúne las condiciones para propagar plantas en huertos productivos, por otra parte al importar semilla de papa de países vecinos también se corre el riesgo de introducir nuevas plagas y enfermedades o proliferar focos de infección de las ya existentes¹.

Según la Dirección General de Economía Agropecuaria (DGEA) 2016, actualmente se siembran entre 500 a 572 hectáreas anuales, en la zona alta de Las Pilas, San Ignacio, Chalatenango (2000 a 2400 msnm), superficie de producción, cubriendo el 20% de la demanda total de papa; razón por la cual año con año se importan, sin embargo para el año agrícola 2015-2016 se importaron 79,397,672 Kg haciendo un valor de \$7,241,410.65, para cubrir la demanda nacional.

Por esta razón y con el fin de garantizar a los productores, la obtención de semilla de calidad, el Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal (CENTA) y la Universidad de El Salvador, a través de la Facultad de Ciencias Agronómica, con el apoyo

internacional de la Agencia de Cooperación Internacional de Corea (KOICA), realizan investigaciones en la producción y manejo de semilla prebásica mejorada de papa en condiciones protegidas, permitiendo a los productores continuar con la reproducción e incrementar las áreas de siembra de papa para consumo.

Por lo anterior, esta investigación tuvo como objetivo evaluar tres variedades de papa, tres densidades de siembra y dos combinaciones de sustrato para la producción de semilla prebásica, utilizando la técnica de hidroponía en condiciones de invernadero con la finalidad que los productores tengan semilla tubérculo libre de plagas y enfermedades.

Materiales y Métodos

Lugar de la investigación

La investigación se realizó en el período comprendido de mayo a septiembre del año 2017, en los invernaderos de la Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de El Salvador (UES), a una elevación de 750 msnm, con coordenadas geográficas 13°43.7' 68" LN, 89°12.1' 53" LO; con una temperatura promedio de 24.2°C, humedad relativa del aire del 82% y una precipitación promedio anual de 1,695 mm (MARN 2016).

Descripción del invernadero

El ensayo se realizó bajo condiciones protegidas en un invernadero de forma semi-circular, con una ventana cenital en la parte superior del techo, con dimensiones de 5 m de ancho por 10 m de largo, haciendo un área total de 50 m², cuenta con dos alturas una

lateral de 3.0 m y altura central de 4.10 m. El invernadero está construido de tubos galvanizados de 3.81 y 5.08 cm de diámetro (1.5 y 2.0 pulgadas), con una orientación de este a oeste.

El material de recubrimiento consta de un plástico (Etileno-Vinilo de Acetato, EVA) ultravioleta de 180 micrones en la parte superior y un sombreo con tela sarán del 50% para reducir incidencia de la radiación solar. En los costados laterales y frontales recubiertos con malla anti-virus de 120 mesh. Consta de un sistema de riego por goteo y nebulizadores, controlado con un programador de riego electrónico (EZ PROjr-8300 SERIES). Asimismo, se instalaron 125 jabas de polietileno con dimensiones de 0.31 m x 0.51 m x 0.10 m distribuidas en cinco líneas, de las cuales 72 formaron parte del experimento. El invernadero dispone de un Hidrotérmografo (OAKON), equipo e instrumento que mide temperatura en grados Celsius y humedad relativa expresada en porcentaje durante las 24 horas del día.

Obtención de minitubérculos semilla

La obtención de minitubérculos semillas provenientes de la generación (G1), se produjo en los invernaderos de la Facultad, clasificándolos visualmente: por su estado de madurez (tubérculo joven), por su tamaño y brotación lateral (vigor). Las variedades utilizadas fueron: Soloma, Tollocan y Granola.

Establecimiento y manejo del cultivo

Previo a la siembra, se realizó una limpieza y desinfección de la infraestructura y sus accesorios. Las combinaciones de sustrato (escoria volcánica 60% más fibra de coco 40%) y (piedra pómez

60% más fibra de coco 40%), se desinfectaron con Ditiocarbamato en una dosis 1.42 L.ha⁻¹. Cada jaba con capacidad de 15.8 litros de sustrato. El sustrato se llevó a capacidad de campo. La siembra manual se realizó el 22 de mayo de 2017, colocando seis, ocho y diez semillas minitubérculos por jaba.

Fertilización

La fertilización se realizó con base en las etapas fisiológicas del cultivo (Cuadro 1), en la cual se utilizaron fertilizantes altamente hidrosolubles, formulados según la fenología de la planta, empleando parámetros físico-químicos: pH y conductividad eléctrica (CE) expresada en dS.m⁻¹, aplicado a la investigación, con la finalidad de controlar y monitorear, los parámetros antes mencionados durante la aplicación de la solución nutritiva en las diferentes etapas fenológicas que se aportaron como solución del suelo o sustrato en el entorno radicular. Para su elaboración se preparó una solución molar o concentrada de los fertilizantes hidrosolubles: inicio 15N-30P-15K-1Mg, desarrollo 18N-6P-18K-2Mg-8S + EM (elementos menores en forma de quelatos) y producción 13N-6P-40K respectivamente. Para la elaboración de la solución concentrada se pesaron 148 g de fertilizante por litro de agua.

Partiendo de la solución concentrada, se preparó las soluciones nutritivas calculando parámetros físico-químicos de pH y CE, para el pH un valor de 6.0 y CE de 1.1 hasta 2.0 dS.m⁻¹ distribuidos en las tres fases del cultivo: vegetativa, formación y elongación de estolones; y desarrollo de tubérculos.

Cuadro 1. Programa de nutrición del cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.).

Semanas	Conductividad eléctrica (C.E) (dS.m ⁻¹)	L/jaba	Veces/día	Días fertilizado semana	Total semana (L)	Total/72 jabas (L)	Solución nutritiva (L) por etapa fenológica
Inicio 15-30-15-1Mg							
1	1.1	0.55	3	3	4.95	356.4	
2	1.2	0.55	3	3	4.95	356.4	
3	1.3	0.55	3	3	4.95	356.4	1,900.8
4	1.4	0.55	3	3	4.95	356.4	
5	1.5	0.55	3	4	6.6	475.2	
Desarrollo 18-6-18-2Mg-8S + EM							
6	1.6	0.55	3	4	6.6	475.2	
7	1.7	0.55	3	4	6.6	475.2	1,888.8
8	1.8	0.55	3	4	6.6	475.2	
9	2.0	0.55	3	4	6.6	475.2	
Producción 13-6-40							
10	2.0	0.55	3	4	6.6	475.2	
11	2.0	0.55	3	4	6.6	475.2	1,663.2
12	1.8	0.55	3	3	4.95	356.4	
13	1.8	0.55	3	3	4.95	356.4	
Total de volumen solución nutritiva gastado del ciclo productivo							5,452.8

Monitoreo de plagas y enfermedades

Se realizó un monitoreo de plagas y enfermedades para tomar medidas de acción preventiva como: prácticas culturales, y químicas, durante el ciclo del cultivo (Cuadros 2 y 3).

Proceso de curado

Cuando el cultivo llegó a su madurez fisiológica (90 días después de la siembra) se realizó un muestreo, para observar que los minitubérculos semilla, tuvieran el tamaño adecuado para su cosecha, se procedió a eliminar el follaje manualmente, a una altura de cinco a diez centímetros del nivel del sustrato.

Cuadro 2. Programa fitosanitario en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.).

Ubicación	Plagas y enfermedad	Nombre científico	Producto	Dosis y aplicaciones
Follaje	Cogollero Saltamontes	<i>Spodoptera sp</i> <i>Empoasca sp</i>	Insecticida	0.62 L.ha ⁻¹ de forma preventiva cada 15 días.
Follaje	Acaros blanco	<i>Polyphazotarsonemus latus</i>	Spiromesifen	0.75 L.ha ⁻¹ de forma preventiva cada 15 días.
Tallo	Mal de talluelo	<i>Fusarium spp</i>	Abamectina	1 L.100 L de agua-1, cada 15 días
Tallo	Mal de talluelo	<i>Fusarium spp</i>	Fungicida-Extractos vegetales	1.5 L.ha ⁻¹ 28 días dds del cultivo.
Follaje	Tizón temprano	<i>Phytophthora infestans</i> <i>Alternaria solani</i>	Fungicida-Propamocarb clorhidrato	0.6 g.L agua-1 de forma preventiva cada 8 días.

Cosecha

La cosecha se realizó cuando el cultivo alcanzó su madurez completa, esta consistió en remover el sustrato, extraer y recolectar los minitubérculos manualmente, efectuándose 15 días después de la defoliación. Posteriormente se categorizó con base en peso y se midieron los diámetros de los minitubérculos.

Población y muestra

La investigación se realizó con 1,728 plantas de papa, la unidad experimental se representó por seis, ocho y diez plantas por jabas, distribuidos por cuatro bloques al azar y cada bloque estuvo constituido por 18 tratamientos, totalizando 72 jabas.

Tratamientos en estudio

Los factores en estudio son tres variedades de papa (Soloma, Tollocan y Granola), tres densidades de siembra (seis, ocho y diez minitubérculos semillas por jaba) y dos combinaciones de sustratos (60% escoria volcánica más 40% fibra de coco y 60% piedra pómez más 40% fibra de coco). Combinando los tres factores, se obtuvieron los tratamientos en estudio (Cuadro 3).

Variables en estudio

Variables de crecimiento: durante la fase vegetativa del cultivo se evaluaron las variables diámetro de tallo (cm), número de hojas, altura de las plantas (cm), peso fresco de tallos y hojas (g), peso seco de tallos y hojas (g).

Cuadro 3. Programa fitosanitario en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.).

TRATAMIENTOS		
Variedades	Densidad de siembra minitubérculos.0.16 m ⁻²	Combinaciones de sustratos
T1= Soloma	6 (33.5 minitub.m-2)	Escoria volcánica (60%) más fibra de coco (40%)
T2= Soloma	6 (33.5 minitub.m-2)	Piedra pómez (60%) más fibra de coco (40%)
T3= Soloma	8 (53.3 minitub.m-2)	Escoria volcánica (60%) más fibra de coco (40%)
T4= Soloma	8 (53.3 minitub.m-2)	Piedra pómez (60%) más fibra de coco (40%)
T5= Soloma	10 (62.5 minitub.m-2)	Escoria volcánica (60%) más fibra de coco (40%)
T6= Soloma	10 (62.5 minitub.m-2)	Piedra pómez (60%) más fibra de coco (40%)
T7= Tollocan	6 (33.5 minitub.m-2)	Escoria volcánica (60%) más fibra de coco (40%)
T8= Tollocan	6 (33.5 minitub.m-2)	Piedra pómez (60%) más fibra de coco (40%)
T9= Tollocan	8 (53.3 minitub.m-2)	Escoria volcánica (60%) más fibra de coco (40%)
T10= Tollocan	8 (53.3 minitub.m-2)	Piedra pómez (60%) más fibra de coco (40%)
T11= Tollocan	10 (62.5 minitub.m-2)	Escoria volcánica (60%) más fibra de coco (40%)
T12= Tollocan	10 (62.5 minitub.m-2)	Piedra pómez (60%) más fibra de coco (40%)
T13= Granola	6 (33.5 minitub.m-2)	Escoria volcánica (60%) más fibra de coco (40%)
T14= Granola	6 (33.5 minitub.m-2)	Piedra pómez (60%) más fibra de coco (40%)
T15= Granola	8 (53.3 minitub.m-2)	Escoria volcánica (60%) más fibra de coco (40%)
T16= Granola	8 (53.3 minitub.m-2)	Piedra pómez (60%) más fibra de coco (40%)
T17= Granola	10 (62.5 minitub.m-2)	Escoria volcánica (60%) más fibra de coco (40%)
T18= Granola	10 (62.5 minitub.m-2)	Piedra pómez (60%) más fibra de coco (40%)

Variabes de producción: en la fase de cosecha se evaluaron las variables número de plantas por tratamiento, total de minitubérculos, número de minitubérculos por planta, peso de minitubérculos, diámetro de minitubérculos.

Clasificación de minitubérculos: con base a diámetro y peso se clasifican en tres categorías grande, mediana y pequeña (Cuadro

4).

Metodología estadística

El diseño estadístico utilizado fue bloques completos al azar con arreglo trifactorial, donde los factores en estudio fueron las variedades de papa, tres densidades de siembra y dos

combinaciones de sustratos. El experimento estuvo constituido por cuatro bloques y 18 tratamientos para un total de 72 unidades experimentales, debido a que el invernadero presenta una gradiente de luminosidad. Se utilizó además una prueba de comparación de medias Tukey con un grado de significativa ($p>0.05$) para conocer los mejores tratamientos.

Cuadro 4. Clasificación de minitubérculos de papa (*Solanum tuberosum* L.) para producción de segunda generación (G2).

Variedad	Categorías					
	Diámetro (mm)			Peso (g)		
	Pequeña	Mediana	Grande	Pequeña	Mediana	Grande
Soloma	< 1.8	1.8 - 2.3	> 2.45	< 6	7-11	> 12
Granola	< 1.8	1.8 - 2.3	> 2.45	< 6	7-11	> 12
Tollocan	< 1.4	1.4 - 1.8	> 1.9	< 5	6-10	>10

Resultados y discusión

A continuación se presentan los resultados más relevantes de la investigación, tomando como base las principales variables evaluadas y una discusión apoyada en la comparación con estudios similares.

Diámetro de tallo.

Para la variable diámetro de tallo en las diferentes densidades de siembra, se presentaron diferencias altamente significativas, además la prueba de comparación de medias de Tukey muestra que existió variación en densidades de siembra seis y ocho minitubérculos con 3.93 y 3.81 mm de diámetro respectivamente. Sin embargo, al analizar las variedades no existieron diferencias

estadísticas significativas (Figura 1). Según Muñoz (2016), pueden ser atribuidos a que los tejidos meristemáticos presentes en el tallo se mantienen en activo crecimiento; sin embargo, este crecimiento se puede interrumpir por un cambio de las condiciones ambientales, como la duración del día, descensos de temperatura y competencia de nutrientes y luz, al asociarlo con los resultados obtenidos en esta investigación, atribuyéndose a que a mayores densidades de siembra existe mayor competencia por luz, nutrientes, espacio y agua; lo que provoca que los tallos expresen etiolación por las condiciones antes mencionadas.

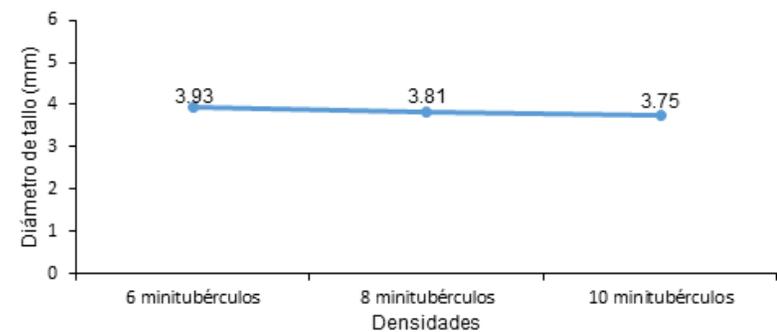


Figura 1. Diámetro de tallo de tres variedades de papa (*Solanum tuberosum* L.), en tres densidades de siembra.

Número de hojas

En cuanto a los factores variedades y densidades de siembra e interacción de las combinaciones de sustratos, el análisis de varianza mostró diferencias estadísticas significativas, comparando sus promedios con la prueba de Tukey, en la variedad Tollocan, cuando estuvo en densidades de siembra

de seis minitubérculos y la combinación de sustrato (escoria volcánica 60% más fibra de coco 40%) presentó el mayor número de hojas por planta, no obstante la variedad Soloma en densidades de siembra diez minitubérculos y el sustrato (Piedra pómez 60% más fibra de coco 40%) el número de hojas fue menor (Figura 2). Según García *et al.* (2016), la variedad de papa "Yuya" en casa malla con sustrato de materia orgánica descompuesta presentó mayor desarrollo vegetativo con altos valores de masa fresca del follaje, sistema radicular y tasa absoluta de crecimiento con respecto a las variedades de papa Ibis, Grettel y Marinca bajo densidades similares. Además Fleischer (2006), indica que del

número presente de hojas, desarrollo y longevidad de las mismas se ven reducidas por la incidencia de temperaturas altas, razón por la cual en la investigación la variedad Soloma presentó el menor número de hojas por las condiciones de temperatura alta.

Altura de plantas

Para los factores variedades de papa, densidades de siembra e interacción de las combinaciones de sustratos, el análisis de varianza mostró diferencias estadísticas significativas y al realizar la comparación de las medias de Tukey, se observó que las variedades Tollocan y Granola presentaron los mayores valores

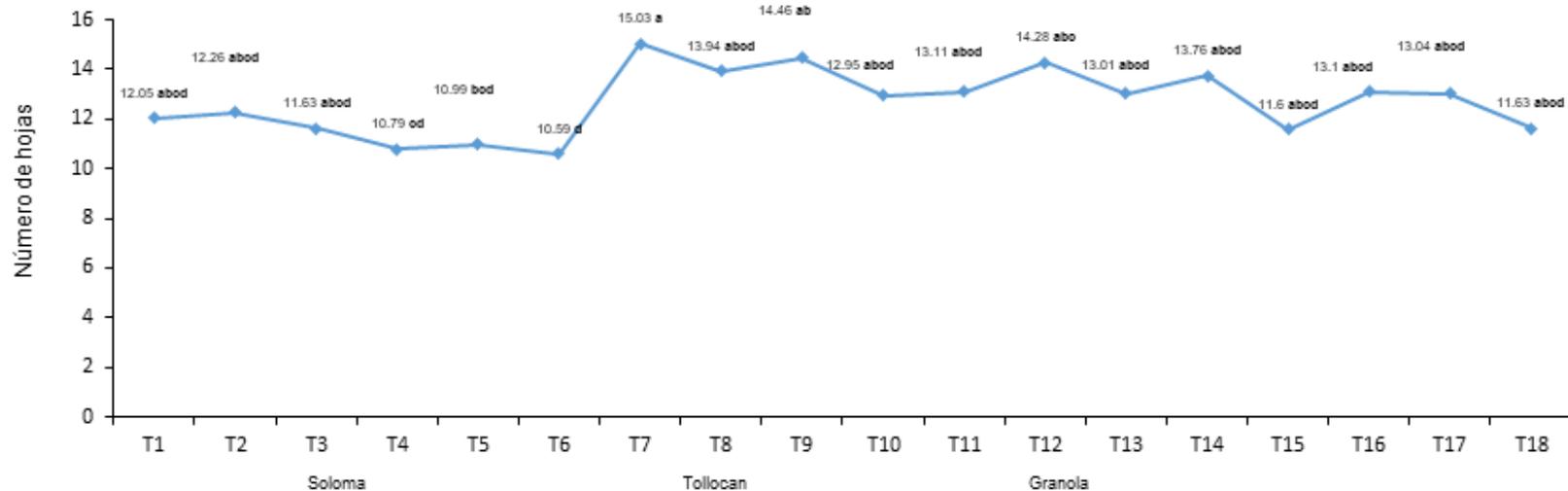


Figura 2. Número de hojas, interacción de tres variedades de papa (*Solanum tuberosum* L.), tres densidades de siembra (6, 8 y 10 minitubérculos), y dos combinaciones de sustrato.

59.31 cm y 57.81 cm respectivamente, no así para los demás tratamientos (Figura 3). Una investigación realizada por Muñoz (2016), indica que el sometimiento a un ambiente controlado, la altura de las plantas de papa puede estar asociada con la expresión genética de la variable. Asimismo, Paredes *et al.* (2001), la variedad Fripapa, obtuvo el promedio más alto en altura de planta con 90.92 cm, al compararla con la variedad Raymipapa que obtuvo 73.62 cm. Sin embargo, las plantas que se desarrollaron con el sistema convencional obtuvieron la mayor altura de 117.07 cm,

con respecto a las que se desarrollaron en el sistema hidropónico que obtuvieron 47.47 cm.

Número de plantas por tratamiento

Con respecto a esta variable el análisis de varianza reportó diferencias altamente significativas para los tres factores (variedades por densidades de siembra e interacción de combinaciones de sustratos), realizando la prueba de comparación de medias de Tukey, encontrando que el factor variedad,

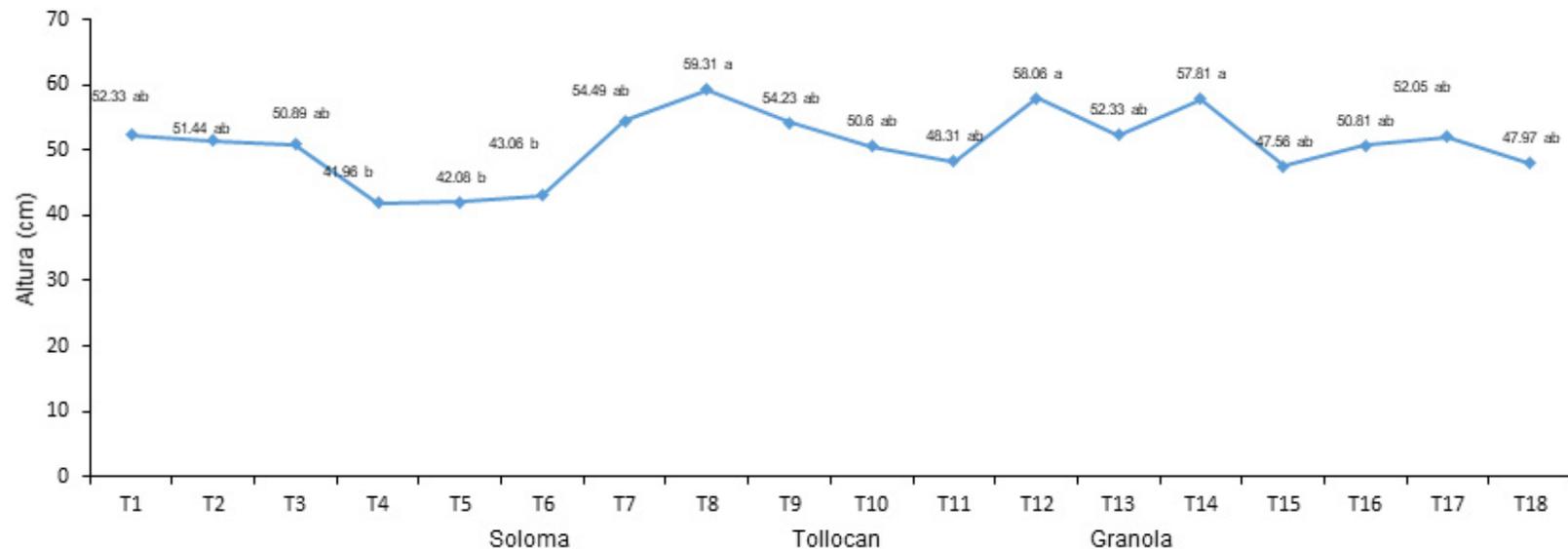


Figura 3. Altura de planta, interacción de tres variedades de papa (*Solanum tuberosum* L.), tres densidades de siembra (6, 8 y 10 minitubérculos), y dos combinaciones de sustrato.

presentó diferencias altamente significativas; mostrando, que la papa Tollocan, su crecimiento y desarrollo fue mejor en las densidades evaluadas y en ambos sustratos, no obstante la variedad Granola mostró un pobre desempeño en los sustratos. Los datos demuestran un comportamiento en aumento relativo, en la variable número de plantas especialmente en densidades de siembra de ocho minitubérculos en ambos sustratos para variedad Granola (Figura 4). Según Fariña (2009) cuando las condiciones fisiológicas de la papa semilla están con algún grado

de envejecimiento (senilidad) los minitubérculos, producirán plantas con mayor número de tallos pero con menor desarrollo vegetativo, como resultado un bajo rendimiento.

Total de minitubérculos por tratamiento

Para la triple interacción factores variedades, densidades de siembra por combinaciones de sustratos, el análisis de varianza mostró diferencias altamente significativas. Como respuesta al comportamiento de la combinación de los factores involucrados, la variedad Soloma, fue mejor en el número de

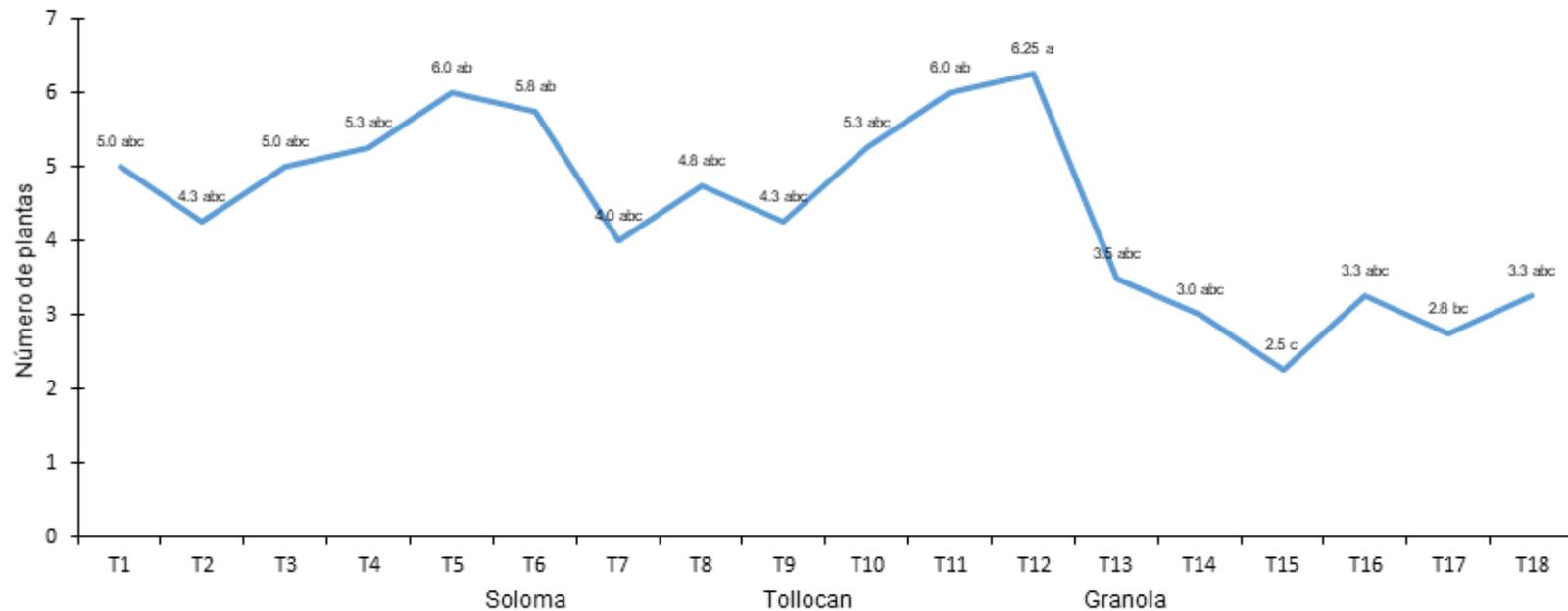


Figura 4. Número de plantas, interacción de tres variedades de papa (*Solanum tuberosum* L.), tres densidades de siembra (6, 8 y 10 minitubérculos), y dos combinaciones de sustrato.

minitubérculos, especialmente en densidad de siembra de seis y ocho minitubérculos en el sustrato escoria volcánica al 60% más fibra de coco 40%, no obstante, la variedad Tollocan y Granola su comportamiento fueron menores (Figura 5). Los valores encontrados indican que la variedad Soloma produjo entre 48 y 81 minitubérculos por tratamientos, al contrario las variedades Tollocan y Granola produjeron entre 23 y 43.75 minitubérculos por tratamiento. Según Wiersema (1987), el número de tubérculos producidos depende de la competencia generada por

las densidades entre los tallos por los factores, como nutrientes, agua y luz.

Número total de minitubérculos por planta

Para los factores variedad por densidades de siembra y la interacción combinaciones de sustratos, el análisis de varianza mostró diferencias estadísticas significativas, confirmando con la prueba de comparación de medias de Tukey las diferencias entre los tratamientos, siendo, la variedad Soloma con sustrato

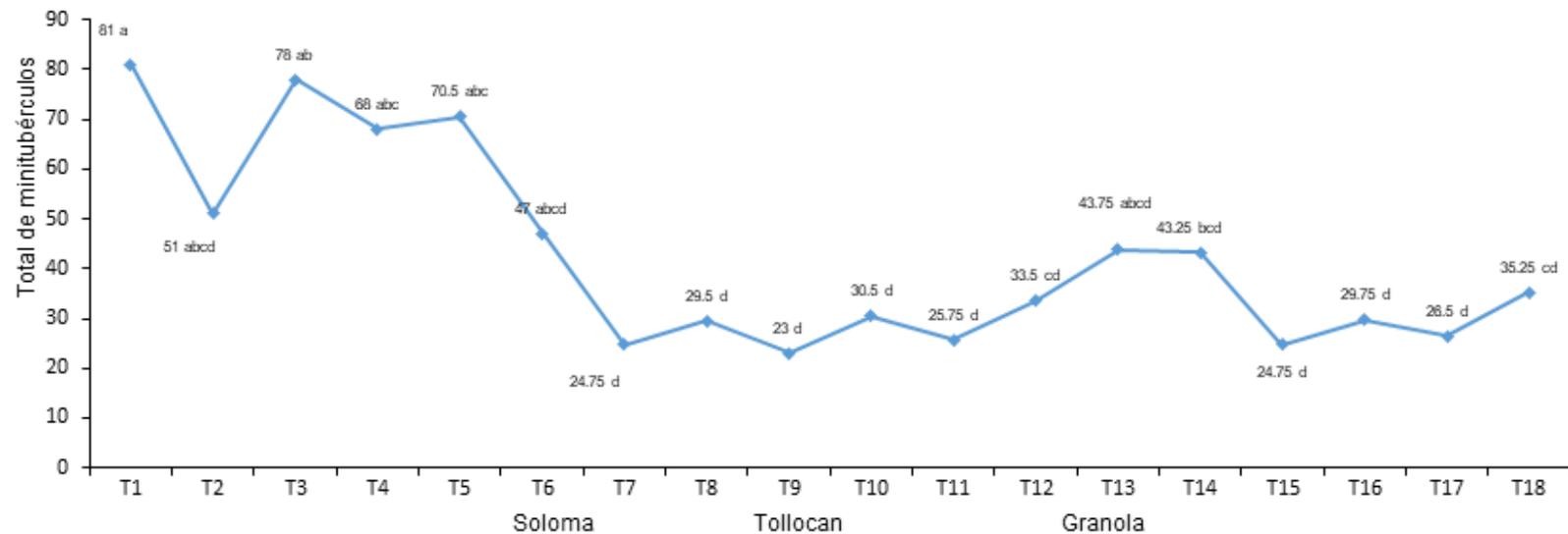


Figura 5. Número de plantas, interacción de tres variedades de papa (*Solanum tuberosum* L.), tres densidades de siembra (6, 8 y 10 minitubérculos), y dos combinaciones de sustrato.

de escoria volcánica 60% más fibra de coco 40% el que presentó el mayor número de minitubérculos (19.42), mientras, la variedad Tollocan su producción fue menor con 4.41 minitubérculos (Figura 6). Según Calderón (2010), el uso de minitubérculos provenientes de un sistema de producción que garantiza pureza varietal y sanidad como lo es la propagación in vitro, la cual es reflejada en las variables de peso, diámetro y por ende en rendimientos.

Peso total de minitubérculos

Al analizar la interacción de los factores variedad, densidad de siembra y combinaciones de sustratos, los resultados de la prueba de comparación de medias de Tukey, demostraron que existen diferencias estadística significativas, los factores involucrados demuestran un comportamiento mejor de la variedad Soloma

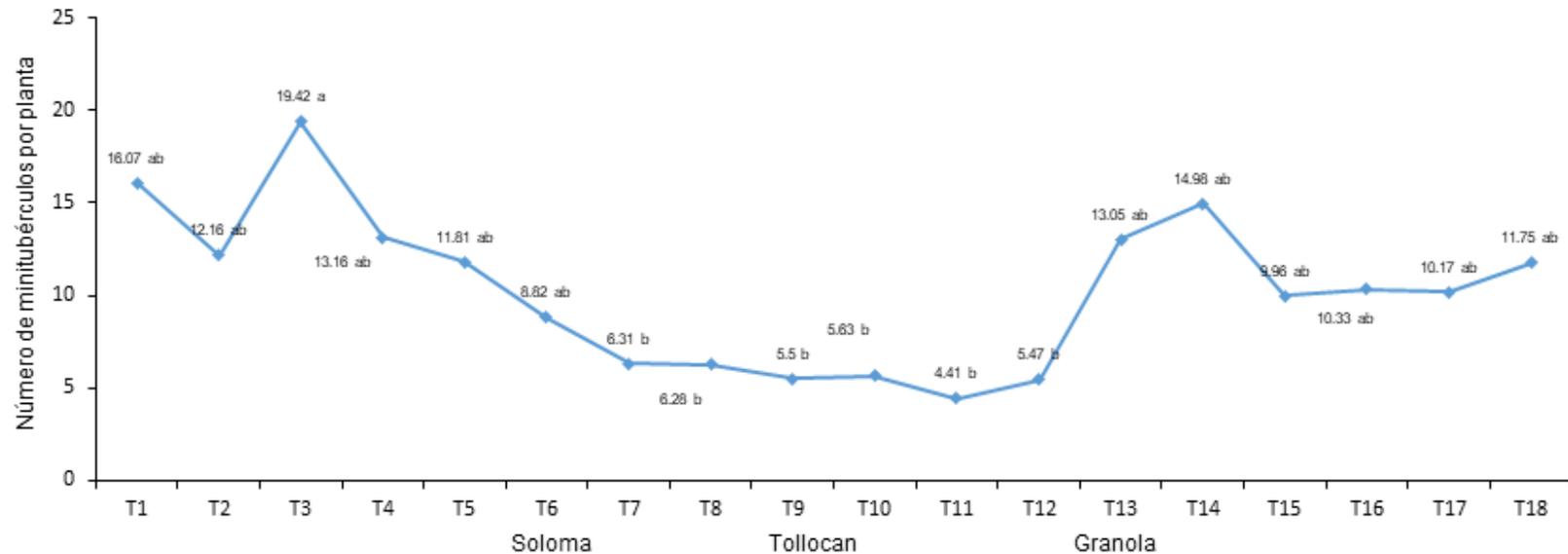


Figura 6. Total de tubérculos por planta, interacción de tres variedades de papa (*Solanum tuberosum* L.), tres densidades de siembra (6, 8 y 10 minitubérculos), y dos combinaciones de sustrato.

en densidades de siembra de seis minitubérculos y el sustrato piedra pómez 60% más fibra coco 40%, no obstante, para variedad Tollocan su resultado fue menor (Figura 7). Los resultados obtenidos en los factores involucrados, indican que el rendimiento del tratamiento dos con la variedad Soloma, fue mejor en esta variable, con un peso total de 320.75 gramos (peso promedio de minitubérculo de 6.28 g); por el contrario el tratamiento 11 con la variedad Tollocan, presentó el menor rendimiento al combinarse con la densidad de siembra de diez minitubérculos y el sustrato escoria volcánica 60% más fibra de coco 40%. Estudios realizados por Menjívar y Zepeda (2016), demostraron que la variedad Tollocan obtuvo un peso promedio 6.18 g seguidamente para

Soloma 5.83 g peso promedio de minitubérculos (G1), el estudio realizado los valores obtenidos presentan una diferencia mayor en peso promedio siendo la variedad Soloma con 6.28 g debido a que en este ensayo es la G2, demostrando que el peso está influenciado por la generación.

Categorías por número según peso promedio de minitubérculos

Al categorizar la producción de papa semilla, por peso promedio (Cuadro 4), se encontró que los clasificados como minitubérculos pequeños, presentaron valores de 56.04, 24.29 y 27.17 por variedad respectivamente, registrándose mayor cantidad; seguidamente

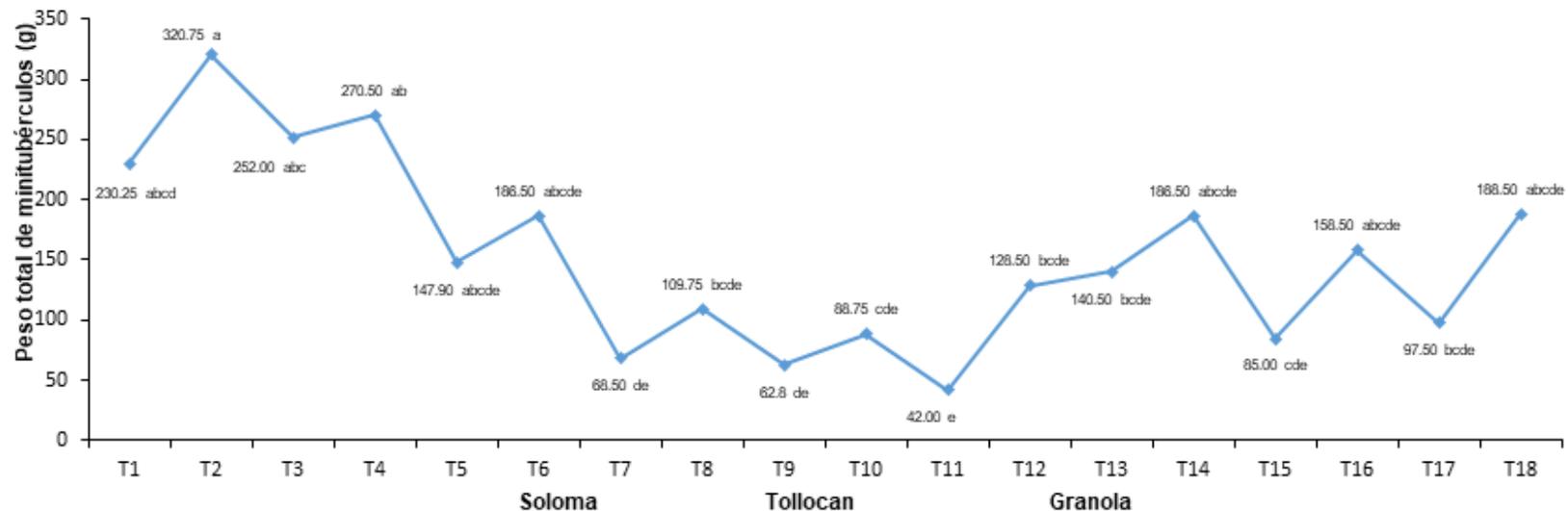


Figura 7. Peso total de minitubérculos, interacción de tres variedades de papa (*Solanum tuberosum* L.), tres densidades de siembra (6, 8 y 10 minitubérculos), y dos combinaciones de sustrato.

la categoría minitubérculos medianos con valores de 7.46, 3.20 y 5.36 por variedad respectivamente; y con menor cantidad para la categoría de minitubérculos grandes (Figura 8). Al respecto Hidalgo (2008), menciona que el comportamiento del tamaño de los minitubérculos depende de las diferentes variedades, como es el caso de Soloma con respecto a las variedades Tollocan y Granola.

Categorías por diámetros promedios de minitubérculos

En la categorización tomando en cuenta los diámetros promedios totales de los minitubérculos (Cuadro 4), la mayor cantidad de papa semilla, se clasificó como minitubérculos pequeños con diámetros de 1.50, 1.32, 1.51 cm para las variedades Soloma, Tollocan y Granola respectivamente; por el contrario con mayor

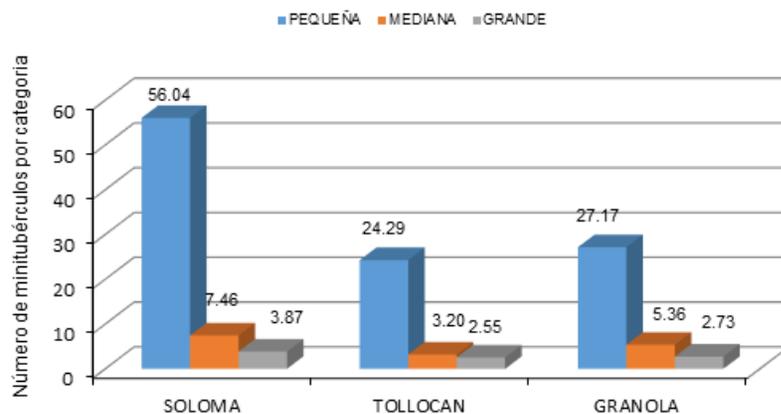


Figura 8. Categorías número de minitubérculos según peso de tres variedades de papa (*Solanum tuberosum* L.).

diámetro para la categoría minitubérculos grandes (Figura 9). Según Martín (2015), al referirse a factores que inciden en el diámetro de minitubérculos, indica que cuando hay competencia por luz y nutrimentos los diámetros de las papas tienden a reducir, pero menciona que no está demás, considerar el estado de senilidad de la semilla utilizada.

Conclusiones

La variedad de papa Soloma bajo las condiciones de esta investigación, fue superior estadísticamente, mostrando diferencias significativas ($p \leq 0.05$), para las variables número de plantas, total de minitubérculos por tratamiento, número total de minitubérculos por planta, peso total de minitubérculos con

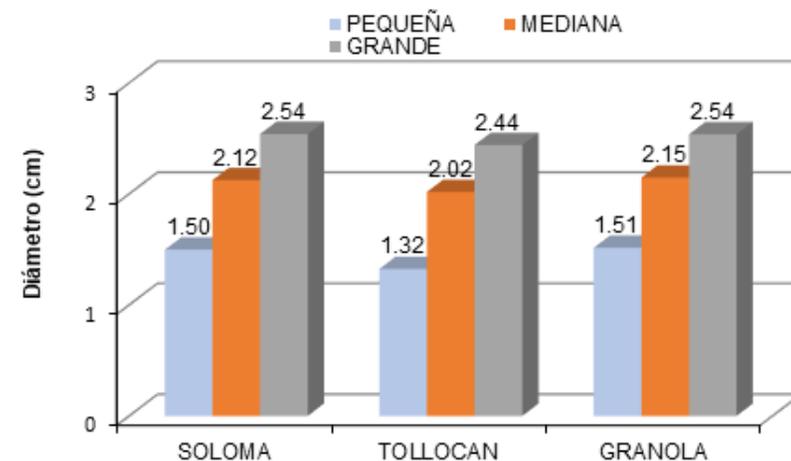


Figura 9. Categoría según diámetro de minitubérculos de tres variedades de papa (*Solanum tuberosum* L.).

relación a las variedades Granola y Tollocan.

La densidad de siembra de seis minitubérculos en 0.16 m² (37.5 minitubérculos.m⁻¹) fue superior estadísticamente, con diferencias significativas ($p \leq 0.05$), en relación con las densidades de ocho y diez minitubérculos para las variables total de minitubérculos por tratamiento y peso de minitubérculos.

La fuente de sustrato, escoria volcánica 60% más fibra de coco 40%, mostró diferencias estadísticas significativas ($p \leq 0.05$), siendo superior con relación a la fuente de sustrato piedra pómez 60% más fibra de coco 40% para la variable total de minitubérculos por metro cuadrado.

Recomendaciones

Utilizar la variedad Soloma para la producción de minitubérculos utilizando como sustrato piedra pómez 60% más fibra de coco 40%, ya que hay mayor retención de humedad.

Para la producción de semilla prebásica se requiere continuar estudiando con nuevos materiales genéticos.

Bibliografía

Calderón, F. 2010. Evaluación de la distancia entre minitubérculos y número de tallos por planta en la productividad de semilla de papa (*Solanum tuberosum*), cultivar Friepapa, bajo invernadero. Tesis Ing. Agr. Riobamba, EC. 52 p.

CATIE (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, CR).1994. Fundamentos de análisis económicos. Guía para la investigación y extensión rural. p. 135-144.

Fariña, J. 2009. Boletín. Temuco, Chile. N.º 2009-193

Fleischer, D.2006. Approaches to Modeling Potato Leaf Appearance Rate. Agron. J. no. 98, p. 522-528

García L.; Rodríguez, M; Edirisinghage K; Méndez L; Pérez M; Alvarado-Capó Y.; de Feria M.; Veitía N.; Hurtado O.; Castillo J. 2016. Formación de minitubérculos de cuatro variedades cubanas de *Solanum tuberosum* L. en casa de cultivo. Biotecnología Vegetal. Cuba. p 203-214

Hidalgo, O. 2008. Avances en la producción de tubérculo-semilla de papa en los países del Cono Sur CIP Lima, Perú. 199 p.

Horton, D. 1992 La papa: Producción, comercialización y programas. Monte Video, UY. Editorial Agropecuaria Hemisferio Sur. 267 p.

MARN (Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, SV). 2016. Boletín climatológico, Anual 2016. El Salvador. 16 p.

Martín, M; Jeréz, M. 2015. "Evaluación del rendimiento en papa (*Solanum tuberosum*, L.) a partir del comportamiento de las temperaturas". Cultivos Tropicales. La Habana, Cuba. p. 93-97

Menjivar Lara, WA; Zepeda Campos, MA. 2016. Evaluación de tres variedades de papa (*Solanum tuberosum* L.) multiplicadas in vitro en dos volúmenes de sustrato para la producción de mini tubérculos bajo invernadero. Tesis Ing. Agr.SV, UES. 46 p

Muñoz, W. 2016. Texto básico para profesionales en ingeniería forestal, en el área fisiología general. Iquitos, Perú. p 178

Paredes, M; Calvache, M; Montesdeoca, F; Benítez, J. 2001. Estudio de producción de tubérculo-semilla categoría prebásica de dos variedades de papa bajo diferentes sistemas de manejo.

Universidad Central de Ecuador. Ecuador. p. 12

Cortez, MR; Hurtado, G. 2002. La Papa. Centro Nacional De Tecnología Agropecuaria y Forestal. Santa Tecla, SV. 34 p

Wiersema, S. 1987. Efecto de la densidad de tallos en la producción de papa. 3ª. ed. Lima, Centro Internacional de la Papa. p. 8