

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS



**EVALUACIÓN DE TRES VARIEDADES DE PAPA  
(*Solanum tuberosum* L.), TRES DENSIDADES DE  
SIEMBRA Y DOS SUSTRATOS PARA PRODUCCIÓN DE  
SEMILLA PREBÁSICA.**

POR

**WILFREDO VÁSQUEZ RAMÍREZ**

**CIUDAD UNIVERSITARIA FEBRERO DE 2018**

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS  
DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA



**EVALUACIÓN DE TRES VARIEDADES DE PAPA  
(*Solanum tuberosum* L.), TRES DENSIDADES DE  
SIEMBRA Y DOS SUSTRATOS PARA PRODUCCIÓN DE  
SEMILLA PREBÁSICA.**

POR

**WILFREDO VÁSQUEZ RAMÍREZ**

REQUISITO PARA OPTAR AL TÍTULO DE:

**INGENIERO AGRÓNOMO**

CIUDAD UNIVERSITARIA FEBRERO DE 2018

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR**

**RECTOR:**

**LIC. M.Sc. ROGER ARMANDO ARIAS ALVARADO**

**SECRETARIO GENERAL:**

**LIC. CRISTÓBAL HERNÁN RÍOS BENÍTEZ**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS**

**DECANO:**

**ING. AGR. M.Sc. JUAN ROSA QUINTANILLA QUINTANILLA**

**SECRETARIO:**

**ING. AGR. M.Sc. LUIS FERNANDO CASTANEDA ROMERO**

**JEFE DEL DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA**

**ING. AGR. M.Sc. FIDEL ÁNGEL PARADA BERRIOS**

---

**DOCENTES DIRECTORES:**

**ING. AGR. MARIO ALFREDO PÉREZ ASCENCIO**

---

**Dr. FRANCISCO LARA ASCENCIO**

---

**COORDINADOR GENERAL DE PROCESOS DE GRADUACIÓN**

**ING. AGR. MARIO ALFREDO PÉREZ ASCENCIO**

---

## **SUMMARY**

The research is in the Faculty of Agronomic Sciences, University of El Salvador. Department of San Salvador from May to September 2017, and consisted of the choice of three potato varieties (*Solanum tuberosum* L.), Soloma, Tollocan and Granola in three planting densities, with two substrate combinations (volcanic slag 60% + 40% coconut fiber), (pumice 60% + coconut fiber 40%) in a volume of 15.8 L / 0.16 m<sup>2</sup> applying the technique of hydroponics under greenhouse conditions, for the production of minitubers as prebasic seed. The test was done with a completely randomized block design with three dimensions, with 18 treatments and four blocks, in addition to the word comparison test with a significance level of 0.05%. Evaluating the variables: stem diameter, number of leaves, plant height, number of plants per treatment, total of minitubers, number of tubers per plant, total weight of minitubers; For its respective analysis of the results, the statistical software InfoStat was used. In addition, the percentage of dry matter is categorized and determined. Among the results obtained the potato variety Soloma, the largest contrast of significant differences ( $p < 0.05$ ) with relation in the varieties Granola and Tollocan, for the variables number of plants, total of minitubers by treatment, total number of minitubers by plant, total weight of minitubers. On the other hand, the sowing density of six minitubers in 0.16 m<sup>2</sup> was higher in relation to the densities of eight and ten minitubers for the variable number of leaves, total of minitubers for treatment and weight of minitubers. Regarding the substrate source, volcanic slag 60% + coconut fiber 40%, size and density significant ( $p \leq 0.05$ ) for the variable, number of leaves, total of minitubers in relation to the source of substrate pumice 60% + 40% coconut fiber.

**Keywords:** Potato, Soloma, Tollocan, Granola, combinations of substrates, density of sowing.

## RESUMEN

La investigación se desarrolló en la Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de El Salvador. Departamento de San Salvador de mayo a septiembre de 2017, y consistió en evaluar tres variedades de papa (*Solanum tuberosum* L.), Soloma, Tollocan y Granola en tres densidades de siembra, con dos combinaciones de sustrato (escoria volcánica 60% + fibra de coco 40%), (piedra pómez 60% + fibra de coco 40%) en un volumen de 15.8 L/0.16 m<sup>2</sup> aplicando la técnica de hidroponía en condiciones de invernadero, para la producción de minitubérculos como semilla prebásica. El ensayo se estableció bajo un diseño de bloques completamente al azar con arreglo trifactorial, con 18 tratamientos y cuatro bloques, además se aplicó la prueba de comparación de medias Tukey con un grado de significancia 0.05%. Evaluando las variables: diámetro de tallo, número de hojas, altura de planta, número de plantas por tratamientos, total de minitubérculos, número de tubérculos por planta, peso total de minitubérculos; para su respectivo análisis de los resultado fue utilizado el software estadístico InfoStat. Además se categorizo y determinó porcentaje de materia seca. Dentro los resultados obtenidos la variedad de papa Soloma, fue mayor mostrando diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) con relación en las variedades Granola y Tollocan, para las variables número de plantas, total de minitubérculos por tratamiento, número total de minitubérculos por planta, peso total de minitubérculos. Por otro lado la densidad de siembra de seis minitubérculos en 0.16 m<sup>2</sup> fue mayor en relación con las densidades de ocho y diez minitubérculos para la variable número de hojas, total de minitubérculos por tratamiento y peso de minitubérculos. Con relación con la fuente de sustrato, escoria volcánica 60% + fibra de coco 40% mostró diferencia estadísticas significativas ( $p \leq 0.05$ ) para la variable, número de hojas, total de minitubérculos en relación con la fuente de sustrato piedra pómez 60% + fibra de coco 40%.

**Palabras claves:** Papa, Soloma, Tollocan, Granola, combinaciones de sustratos, densidad de siembra.

## **AGRADECIMIENTOS**

**A DIOS TODO PODEROSO:** por permitirme un triunfo más y brindarme salud y entendimiento, también por iluminarme en mi camino a lo largo de la carrera y emprender con valor y dignidad mi futuro como profesional.

**A MI FAMILIA:** por brindarme su amor incondicional siendo el mayor apoyo moral, personal y económico en la carrera.

**A MIS DOCENTES DIRECTORES:** Ing. Agr. Mario Alfredo Pérez Ascencio, y Dr. Francisco Lara Ascencio por el aporte académico y científico que me brindaron para realizar el proyecto de investigación de tesis.

**AL COMITÉ OBSERVADOR:** Ing. Agr. M.Sc. Mario Antonio Orellana Nuñez e Ing. Agr. Balmore Martínez Sierra, por apoyarme en el proceso de investigación

**A MIS AMIGOS Y COMPAÑEROS:** con quienes compartí buenos y malos momentos, además de brindarme sus apoyos durante la realización del trabajo de graduación.

**A NUESTRA ALMA MATER:** por ser la mejor institución para la formación de profesionales y que me ha permitido crecer en ella a lo largo de mi carrera, con la ayuda de todos los docentes que año con año me formaron para que hoy día sea un profesional de bien y servir a la sociedad.

## DEDICATORIA

**A DIOS TODOPODEROSO:** por haberme proporcionado fuerza, sabiduría y conocimiento en el transcurso de mi vida personal y académica, y permitirme alcanzar mi meta profesional.

**A MIS PADRES:** Anacleto Vásquez Paredes y Rosalina Ramirez de Vásquez por sus apoyos incondicionales en lo personal y económico, por brindarme sus consejos, su comprensión, paciencia y sabios consejos. Gracias totales.

**A MIS HERMANOS:** No hubiese sido posible culminar mi carrera sin sus apoyos incondicionales, me han dado una gran muestra de cariño al estar juntos, pendiente de mí.

**A MI ABUELA:** Benita Rafael (Q.E.P.D.), por su cariño, paciencia, apoyo incondicional y económico en los años que estuvo presente.

**A MI TIA:** Julia Olivia Ramirez por su cariño y apoyo incondicional en lo personal y económico durante mis estudios.

**A MIS AMIGOS Y COMPAÑEROS:** por brindarme su amistad, experiencia, conocimientos y su apoyo en mi desarrollo académico y personal.

**A LOS DOCENTES:** todos y cada uno de los maestros de la Facultad de Ciencias Agronómicas, que fueron parte de mi formación académica, por el apoyo, orientación.

Wilfredo Vásquez Ramírez



## ÍNDICE GENERAL

CONTENIDO	PÁGINA
SUMARY.....	iv
RESUMEN.....	v
AGRADECIMIENTOS.....	vi
DEDICATORIA.....	vii
ÍNDICE GENERAL.....	viii
ÍNDICE DE CUADRO EN TEXTO.....	x
ÍNDICE DE FIGURA EN TEXTO.....	x
ÍNDICE DE CUADROS EN ANEXO.....	xiv
ÍNDICE DE FIGURAS EN ANEXO.....	xvii
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	3
2.1 Origen y distribución de la papa.....	3
2.2 Importancia económica y nutricional del cultivo de la papa.....	3
2.3 Descripción botánica.....	4
2.3.1 Morfología de la planta de papa.....	4
2.3.2 Efectos de la temperatura del cultivo de la papa en general.....	5
2.3.3 Temperatura del suelo.....	5
2.3.4 Crecimiento del follaje.....	5
2.3.5 Fotosíntesis y respiración.....	6
2.3.6 Desarrollo de planta.....	6
2.3.7 Rendimiento.....	6
2.4 Cultivos protegidos.....	7
2.5 Concepto de Invernadero.....	7
2.6 Ventajas del cultivo en invernadero.....	7
2.6.1 Limitaciones del cultivo en condiciones protegidas.....	8
2.7 Hidroponía.....	8
2.7.1 Ventajas de la hidroponía.....	8
2.7.2 Desventaja de la hidroponía.....	8
2.7.3 Elementos de la hidroponía.....	8
2.8 Sustrato.....	9
2.8.1 Sustratos inorgánicos e inorgánicos.....	9
2.8.2 Características de los sustratos.....	9

2.9 Potencial de Hidrogeno.....	10
2.10 Conductividad Eléctrica (ms/cm).....	10
2.11 Requerimientos nutricionales.....	11
3. MATERIALES Y MÉTODOS.....	12
3.1 Descripción del lugar de estudio.....	12
3.2 Metodología de campo.....	12
3.3 Siembra.....	12
3.4 Fertilización del cultivo.....	13
3.5 Fitosanidad.....	14
3.6 Indicadores de cosecha.....	15
3.6.1 proceso de curado.....	15
3.6.2 cosecha.....	15
3.7 Relación beneficio-costo.....	15
3.8 Metodología estadística.....	15
3.8.1 Diseño estadístico.....	15
3.8.2 Tratamiento en estudio.....	15
3.8.3 Modelo estadístico.....	16
3.8.4 Tratamientos evaluados.....	17
3.9 Variables morfológicas.....	18
3.9.1 Diámetro de tallo.....	18
3.9.2 Números de hojas.....	18
3.9.3 Altura de las plantas.....	18
3.9.4 peso fresco de tallos y hojas.....	18
3.9.5 Peso seco de tallos y hojas.....	18
3.10 Variables de producción.....	18
3.10.1 Número de plantas por tratamiento.....	18
3.10.2 Total de minitubérculos.....	18
3.10.3 Número de minitubérculos por planta.....	19
3.10.4 peso de minitubérculos.....	19
3.10.5 Diámetro y longitud de tubérculos.....	19
3.11 Costo de producción semilla prebásica de papa generación uno (G1).....	19
4. RESULTADO Y DISCUSIÓN.....	20
4.1 Diámetro de tallo.....	20
4.2 Número de hojas.....	24

4.3 Altura de plantas.....	29
4.4 Número de plantas.....	34
4.5 Total de minitubérculos.....	39
4.6 Número total de minitubérculos por planta.....	44
4.7 Peso total de minitubérculos.....	48
4.8 Categorías de las tres variedades en estudio.....	54
4.9 Peso de cada categoría de las tres variedades en estudio.....	55
4.10 Porcentaje (%) de categoría de las tres variedades en estudio.....	55
4.11 Diámetros de categoría de tres variedades en estudio.....	56
4.12 Peso seco de tallos y follaje en tres variedades en estudio.....	57
4.13 Costo de producción tubérculos semilla de papa generación uno.....	57
5. CONCLUSIONES.....	59
6. RECOMENDACIONES.....	60
7. BIBLIOGRAFÍAS.....	61
8. ANEXO.....	64

#### ÍNDICE DE CUADRO EN TEXTO

Cuadro 1. Programa de nutrición del cultivo de papa ( <i>Solanum tuberosum</i> L.) UES-CC.AA. Tesis 2017.....	14
Cuadro 2. Insecticidas y fungicidas utilizados para el control de plagas y enfermedades que se presentaron en el cultivo de papa ( <i>Solanum tuberosum</i> L.) UES-CC.AA. Tesis 2017.....	14
Cuadro 3. Estructura análisis de varianza. UES-CC.AA. Tesis 2017.....	17

#### ÍNDICE DE FIGURA EN TEXTO

Figura 1. Diámetro de tallo de tres variedades de papa ( <i>Solanum tuberosum</i> L.), en tres densidades de siembra UES-CC. AA. Tesis 2017.....	20
Figura 2. Diámetro de tallo, interacción de tres variedades de papa ( <i>Solanum tuberosum</i> L.), por tres densidades de siembra UES-CC. AA. Tesis 2017.....	21
Figura 3. Diámetro de tallo, interacción de tres variedades de papa ( <i>Solanum tuberosum</i> L.), por dos combinaciones de sustrato UES-CC. AA. Tesis 2017.....	22

Figura 4.	Diámetro de tallo, interacción de tres densidades de siembra (6, 8 y 10 minitubérculos), por dos combinaciones de sustrato UES-CC.AA. Tesis 2017.....	23
Figura 5.	Diámetro de tallo, interacción de tres variedades de papa ( <i>Tuberosum Solanum</i> L.), tres densidades de siembra (6, 8 y 10 minitubérculos), por dos combinaciones de sustrato UES-CC.AA. Tesis 2017.....	24
Figura 6.	Factor número de hojas tres variedades de papa ( <i>Tuberosum Solanum</i> L.), UES-CC.AA. Tesis 2017.....	25
Figura 7.	Número de hojas de tres variedades de papa ( <i>Tuberosum Solanum</i> L.), y tres densidades de siembra UES-CC.AA. Tesis 2017.....	25
Figura 8.	Número de hojas, interacción de tres variedades de papa ( <i>Tuberosum Solanum</i> L.), y tres densidades de siembra (6, 8 y 10 minitubérculos), UES-CC.AA. Tesis 2017.....	26
Figura 9.	Número de hojas, interacción de tres variedades de papa ( <i>Tuberosum Solanum</i> L.), y dos combinaciones de sustrato UES-CC.AA. Tesis 2017.....	27
Figura 10.	Número de hojas, interacción de tres densidades de siembra (6, 8 y 10 minitubérculos), por dos combinaciones de sustrato UES-CC.AA. Tesis 2017.....	28
Figura 11.	Número de hojas, interacción de tres variedades de papa ( <i>Solanum tuberosum</i> L.), tres densidades de siembra (6, 8 y 10 minitubérculos), y dos combinaciones de sustrato UES-CC.AA. Tesis 2017.....	29
Figura 12.	Factor altura de planta de tres variedades de papa ( <i>Tuberosum Solanum</i> L.), UES-CC.AA. Tesis 2017.....	30
Figura 13.	Factor altura en densidad de siembra, tres variedades de papa ( <i>Tuberosum Solanum</i> L.), UES-CC.AA. Tesis 2017.....	30
Figura 14.	Altura de planta, interacción de tres variedades de papa ( <i>Tuberosum Solanum</i> L.), y tres densidades de siembra (6, 8 y 10 minitubérculos), UES-CC.AA. Tesis 2017.....	31
Figura 15.	Altura de planta, interacción de tres variedades de papa ( <i>Tuberosum Solanum</i> L.), y dos combinaciones de sustrato UES-CC.AA. Tesis 2017.....	32
Figura 16.	Altura de planta de tres variedades de papa ( <i>Tuberosum Solanum</i> L.), interacción de tres densidades de siembra (6, 8 y 10 minitubérculos), por dos combinaciones de sustrato UES-CC.AA. Tesis 2017.....	33

Figura 17.	Altura de planta, interacción de tres variedades de papa ( <i>Solanum tuberosum</i> L.), tres densidades de siembra (6, 8 y 10 minitubérculos), y dos combinaciones de sustrato UES-F.CC.AA. Tesis 2017.....	34
Figura 18.	Factor simple número de plantas de tres variedades papa ( <i>Tuberosum Solanum</i> L.), UES-CC.AA. Tesis 2017.....	35
Figura 19.	Factor número de plantas, densidad de siembra de tres variedades de papa ( <i>Tuberosum Solanum</i> L.), UES-CC.AA. Tesis 2017.....	35
Figura 20.	Número de plantas, interacción de tres variedades de papa ( <i>Tuberosum Solanum</i> L.), y tres densidades de siembra (6, 8 y 10 minitubérculos), UES-CC.AA. Tesis 2017.....	36
Figura 21.	Número de plantas, interacción de tres variedades de papa ( <i>Tuberosum Solanum</i> L.), y dos combinaciones de sustrato UES-CC.AA. Tesis 2017.....	37
Figura 22.	Número de plantas de tres variedades de papa ( <i>Tuberosum Solanum</i> L.), interacción de tres densidades de siembra (6, 8 y 10 minitubérculos), por dos combinaciones de sustrato UES-CC.AA. Tesis 2017.....	38
Figura 23.	Número de plantas, interacción de tres variedades de papa ( <i>Solanum tuberosum</i> L.), tres densidades de siembra (6, 8 y 10 minitubérculos), y dos combinaciones de sustrato UES-F.CC.AA. Tesis 2017.....	39
Figura 24.	Factor simple total de tubérculos tres variedades de papa ( <i>Tuberosum Solanum</i> L.), UES-CC.AA. Tesis 2017.....	40
Figura 25.	Total de minitubérculos, interacción de tres variedades de papa ( <i>Tuberosum Solanum</i> L.), y tres densidades de siembra (6, 8 y 10 minitubérculos), UES-CC.AA. Tesis 2017.....	41
Figura 26.	Total de minitubérculos, interacción de tres variedades de papa ( <i>Tuberosum Solanum</i> L.), y dos combinaciones de sustrato UES-CC.AA. Tesis 2017.....	42
Figura 27.	Total de minitubérculos de tres variedades de papa ( <i>Tuberosum Solanum</i> L.), interacción de tres densidades de siembra (6, 8 y 10 minitubérculos), por dos combinaciones de sustrato UES-CC.AA. Tesis 2017.....	42
Figura 28.	Total de minitubérculos, interacción de tres variedades de papa ( <i>Solanum tuberosum</i> L.), tres densidades de siembra (6, 8 y 10 minitubérculos), y dos combinaciones de sustrato UES-CC.AA. Tesis 2017.....	44
Figura 29.	Factor simple número de minitubérculos por planta, tres variedades de papa ( <i>Tuberosum Solanum</i> L.), UES-CC.AA. Tesis 2017.....	45

Figura 30.	Total de minitubérculos por planta, interacción de tres variedades de papa ( <i>Tuberosum Solanum</i> L.), y tres densidades de siembra (6, 8 y 10 minitubérculos), UES-CC.AA. Tesis 2017.....	46
Figura 31.	Total de minitubérculos por planta, interacción de tres variedades de papa ( <i>Tuberosum Solanum</i> L.), y dos combinaciones de sustrato UES-CC.AA. Tesis 2017.....	46
Figura 32.	Total de minitubérculos por planta de tres variedades de papa ( <i>Tuberosum Solanum</i> L.), interacción de tres densidades de siembra (6, 8 y 10 minitubérculos), por dos combinaciones de sustrato UES-CC.AA. Tesis 2017.....	47
Figura 33.	Total de minitubérculos por planta, interacción de tres variedades de papa ( <i>Solanum tuberosum</i> L.), tres densidades de siembra (6, 8 y 10 minitubérculos), y dos combinaciones de sustrato UES-CC.AA. Tesis 2017.....	48
Figura 34.	Factor simple peso total de minitubérculos por planta, tres variedades de papa ( <i>Tuberosum Solanum</i> L.), UES-CC.AA. Tesis 2017.....	49
Figura 35.	Combinaciones de sustratos de tres variedades de papa ( <i>Tuberosum Solanum</i> L.), UES-CC.AA. Tesis 2017.....	50
Figura 36.	Peso total de minitubérculos, interacción de tres variedades de papa ( <i>Tuberosum Solanum</i> L.), y tres densidades de siembra (6, 8 y 10 minitubérculos), UES-CC.AA. Tesis 2017.....	51
Figura 37.	Peso total de minitubérculos, interacción de tres variedades de papa ( <i>Tuberosum Solanum</i> L.), y dos combinaciones de sustrato UES-CC.AA. Tesis 2017.....	52
Figura 38.	Peso total de minitubérculos de tres variedades de papa ( <i>Tuberosum Solanum</i> L.), interacción de tres densidades de siembra (6, 8 y 10 minitubérculos), por dos combinaciones de sustrato UES-CC.AA. Tesis 2017.....	53
Figura 39.	Peso total de minitubérculos, interacción de tres variedades de papa ( <i>Solanum tuberosum</i> L.), tres densidades de siembra (6, 8 y 10 minitubérculos), y dos combinaciones de sustrato UES-CC.AA. Tesis 2017.....	53
Figura 40.	Categorías Número de minitubérculos de tres variedades de papa ( <i>Solanum tuberosum</i> L.), UES-CC.AA. Tesis 2017.....	54

Figura 41.	Categoría pesos de minitubérculos de tres variedades de papa ( <i>Solanum tuberosum</i> L.), UES-CC.AA. Tesis 2017.....	55
Figura 42.	Categoría porcentaje (%) de minitubérculos de tres variedades de papa ( <i>Solanum tuberosum</i> L.), UES-CC.AA. Tesis 2017.....	55
Figura 43.	Categoría Diámetro de minitubérculos de tres variedades de papa ( <i>Solanum tuberosum</i> L.), UES-CC.AA. Tesis 2017.....	56
Figura 44.	Porcentaje de Materia seca y Humedad en tallo y follaje de tres variedades de papa ( <i>Solanum tuberosum</i> L.), UES-CC.AA. Tesis 2017.....	57

#### ÍNDICE DE CUADROS EN ANEXO

Cuadro A-1.	Valores nutricionales en 100 g de papa y peladas antes del consumo.....	64
Cuadro A-2.	Propiedades físicas y químicas de piedra pómez, roca volcánica y fibra de coco.....	64
Cuadro A-3.	Características morfo agronómicas de papa.....	65
Cuadro A-4.	Clasificación de minitubérculos de papa ( <i>Solanum tuberosum</i> L.). UES-CC. AA. tesis 2017.....	66
Cuadro A-5.	Diagrama de tratamiento en estudio. UES-CC. AA. tesis 2017.....	67
Cuadro A-6.	Análisis de varianza para la variable Diámetro de tallo en la planta.....	68
Cuadro A-7.	Prueba de Tukey de variedades de papa en diámetro de tallo.....	68
Cuadro A-8.	Prueba de Tukey densidades de siembra en diámetro de tallo.....	68
Cuadro A-9.	Prueba de Tukey de combinaciones de sustratos en diámetro de tallo.....	68
Cuadro A-10.	Prueba de Tukey interacción de variedades * densidades de siembra en diámetro de tallo.....	69
Cuadro A-11.	Prueba de Tukey interacción de variedades * combinaciones de sustratos en diámetro de tallo.....	69
Cuadro A-12.	Prueba de Tukey interacción de densidades de siembra * combinaciones de sustratos en diámetro de tallo.....	69
Cuadro A-13.	Prueba de Tukey interacción de variedades * densidades de siembra * combinaciones de sustrato en diámetro de tallo.....	70
Cuadro A-14.	Análisis de varianza para la variable número de hojas de plantas.....	70

Cuadro A-15.	Prueba de Tukey de variedades número de hojas de plantas.....	71
Cuadro A-16.	Prueba de Tukey de densidades de siembra número de hojas de plantas.....	71
Cuadro A-17.	Prueba de Tukey de combinaciones de sustratos número de hojas de plantas.....	71
Cuadro A-18.	Prueba de Tukey interacción de variedades * densidades de siembra número de hojas de plantas.....	71
Cuadro A-19.	Prueba de Tukey interacción de variedades * combinaciones de sustratos número de hojas de plantas.....	72
Cuadro A-20.	Prueba de Tukey interacción de densidad de siembras * combinaciones de sustratos número de hojas de plantas.....	72
Cuadro A-21.	Prueba de Tukey interacción de variedades * densidades de siembra * combinaciones de sustrato número de hojas de plantas.....	72
Cuadro A-22.	Análisis de varianza para la variable Altura de plantas.....	73
Cuadro A-23.	Prueba de Tukey de variedades altura de plantas.....	73
Cuadro A-24.	Prueba de Tukey de densidades de siembra altura de plantas.....	73
Cuadro A-25.	Prueba de Tukey de combinaciones de Sustratos altura de plantas.....	73
Cuadro A-26.	Prueba de Tukey interacción de variedades * densidades de siembra altura de plantas.....	74
Cuadro A-27.	Prueba de Tukey interacción de variedades * combinaciones de sustratos altura de plantas.....	74
Cuadro A-28.	Prueba de Tukey interacción de densidad de siembra * combinaciones de sustratos altura de plantas.....	74
Cuadro A-29.	Prueba de Tukey interacción de variedades * densidades de siembra * Combinaciones de sustratos altura de plantas.....	75
Cuadro A-30.	Análisis de varianza para la variable número de plantas.....	75
Cuadro A-31.	Prueba de Tukey de variedades en número de plantas.....	76
Cuadro A-32.	Prueba de Tukey de densidades de siembra en número de plantas.....	76
Cuadro A-33.	Prueba de Tukey de Combinaciones de sustratos en número de plantas.....	76
Cuadro A-34.	Prueba de Tukey interacción de variedades * densidades de siembra en número de plantas.....	76



Cuadro A-35.	Prueba de Tukey interacción de variedades * Combinaciones de sustratos en número de plantas.....	77
Cuadro A-36.	Prueba de Tukey interacción de densidades de siembra * combinaciones de sustratos en número de plantas.....	77
Cuadro A-37.	Prueba de Tukey interacción de variedad * densidades de siembra * Combinaciones de sustratos en número de plantas.....	77
Cuadro A-38.	Análisis de varianza para la variable total de minitubérculos.....	78
Cuadro A-39.	Prueba de Tukey de variedades en total de minitubérculos.....	78
Cuadro A-40.	Prueba de Tukey de densidades de siembra en total de minitubérculos....	78
Cuadro A-41.	Prueba de Tukey de combinaciones de sustratos en total de minitubérculos.....	78
Cuadro A-42.	Prueba de Tukey interacción de variedades * densidades de siembra en total de minitubérculos.....	79
Cuadro A-43.	Prueba de Tukey interacción de variedades * combinaciones de sustratos en total de minitubérculos.....	79
Cuadro A-44.	Prueba de Tukey interacción de densidades de siembra * Combinaciones de sustratos en total de minitubérculos.....	79
Cuadro A-45.	Prueba de Tukey interacción de variedades * densidades de siembra * combinaciones de sustratos en total de minitubérculos.....	80
Cuadro A-46.	Análisis de varianza para la variable número total de minitubérculos por Plantas.....	80
Cuadro A-47.	Prueba de Tukey de variedades en número total de minitubérculos por planta.....	81
Cuadro A-48.	Prueba de Tukey de densidades de siembra en número total de minitubérculos por planta.....	81
Cuadro A-49.	Prueba de Tukey de combinaciones de sustratos siembra en número total de minitubérculos por planta.....	81
Cuadro A-50.	Prueba de Tukey interacción de variedades * densidades de siembra en número total de minitubérculos por planta.....	81
Cuadro A-51.	Prueba de Tukey interacción de variedades * Combinaciones de sustratos en número total de minitubérculos por planta.....	82
Cuadro A-52.	Prueba de Tukey interacción de densidades de siembra * Combinaciones de sustratos en número total de minitubérculos por planta.....	82

Cuadro A-53.	Prueba de Tukey interacción de variedades * densidades de siembra * Combinaciones de sustratos en número total de minitubérculos por planta.....	82
Cuadro A-54.	Análisis de varianza para la variable peso total de minitubérculos.....	83
Cuadro A-55.	Prueba de Tukey de variedades peso total de minitubérculos.....	83
Cuadro A-56.	Prueba de Tukey de Densidades de siembra peso total de minitubérculos.....	83
Cuadro A-57.	Prueba de Tukey de Combinaciones de sustratos peso total de minitubérculos.....	84
Cuadro A-58.	Prueba de Tukey interacción de variedades * densidades de siembra peso total de minitubérculos.....	84
Cuadro A-59.	Prueba de Tukey interacción de variedades * combinaciones de sustratos peso total de minitubérculos.....	84
Cuadro A-60.	Prueba de Tukey interacción de densidades de siembra * combinaciones de sustratos peso total de minitubérculos.....	85
Cuadro A-61.	Análisis de follaje y tallos de tres variedades de papa ( <i>Solanum tuberosum</i> L.). UES-CC. AA. tesis 2017.....	86
Cuadro A-61.	Costo de producción de minitubérculos de papa ( <i>Solanum tuberosum</i> L.), generación dos bajo condiciones protegidas. UES-CC.AA. Tesis 2017.....	87
Cuadro A-62.	Costo de producción de minitubérculos de papa ( <i>Solanum tuberosum</i> L.), generación dos bajo condiciones protegidas. UES-CC.AA. Tesis 2017.....	87
Cuadro A-63.	Temperaturas y humedad relativa promedios. Datos registrado de invernadero del cultivo de papa ( <i>Solanum tuberosum</i> L.), UES-CC.AA. Tesis 2017.....	88
Cuadro A-64.	Temperaturas y humedad relativa promedios. Datos registrado, fuera del invernadero del cultivo de papa ( <i>Solanum tuberosum</i> L.), UES-CC.AA. Tesis 2017.....	89

#### ÍNDICE DE FIGURAS EN ANEXO

Figura A-1.	Invernadero de forma semi-circular, con una ventana cenital en la parte superior del techo. UES-CC. AA. Tesis 2017.....	89
-------------	---	----

Figura A-2.	Equipo e instrumento que mide temperatura en grados Celsius y humedad relativa en porcentaje en 24 horas del día UES-CC. AA. Tesis 2017.....	89
Figura A-3.	Programa de fertilización en base de la fenología del cultivo de papa. UES-CC. AA. Tesis 2017.....	90
Figura A-4.	Plano de campo, se muestra la forma de distribución de los tratamientos en estudio en base al diseño estadístico Bloques completos al azar con arreglo trifactorial. UES-CC. AA. Tesis.....	91
Figura A-5.	Producción minitubérculos en tres densidades de siembra, variedad Soloma. UES-CC. AA. Tesis 2017.....	92
Figura A-6.	Producción minitubérculos en dos combinaciones de sustrato, variedad Soloma. UES-CC. AA. Tesis 2017.....	92
Figura A-7.	Producción minitubérculos categorización, variedad Soloma. UES-CC. AA. Tesis 2017.....	92
Figura A-8.	Producción minitubérculos en tres densidades de siembra, variedad Tollocan. UES-CC. AA. Tesis 2017.....	93
Figura A-9.	Producción minitubérculos en dos combinaciones de sustrato, variedad Tollocan. UES-CC. AA. Tesis 2017.....	93
Figura A-10.	Producción minitubérculos categorización, variedad Tollocan. UES-CC. AA. Tesis 2017.....	93
Figura A-11.	Producción minitubérculos en tres densidades de siembra, variedad Granola. UES-CC. AA. Tesis 2017.....	94
Figura A-12.	Producción minitubérculos en dos combinaciones de sustrato, variedad Granola. UES-CC. AA. Tesis 2017.....	94
Figura A-13.	Producción minitubérculos categorización, variedad Granola. UES-CC. AA. Tesis 2017.....	94
Figura A-14.	Temperaturas y humedad relativa promedios. Datos registrado dentro del invernadero del cultivo de papa ( <i>Solanum tuberosum</i> L.), UES-CC.AA. Tesis 2017.....	95
Figura A-15.	Temperaturas y humedad relativa promedios. Datos registrado de ambiente, fuera del invernadero del cultivo de papa ( <i>Solanum tuberosum</i> L.), UES-CC.AA. Tesis 2017.....	96

## 1. INTRODUCCIÓN

La mayor parte de la semilla de papa (*Solanum tuberosum* L.), principalmente los tubérculos semillas que usan los agricultores de la mayoría de los países en desarrollo, provienen del sistema tradicional. Bajo este sistema, los agricultores usan tubérculos que no siempre tienen las características deseables de una "buena semilla". Los bajos rendimientos promedio que se obtienen en estos países se atribuyen especialmente a la falta de uniformidad en la calidad del tubérculo-semilla que usan (Horton 1992).

La papa, 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). A nivel mundial, se producen 290 millones de TM en 13.85 millones de hectáreas (Román y Hurtado 2002).

El cultivo de la papa es uno de los rubros de mayor importancia económica en la zona de Chalatenango. Sin embargo, las áreas de siembra y los rendimientos han ido disminuyendo debido a que los productores carecen de semilla certificada y la obtención de estos materiales como semilla no reúnen las condiciones mínimas, proliferando focos de infección de plagas y enfermedades al importar de los países vecinos<sup>1</sup>.

Por esta razón y con el fin de garantizar a los productores, la obtención de semilla de calidad, el CENTA (Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal), realiza trabajos de investigación en la producción y manejo de semilla mejorada en condiciones protegidas, que permita a los productores de semilla continuar con la reproducción e incrementar las áreas de siembra de papa para consumo (MAG 2016).

Actualmente se siembran entre 420 a 560 hectáreas anualmente, en la zona de Las Pilas, San Ignacio, Chalatenango (2000 a 2400 msnm) producción que sólo cubre el 20 % de la demanda total, por lo cual hay necesidad de importar papa para cubrir la demanda nacional (Román y Hurtado 2002).

Se ha estado desarrollando un proyecto impulsado desde la Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de El Salvador, contando con el apoyo internacional. Financiado por la Agencia de Cooperación Internacional de Corea (KOICA, por sus siglas en inglés), en coordinación con la Universidad Nacional Kangwon y el Instituto Nacional de Desarrollo Rural de Corea, donde se está trabajando en la producción de

<sup>1</sup> Pérez Ascencio, M. 4 Nov. 2016. Cultivo de la papa (entrevista). San Salvador, SV, Universidad de El Salvador.

semilla de papa, libre de virus; proyecto que permitirá en El Salvador una producción óptima de papa (Sol 2015).

Por lo anterior, la investigación tuvo como objetivo evaluar tres variedades de papa en tres densidades de siembra, además dos combinaciones de sustrato para la producción de semilla prebásica bajo invernadero. Además aportará información para la producción de semilla prebásica de papa en El Salvador con el fin de que los productores produzcan su propia semilla libre de plagas, virus y la certificación de las mismas.

## **2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1 Origen y distribución de la papa**

Indudablemente, el lugar de origen de la papa es la cordillera de los Andes en América del Sur, situado en el Perú, pero en los dos últimos siglos la mayor parte ha sido cultivada en Europa (Horton 1992).

Desde el decenio de 1960, el cultivo de la papa comenzó a extenderse en el mundo en desarrollo. Sólo en la India y China, el total de la producción aumentó de 16 millones de toneladas en 1960 a casi 100 millones en 2007 (Grepe 2001). Si bien la producción en Europa, «segundo hogar» de la papa desde hace siglos, está disminuyendo, la papa tiene mucho espacio para producirse en el mundo en desarrollo, donde su consumo es menos de una cuarta parte del que representa en los países desarrollados (Sola 2005).

### **2.2 Importancia económica y nutricional del cultivo de la papa**

A diferencia de otros cultivos, la papa se reproduce vegetativamente. Por lo tanto, una parte de la cosecha de cada año entre el 5 y 15 por ciento, dependiendo de la calidad de los tubérculos cultivados, se reserva para en la temporada siguiente de siembra (tubérculos-semilla). La mayoría de los agricultores en los países en desarrollo seleccionan y almacenan sus propios tubérculos-semillas. A nivel mundial la producción de papa ha aumentado a un ritmo anual en América del Norte y Oceanía entre 1 y 2% por año; en Latinoamérica 3% por año; África y Asia 4% por año y en los países desarrollados, la producción total de papa creció más de un 100% (INTA 2001).

La papa es un alimento versátil y tiene gran contenido de carbohidratos, es popular en todo el mundo, se prepara y sirve en una gran variedad de formas. Recién cosechada, contiene un 80% de agua y un 20% de materia seca. Respecto a su peso seco, el contenido de proteína de la papa es análogo al de los cereales, y es muy alto en comparación con otras raíces y tubérculos. La papa tiene abundantes micronutrientes, sobre todo vitamina C, fomenta la absorción de este mineral además este tubérculo tiene vitaminas B1, B3 y B6 y otros minerales como potasio, fósforo y magnesio así como folato, ácido pantoténico, contiene una cantidad de hierro, y riboflavina (Cuadro A-1). Además contiene antioxidantes alimentarios, los cuales pueden contribuir a prevenir enfermedades relacionadas con el envejecimiento, a más de esto fibra, cuyo consumo es bueno para la salud (López y Fernández 2012).

## **2.3 Descripción botánica**

La papa pertenece a la familia de las solanáceas. Número cromosómico 24 (diploide), 36 (triploide), 48 (tetraploide) y 60 (pentaploide). Hábito de crecimiento: erecto, semi-erecto y rastrero. Formas de reproducción sexual autogámica y asexual (tubérculos). Periodo vegetativo es de 150 a 210 días (va depender de las condiciones climáticas y el cultivar) (Grepe 2001).

### **2.3.1 Morfología de la planta de papa**

Las plantas provenientes de semilla tubérculo emiten tallos herbáceos, erectos, que pueden explicar o determinar su crecimiento rastrero o semi-rastrero y algunas veces ramifican. La raíz o sistema radicular de la planta de papa es adventicia. La raíz principal es filiforme a partir de la cual aparecen ramificaciones laterales el cual forman un sistema fibroso. Además consta de tallos, estolones y tubérculos (Calderón 2010).

Los tallos laterales, provienen de ramificaciones de los tallos principales y estos mismos pueden ser sólidos o parcialmente tubulares, debido a la desintegración de las células. Para el caso de los estolones esta son ramificaciones laterales que crecen horizontalmente a partir de yemas de la parte subterráneas de los tallos, longitud es uno de los caracteres varietales importantes (Lorenzo 2000).

Si un estolón no está cubierto con suelo, se desarrollará para convertirse en un tallo vertical con follaje normal. Así mismo los tubérculos son tallos modificados y constituyen los principales órganos de almacenamiento de la planta de papa, un tubérculo tiene dos extremos: basal ligado al estolón que se llama talón y el extremo opuesto, que se denomina extremo apical o distal (Quezada 2008).

Tiene brotes que crecen de las yemas que se encuentran, en llamados ojos de los cuales son tubérculos. El color del brote es una característica varietal importante. Los brotes pueden ser blancos, parcialmente coloreados en la bases o en ápice o totalmente coloreados. Cuando son directamente puestos a la luz, se tornan verdes (Horton 1992).

Así mismo, las hojas están distribuidas en espiral sobre el tallo. Cada raquis está unido al tallo por el pecíolo y puede llevar varios pares de folíolos y folíolo terminal. Las hojas, con tricomas son apéndice epidérmicos con diversa forma estructura y función. En las axilas, que forman las hojas con el tallo, salen las yemas vegetativas (Lorenzo 2000).

De las ramas de la inflorescencia salen los pedicelos, en cuyas puntas superiores se encuentran los cálices. El fruto es de forma redondo de uno a tres centímetros de diámetro, de color verde amarillento o castaño rojizo a violeta tiene dos lóculos de 200 a

300 semillas, ovoide o cónica alargada y con un diámetro de uno a tres centímetros y semilla asexual, es un órgano de propagación masiva que mantiene sus características genotípicas y fenotípicas, también se conoce como minitubérculos (Hidalgo 2008).

### **2.3.2 Efectos de la temperatura del cultivo de la papa en general**

La papa es considerada generalmente como un cultivo de clima frío, pero se adapta a temperaturas de zonas altas en latitudes tropicales, cuando se cultiva bajo condiciones templadas a cálidas, se producen alteraciones en la fisiología de la planta, que influyen en su adaptación y rendimiento potencial. El incremento de la temperatura tiene efecto acelerador sobre los procesos químicos, y con frecuencia los biológicos hasta alcanzar un óptimo en el cultivo de la papa (20 a 25 °C) (CIP 1988).

### **2.3.3 Temperatura del suelo**

La temperatura del suelo influye en la velocidad del crecimiento de los brotes y de las emergencias; los suelos fríos (debajo de 15°C) retardan la emergencia, y los suelos calientes la estimulan. La temperatura demasiado alta del suelo (temperatura nocturna sobre los 20°C) puede impedir la formación de los tubérculos. Como el caso de la humedad del suelo, por medio del ajuste de la profundidad de siembra, el cultivo de papa puede ser adaptado a las condiciones existentes de temperatura (CIP 1988).

### **2.3.4 Crecimiento del follaje**

Una vez que el cultivo está establecido, con los tallos emergidos, tanto la temperatura del aire como la del suelo afectan las tasas de crecimiento y la tasa de cobertura del follaje que cubre el suelo. La expansión de las hojas también se afecta a tasas más aceleradas cuando las temperaturas son más altas, pero estas no se mantienen debido al agotamiento de las reservas de hidratos de carbono (Martín y Jeréz 2015).

Por eso, en general, las plantas de papa que se cultivan a temperaturas altas, un número de días después de la emergencia tienen hojas más pequeñas y numerosas que plantas similares en temperaturas más frías, y aunque inicialmente tienen mayor área foliar por planta, pronto esta llega a ser inferior a las plantas que crecen en temperaturas más frías. A temperaturas más altas la longevidad de la hoja (desde el nacimiento hasta la senescencia de una sola hoja) es también mucho más corta a temperaturas más altas y la producción de ramas es más reducida, lo que conduce a la formación de poco follaje, que no es suficiente para la completa captación de la energía solar necesaria para la formación de materia seca (CIP 1988).



### **2.3.5 Fotosíntesis y respiración**

Conjuntamente con la influencia de la temperatura alta en el crecimiento del follaje y desarrollo de la planta está el efecto directo en la fotosíntesis total y neta, las tasas de la fotosíntesis neta son óptimas sobre un intervalo de 16 a 25 °C, mientras que para la fotosíntesis total se ha observado que la temperatura alta óptima ha sido hasta de 32 °C además, las pérdidas en la respiración aumentan con el incremento de temperatura: aproximadamente se duplican por cada 10 °C de incremento, cuando la temperatura es superior a 10 °C, tanto es así, que a temperaturas superiores a 30 °C, la tasa neta de fotosíntesis es mucho menor que a 20 °C y a temperaturas ligeramente mayores se puede alcanzar la temperatura de compensación, en la que la tasa de respiración es igual a la tasa de la fotosíntesis total (Martín y Jeréz 2015).

### **2.3.6 Desarrollo de planta**

La temperatura no solo influye en la tasa de crecimiento de la planta y en su metabolismo, sino que también juega un papel importante en el control del desarrollo de la planta de papa. La temperatura alta (mayor a 20 °C en la noche), inhibe la tuberización, pero son pocos los procesos de desarrollo controlados solamente por la temperatura y las repuestas a estas pueden ser modificadas por otros factores, particularmente por la luz ambiental. La combinación de días cortos con alta irradiación hace posible la tuberización bajo condiciones de temperatura con exigencias de fotoperiodo crítico largo. Las temperaturas altas del suelo y del aire tiene efectos diferentes en la tuberización: la temperatura alta de aire puede influir en el potencial de inducción para la tuberización, mientras que la expresión de síntomas de tuberización puede ser bloqueada por la temperatura alta del suelo, aun en el caso que las condiciones del aire favorezcan la tuberización (CIP 1988).

### **2.3.7 Rendimiento**

El número de tubérculos por planta, las tasas de crecimiento del tubérculo en relación con el peso seco total por planta, disminuyen a temperaturas altas, debido a los efectos directos de la temperatura sobre la fotosíntesis, respiración y tasas de conversión de azúcares a almidones dentro del tubérculo. Además los rendimientos más bajos en peso fresco reportados para el cultivo de papa bajo condiciones cálidas, se reduce el porcentaje del contenido de materia seca dentro de los tubérculos promediando la

disminución, en uno por ciento de materia seca, por un grado de aumento de temperatura del ambiente (°C), sobre una variación de temperatura media de 15 a 25 °C (CIP 1988).

#### **2.4 Cultivos protegidos**

Se define cultivo protegido a aquel que durante todo el ciclo de producción, o en una parte del mismo, se incorporan modificaciones que actúan acondicionando el microclima del espacio donde crecen las plantas. Además de la modificación del microclima, este sistema de producción incluye otros aspectos tecnológicos que inciden marcadamente en el comportamiento de cada especie, tales como: riego localizado, fertirrigación, épocas de producción, densidad de siembra, conducción de los cultivos, control de plagas y enfermedades (Alfredo 2013).

#### **2.5 Concepto de Invernadero**

Descriptivamente puede afirmarse que es una construcción agrícola cuya estructura es de madera, hierro u otros materiales para techo y laterales. Desde el punto de vista es el aprovechamiento de energía, podemos definir al invernadero como el sistema más simple y económico para captar energía solar a favor de los cultivos. Para la región se define como sistema de agricultura protegido que incluye cualquier estructura cerrada cubierta por materiales transparentes que permite obtener condiciones de microclima (Durán 2000).

#### **2.6 Ventajas del cultivo en invernadero**

Una de las ventajas más importantes, es que los cultivos hidropónicos, que se desarrollan bajo invernaderos y con el uso de sistema de riego constante, es ideal y evita que haya daños ocasionados por plagas y enfermedades, además hay aumento de los rendimientos (3 a 5 veces mayor que los obtenidos a campo abierto). Capacidad para controlar la humedad, el recubrimiento están con el aire en un invernadero hace que se vuelva muy caliente y húmedo en el interior durante el día (Valverde 1998).

Una vez que el aire es muy húmedo, se hace más difícil para que las plantas pierdan agua por evaporación, y del mismo modo con el suelo; y lo más importante se hace mayor eficiencia en el uso del agua (Valverde 1998).

### **2.6.1 Limitaciones del cultivo en condiciones protegidas**

Los gastos de operación en un invernadero son mayores que en campo abierto, lo cual es lógico porque se tienen gastos muchos mayores por el hecho de brindarle al cultivo las condiciones idóneas para su desarrollo. Se necesita de personal calificado en conocimiento de cultivos para que puedan estar preparados para cualquier inconveniente que se presente. Esta capacitación implica mayores costos de producción (Valverde 1998).

## **2.7 Hidroponía**

La Hidroponía es el arte de cultivar plantas sin usar suelo agrícola. En los cultivos sin suelo, éste es reemplazado por un sustrato inerte donde los nutrientes (el alimento) que necesita la planta para vivir y producir son entregados en el riego. También son cultivos hidropónicos aquellos que se cultivan en agua con nutrientes (Sierra *et al.* 2002).

### **2.7.1 Ventajas de la hidroponía**

Consiste en un adecuado manejo de los componentes nutritivos para las plantas; los cuales están dosificados de manera eficiente a través de porcentajes estrictos. Además son cultivos sanos pues se riegan con agua potable y se siembran en sustratos limpios y libres de contaminación. También existe mayor eficiencia en el uso del agua. Son apropiados para ocupar los espacios pequeños, techos, paredes, terrazas. Una técnica fácil de aprender y de bajo costo. El número de plantas a cultivar por cada metro cuadrado es mayor en tanto que ostentarán una mayor productividad debido al alto consumo de energía solar que permite la obtención de frutos vigorosos y suculentos (Valverde 1998).

### **2.7.2 Desventajas de la hidroponía**

Se requiere de conocimiento de nutrición vegetal y desarrollo de los cultivos en general por esta razón se requiere de un abastecimiento continuo de agua. También para su manejo a escala comercial de conocimiento técnico combinado con la comprensión de los principios de fisiología vegetal y de química orgánica (Guzmán 2004).

### **2.7.3 Elementos de la hidroponía**

La decisión de utilizar esta tecnología para el desarrollo de los cultivos está sujeta a la clara y precisa respuesta que el productor da a cada uno de los elementos que componen la Hidroponía. En primer lugar, la calidad del agua, el sustrato a utilizar que tenga

oxigenación y un buen drenaje, la solución nutritiva deben ser claves y esenciales para la planta concluyendo con los factores ambientales de luz, humedad relativa (Guzmán 2004).

## **2.8 Sustrato**

El término sustrato se aplica en horticultura a todo material sólido distinto del suelo *in situ*, natural, de síntesis o residual, mineral u orgánico, que, colocado en un contenedor, en forma pura o en mezcla, permite el anclaje de sistema radicular, desempeñando, por tanto, un papel de soporte para la planta (Urrestarazu 2004).

Entre las propiedades generales que debe reunir un sustrato para cultivo hidropónico: Debe ser estéril o que permita su esterilidad. Además que sus propiedades físicas no se alteren en corto tiempo que permite una buena oxigenación debe poseer excelente drenaje. También debe permitir guardar una relación entre sus fases, sólido, líquido, oxigenación estable (30:40:30) y fácil de recuperar (Durán 2000).

En el país existen una serie de sustratos que pueden ser empleados para el desarrollo de cultivos hidropónicos, estos se utilizan solos o en mezcla, en busca de obtener las mejores condiciones para el desarrollo de las plantas, en términos generales estos sustratos se podrían clasificar en tres grupos (Mora 2012).

### **2.8.1 Sustratos inorgánicos e orgánicos**

Los de naturaleza inorgánica están: el hormigón, escoria volcánica negra o roja, piedra pómez, arena. Por otro lado, están los sustratos orgánicos más utilizados en nuestro medio, por su facilidad de manejo y disponibilidad entre ellos la cascarilla de arroz, aserrín, cascarilla de café (Durán 2000).

### **2.8.2 Características de los sustratos**

En la caracterización de los sustratos se suelen distinguir las propiedades físicas, químicas y biológicas. La importancia del conocimiento de estas propiedades radica en que de ellas dependerá el manejo adecuado de la fertilización del riego y del éxito de los cultivos. No obstante, los sustratos naturales son: agua, gravas, arenas, tierra volcánica, turbas. En los sustratos orgánicos, los más comunes son: cascarilla de arroz, fibra de coco, cascarilla de café, fibra de coco; los cuales constituyen un excelente sustrato, por su buena capacidad de retención de humedad, ofreciendo grandes ventajas para la mezcla con otros sustratos (Cuadro A-2) (Guzmán 2004).

Roca Volcánica: Es un material rojizo, de origen volcánico, con características similares a la de piedra pómez, en el país este sustrato es utilizado con éxito, sin embargo; posee partículas muy pequeñas, las cuales deben ser eliminadas mediante lavados, para evitar el encharcamiento en el medio, uno de los mejores tamaños de partículas de este material están entre 5 y 15 milímetros de diámetro (Cuadro A-2) (Quezada 2008).

## 2.9 Potencial de Hidrógeno

El  $p^H$  (potencial de hidrógeno) es una medida de la acidez o alcalinidad de una disolución, y del agua que expresa la intensidad de un ácido, dependiendo de su capacidad de disociación, así como de su concentración. El agua es un electrolito débil, en consecuencia sólo una pequeña fracción de ésta se disocia en los iones que componen la molécula:  $H_3O^+$  (ión ácido) y  $OH^-$  (ión básico). El valor de  $p^H$  a utilizar en la solución nutritiva debe ser seis para una buena asimilación de los nutrientes, si el  $p^H$  está por encima de siete, la mitad del hierro se encuentra no disponible para la planta, formando  $Fe(OH)$  precipitado, a no ser que el hierro se encuentre en forma de quelato por debajo de 6.5. (Dumas 1990).

## 2.10 Conductividad Eléctrica (mS/cm)

La conductividad eléctrica (CE) mide la concentración de sales disueltas en el agua y el valor se expresa en mS/cm, este valor multiplicado por un factor de corrección 0.7 ó 0.9 en función de la calidad del agua, nos permite conocer de forma aproximada la cantidad de sales disueltas en g/L la CE expresa la capacidad para conducir la corriente eléctrica. Tan importante es conocer la CE de una solución nutritiva, como la concentración de sus iones, puesto que los puede haber en niveles de concentración que pueden resultar fitotóxico. En general, podemos decir que un agua es de buena calidad cuando su valor de CE es inferior a 0.75 mS/cm, permisible con valores de 0.75 a 2.0 mS/cm, dudosa con valores entre 2.0 y 3.0 mS/cm, e inadecuada cuando la CE es superior a 3.0 mS/cm. (Aguilar y Baixauli 2002).

Los iones disueltos están formados por: aniones, que son los iones de carga negativa y los cationes, que son los de carga positiva. Puesto que la electronegatividad de la solución nutritiva se mantiene siempre, el sumatorio de las concentraciones de aniones y cationes expresadas en meq/L, deben ser 0 ó <5%. La relación entre la CE y la suma de aniones o cationes en meq/L debe ser aproximadamente 10.0 Esta relación es más baja en aguas que predominan los sulfatos y/o bicarbonatos y mayor de 10.0 cuando predominan los cloruros (Aguilar y Baixauli 2002).

### 2.11 Requerimientos nutricionales

En los cultivos hidropónicos las plantas crecen en el agua o sustratos inertes, que no aportan ningún tipo de alimento por lo que hay que proporcionarle como solución nutritiva los elementos necesarios de acuerdo a los requerimientos de la planta en donde necesitan 16 elementos primordiales; tres de ellos los obtiene del ambiente Carbono (C), Hidrogeno (H), Oxigeno (O<sub>2</sub>), lo que representa el 90-95% del total, el resto puede ser del 5-10% los cuales son aportados bajo sales minerales las cuales se dividen en dos grupos (Sierra *et al.* 2002).

1. Macro nutrientes con dos escalas:

1- Macro primarios: Nitrógeno (N), Fosforo (P), Potasio (K)

2- Macro secundarios: Azufre (S), Magnesio (Mg), Calcio (Ca)

2. Micro nutrientes: Boro (B), Manganeso (Mn), Hierro (Fe), Zinc (Zn), Cobre (Cu), Molibdeno (Mo), Cloro (Cl) (Sierra *et al.* 2002).

Las plantas bajo la técnica de hidroponía es suplir totalmente los nutrientes en todo el ciclo del cultivo en cantidades pequeñas diluidas en agua, es decir en Partes por millón (ppm) de elementos por litro de agua, asegurar el crecimiento normal de las plantas y que permiten un control preciso de suministro de iones nutritivos a las raíces (Sierra *et al.* 2002).

### **3. MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1 Descripción del lugar de estudio**

La investigación se realizó en el período comprendido de mayo a septiembre año 2017, en la Universidad de El Salvador (UES), Facultad de Ciencias Agronómicas (CC.AA.), en las instalaciones del vivero, el cual se encuentra en el municipio de San Salvador, departamento de San Salvador, a una elevación 750 msnm, con coordenadas geográficas latitud 13°43'7.68"N, longitud 89°12'1.53" O; y una presión atmosférica de 700.1 mm Hg, con una temperatura promedio de 24.2 °C, humedad relativa del aire del 82%, y una precipitación anual de 1,695 mm, promedios anuales (MARN 2016).

#### **3.2 Metodología de campo**

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 5.0 metros de ancho por 10.0 metros de largo haciendo un área total de 50.0 m<sup>2</sup>. Cuenta con dos alturas una lateral de 3.0 metros, y altura central de 4.10 metros. El invernadero está construido de tubos galvanizados de 1.5 y 2.0 pulgadas de diámetro, 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 sombreado con tela sarán del 50% para reducir incidencia de la radiación solar. En las parte laterales y frontales con malla anti-virus de 120 mesh (Figura A-1). Además, consta de un sistema de riego por goteo y nebulizadores, el cual es controlado con un programador de riego electrónico (EZ PROjr-8300 SERIES). Así mismo, tiene 125 jabas polietileno con dimensiones de 0.31 m x 0.51 m x 0.10 m distribuidas en cinco líneas. Dispone de un Hidrotérmografo (OAKON), equipo e instrumento que mide temperatura en grados Celsius y humedad relativa en porcentaje en 24 horas del día (Figura A-2).

#### **3.3 Siembra**

Previo a la siembra, se realizó una limpieza y desinfección de la infraestructura y sus accesorios. Las combinaciones de sustrato (Escoria volcánica 60% + fibra de coco 40%) y (Piedra pómez 60% + fibra de coco 40%), desinfectando con Ditiocarbamato en una dosis 1.42 L/ha.

Cada jaba tiene una capacidad de 15.8 litros de sustrato. El sustrato se llevó a capacidad de campo. La siembra se realizó 15 días después del proceso desinfección donde se

colocarón los minitubérculos de las variedades Granola, Tollocan y Soloma de la generación (G1), con tres densidades de siembra: seis, ocho y diez minitubérculos por jabas. La características morfo agronómicas de las variedades utilizadas en la investigación se describe en el (Cuadro A-3).

### **3.4 Fertilización del cultivo**

La fertilización se realizó con base en las etapas fisiológicas del cultivo, en la cual se utilizaron fertilizantes altamente hidrosolubles, formulados según la fenología de la planta. En la que se emplean determinado parámetros físico-químico: pH y Conductividad eléctrica (CE,  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) aplicado a la investigación. Con la finalidad de controlar y monitorear, el sistema de fertiriego de las soluciones nutritivas que se aportan como solución del suelo o sustrato en el entorno radicular.

Para su elaboración se realizó una solución molar el cual se pesó 148 gramos de fertilizante hidrosoluble en un litro de agua; y de está se tomó un volumen determinado para elaborar la solución milimolar con un valor de pH de 6.0 y una conductividad eléctrica (CE) máxima de 2.0  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Para la elaboración de la solución nutritiva se midió el volumen de agua a utilizar, el valor de pH y CE inicial.

La nutrición de las plantas se efectuó utilizando la formulaciones de fertilizantes hidrosolubles basado en etapas fenológicas: inicio (15-30-15-1Mg), que va de la semana uno a la cinco más una conductividad eléctrica de 1.1 hasta 1.5, y comprende en la fase vegetativa.

Desarrollo (18-6-18-2Mg+8S+EM), alcanza de la sexta a novena semana y una C.E 1.6 hasta 2.0 así mismo alcanza en la etapa fenológica del cultivo en la formación y elongación de estolones, tuberización. Producción (13-6-40) en secuencia alcanza de la décima hasta la décimo tercera semana con una conductividad eléctrica de 2.0 a 1.8 para el desarrollo de los tubérculos (Figura A-3).

La aplicación de los fertilizantes hidrosolubles se incorporó un promedio de 0.55 Litro por jaba mediante el sistema de riego por goteo en la que se realizaron tres riegos al día, y tres días por semana hasta la cuarta semana, la quinta semana hasta a decima primera el riego fue de cuatro veces por semana; y la última dos semana tres veces por semana (cuadro 1). Estos valores fueron obtenidos previo pruebas de aforo del sistema de riego, volumen y clase de sustrato en la investigación.



**Cuadro 1.** Programa de nutrición del cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.).UES-CC.AA. Tesis 2017.

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

### 3.5 Fitosanidad

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

**Cuadro 2.** Insecticidas y fungicidas utilizados para el control de plagas y enfermedades que se presentaron en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.). UES-CC. AA. tesis 2017.

Ubicación	Tipo de enfermedad	Nombre científico	Producto	Dosis y aplicaciones
Follaje	Cogollero Saltamontes	<i>Spodoptera sp</i> <i>Empoasca sp</i>	Insecticida- Piretroide	0.62 L/ha de forma preventiva cada 15 días.
Follaje	Acaros blanco	Polyphazotarsonemus latus	Abamectina	0.75 L/ha de forma preventiva cada 15 días.
Tallo	Mal de talluelo	<i>Fusarium spp</i>	Fungicida- Extractos vegetales	1.0L/100L de agua, cada 15 días
Tallo	Mal de talluelo	<i>Fusarium spp</i>	Fungicida- Propamocarb clorhidrato	1.5 L/ha 28 días dds del cultivo.
Follaje	Tizón tardío Tizón temprano	<i>Phytophthora infestans</i> <i>Alternaria solani</i>	Fungicida- Metoxiacrilato	0.6 g/L agua de forma preventiva cada 8 días.

### **3.6 Indicadores de cosecha**

Los indicadores de cosecha se determinaron por la madurez fisiológica y comercial. En la primera es cuando las hojas y tallos toman color amarillo-café, se vuelven quebradizo y comienza a secarse, la comercial se alcanza 15 días después, cuando la planta está totalmente muerta.

#### **3.6.1 Proceso de curado**

Cuando el cultivo llegó a su madurez fisiológica (90 – 120 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.

#### **3.6.2 Cosecha**

Se realizó cuando el cultivo alcanzó su madurez completa, esta consistió en remover el sustrato, extraer y recolectar los minitubérculos manualmente, cuando están maduros los minitubérculos ya no se pelan a la fricción de los dedos o roce entre ellos por el manipuleo, esta se efectuó 15 días después de la defoliación. Posteriormente se categorizó con base en peso y se midieron los diámetros de los minitubérculos según (cuadro A-4) y visualización física.

### **3.7 Relación beneficio-costo**

La metodología que se utilizó fue por los pasos descritos en la guía sobre Fundamentos de análisis económicos del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE, 1994).

### **3.8 Metodología estadística**

#### **3.8.1 Diseño estadístico**

El diseño estadístico utilizado fue bloques completos al azar con arreglo trifactorial, con un nivel de significancia del 5%. Constituido por cuatro bloques y 18 tratamientos para un total de 72 unidades experimentales, debido a que el invernadero presenta una gradiente de luminosidad.

#### **3.8.2 Tratamientos en estudio**

Estos consistieron en las combinaciones de tres variedades de papa (Soloma, Tollocan, Granola), sembrado en densidades de siembra de 6, 8 y 10 mini tubérculos, además dos combinaciones de sustrato (60% escoria volcánica más 40% fibra de coco y el segundo caso 60% piedra pómez más 40% fibra de coco), el cual cada jaba (área por jaba de 0.16 m<sup>2</sup>) fue una unidad experimental (Cuadro A-5).

### 3.8.3 Modelo estadístico

El modelo estadístico para un diseño de bloque completamente al azar se representa con la siguiente fórmula matemática

$$Y_{ijkl} = \mu + \beta_l + A_i + B_j + C_k + (A*B)_{ij} + (A*C)_{ik} + (B*C)_{jk} + (A*B*C)_{ijk} + \epsilon_{ijkl} \quad \text{En donde:}$$

$i = 1, 2, 3, \dots, a$   $a$  = Número de niveles del factor A

$j = 1, 2, 3, \dots, b$   $b$  = Número de niveles del factor B

$k = 1, 2, 3, \dots, c$   $c$  = Número de niveles del factor C

$l = 1, 2, 3, \dots, r$   $r$  = Número de bloque o réplica

$Y_{ijkl}$  = respuesta obtenida en la  $l$ -ésima repetición del  $i$ -ésimo nivel del factor A, el  $j$ -ésimo nivel del factor b y el  $k$ -ésimo nivel del factor C

$\mu$  = Efecto de la media general

$\beta_l$  = Efecto atribuido al  $l$ -ésimo bloque o réplica

$A_i$  = Efecto atribuido al  $i$ -ésimo nivel del factor A

$B_j$  = Efecto atribuido al  $j$ -ésimo nivel del factor B

$C_k$  = Efecto atribuido al  $k$ -ésimo nivel del factor C

$(AB)_{ij}$  = Efecto atribuido a la interacción entre el  $i$ -ésimo nivel del factor A y el  $j$ -ésimo nivel del factor B

$(AC)_{ik}$  = Efecto atribuido a la interacción entre el  $j$ -ésimo nivel del factor A y el  $k$ -ésimo nivel del factor C

$(BC)_{jk}$  = Efecto atribuido a la interacción entre el  $j$ -ésimo nivel del factor B y el  $k$ -ésimo nivel del factor C

$(ABC)_{ijk}$  = Efecto atribuido a la interacción entre el  $i$ -ésimo nivel del factor A, el  $j$ -ésimo nivel del factor B y el  $k$ -ésimo nivel del factor C.

$\epsilon_{ijkl}$  = Termino del error aleatorio, donde los  $\epsilon_{ijkl}$  tiene una distribución normal e independientes, con media 0 y varianza ( $\sigma^2$ ), sin correlación entre sí. Es decir, el error experimental asociado a la  $ijkl$ -ésima unidad experimental. Quedando la tabla de análisis de varianza Cuadro 3.

**Cuadro 3.** Estructura análisis de varianza. UES-CC. AA. tesis 2017

Fuente de variación (FV)	Grados de libertad (GL)	Suma de cuadrados (SC)	Cuadrado medio (CM)	F Calculada (Fc)	F de tablas 0.05 0.01
<b>Bloque</b>	r-1	$\sum_{k=1}^r \frac{Y^2 \dots k}{ab} - FC$	$\frac{SC_{bloque}}{GL_{bloque}}$	$\frac{CM_{bloque}}{CM_{error}}$	$F_{GL_{bloque}}^{GL_{error}}$
<b>Trat.</b>	(abc-1)	$\sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^c Y^2_{ijk} - FC$	$\frac{SC_{trat}}{GL_{trat}}$	$\frac{CM_{trat}}{CM_{error}}$	$F_{GL_{trat}}^{GL_{error}}$
<b>Variedades A</b>	(a-1)	$\sum_{i=1}^a \frac{Y^2 i_{..}}{ar} - FC$	$\frac{SC_A}{GL_A}$	$\frac{CM_A}{CM_{error}}$	$F_{GL_A}^{GL_{error}}$
<b>Densidad de siembra B</b>	(b-1)	$\sum_{j=1}^b \frac{Y^2 j_{..}}{br} - FC$	$\frac{SC_B}{GL_B}$	$\frac{CM_B}{CM_{error}}$	$F_{GL_B}^{GL_{error}}$
<b>Combi. de sustrato C</b>	(c-1)	$\sum_{k=1}^c \frac{Y^2 k_{..}}{cr} - FC$	$\frac{SC_C}{GL_C}$	$\frac{CM_C}{CM_{error}}$	$F_{GL_C}^{GL_{error}}$
<b>A*B</b>	(a-1)(b-1)	$\sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \frac{Y^2_{ijk}}{r} - FC - (SC_A + SC_B)$	$\frac{SC_{A*B}}{GL_{A*B}}$	$\frac{CM_{A*B}}{CM_{error}}$	$F_{GL_{A*B}}^{GL_{error}}$
<b>A*C</b>	(a-1)(c-1)	$\sum_{i=1}^a \sum_{k=1}^c \frac{Y^2_{ijk}}{r} - FC - (SC_A + SC_C)$	$\frac{SC_{A*C}}{GL_{A*C}}$	$\frac{CM_{A*C}}{CM_{error}}$	$F_{GL_{A*C}}^{GL_{error}}$
<b>B*C</b>	(b-1)(c-1)	$\sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^c \frac{Y^2_{ijk}}{r} - FC - (SC_B + SC_C)$	$\frac{SC_{B*C}}{GL_{B*C}}$	$\frac{CM_{B*C}}{CM_{error}}$	$F_{GL_{B*C}}^{GL_{error}}$
<b>A*B*C</b>	(a-1)(b-1)(c-1)	$\sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^c \frac{Y^2_{ijk}}{r} - FC - (SC_A + SC_B + SC_C)$	$\frac{SC_{(A*B*C)}}{GL_{(A*B*C)}}$	$\frac{CM_{(A*B*C)}}{CM_{error}}$	$F_{GL_{(A*B*C)}}^{GL_{error}}$
<b>Error</b>	abc(r-1)	$CS_{Total} - SC_A - SC_B - SC_C - SC_{(A*B*C)}$	$\frac{SC_{error}}{GL_{error}}$		
<b>Total</b>	abc-1	$\sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^c \sum_{l=1}^r Y^2_{ijkl} - FC$			

### 3.8.4 Tratamientos evaluados

Cada tratamiento consistió de jabas polietileno con dimensiones de 0.31 m x 0.51 m x 0.10 m conteniendo un volumen de 15.8 litros de sustrato, y un área por jaba de 0.16 m<sup>2</sup>. En total 72 unidades experimentales, que se manejaron de igual forma asegurándose que la variación del experimento se debiera únicamente a los tratamientos en estudios. El área total del experimento fue de 30.0 m<sup>2</sup>, con 6.0 m de largo y 5.0 m de ancho (Figura A-4).

### **3.9 Variables morfológicas**

#### **3.9.1 Diámetro de tallo**

Se midió en milímetros utilizando vernier electrónico desde el nivel de sustrato a una altura promedio de 25 cm de la planta, se realizó de la segunda semana después de la siembra, tomando datos hasta la semana 11.

#### **3.9.2 Números de hojas**

Se realizó un conteo de las hojas de cada planta, se efectuó de la segunda semana después de la siembra, tomando datos hasta la semana 11.

#### **3.9.3 Altura de las plantas**

La altura se midió a partir de la segunda semana después de la siembra, tomando datos hasta la semana 11 y se ejecutó con cinta métrica en centímetros desde la superficie del sustrato hasta el meristemo apical del tallo, se midieron todas las plantas.

#### **3.9.4 Peso fresco de tallos y hojas**

El peso fresco de tallos y hojas se tomó 15 días antes de cosechar los minitubérculos. Se tomaron un promedio de tres plantas por tratamiento, y tomándose nueve tratamientos al azar.

#### **3.9.5 Peso seco de tallos y hojas**

El peso seco de tallos y hojas se obtuvo de tres plantas cosechadas por tratamientos al azar; los tallos y hojas fueron picados, colocados en una bandeja de aluminio rotulada, y pesado en una balanza semi-analítica, posterior se llevaron a estufa durante 24 horas a 65 °C, obteniéndose al final el peso seco en gramos por tratamientos.

### **3.10 Variables de producción**

#### **3.10.1 Número de plantas por tratamiento**

Se realizó un conteo de número de plantas por cada tratamiento.

#### **3.10.2 Total de minitubérculos**

Para la medición de esta variable se contó el número de minitubérculos por tratamientos del ensayo.

### **3.10.3 Número de minitubérculos por planta**

Se contó el número de minitubérculos por planta de cada tratamiento de la investigación.

### **3.10.4 Peso de minitubérculos**

Se pesó cada uno de los minitubérculos cosechado de cada tratamiento de la investigación.

### **3.10.5 Diámetro de minitubérculos**

Se midieron un promedio de diez minitubérculos por tratamiento, diámetro ecuatorial con vernier electrónico para su categorización; en cada tratamiento de los cuatro bloques del ensayo.

### **3.11 costo de producción semilla prebásica de papa generación uno (G1)**

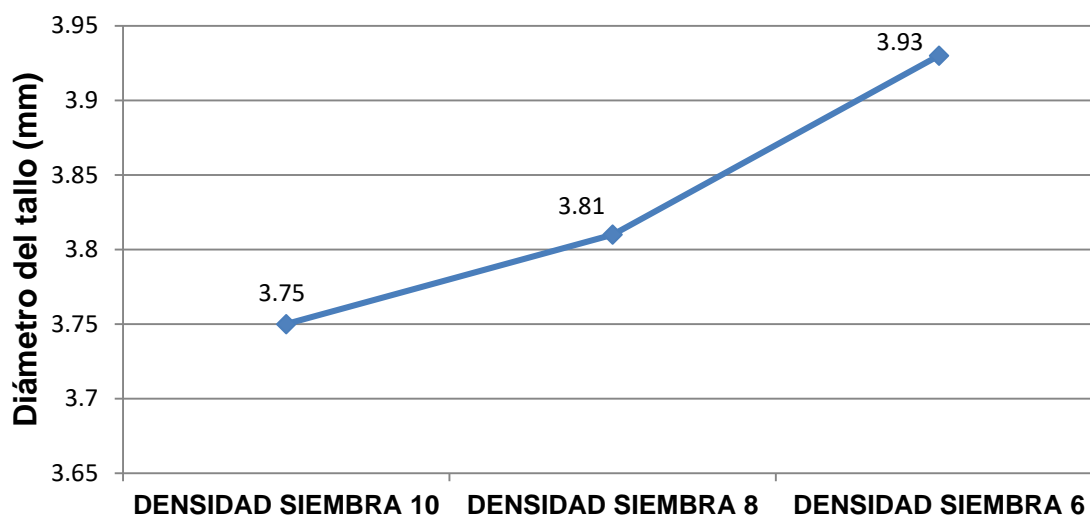
Para ello se calcularon los costos de producción con base en una hectárea, con la técnica de hidroponía en invernadero.

## 4. RESULTADO Y DISCUSIÓN

### 4.1 Diámetro de tallo

Esta variable fue tomada durante la etapa vegetativa hasta el desarrollo de los minitubérculos de la planta desde la base del sustrato hasta una altura promedio de 25 cm. El análisis de varianza (Cuadro A-6) mostró que el factor densidades de siembra presentó diferencias estadísticas significativas ( $p < 0.0348$ ).

Para las variedades la comparación de medias de Tukey (Cuadro A-7), está demostrando que no existe diferencia estadística alguna entre ellas.



**Figura 1.** Diámetro de tallo de tres variedades de papa (*Solanum tuberosum* L.), en tres densidades de siembra UES-CC. AA. Tesis 2017.

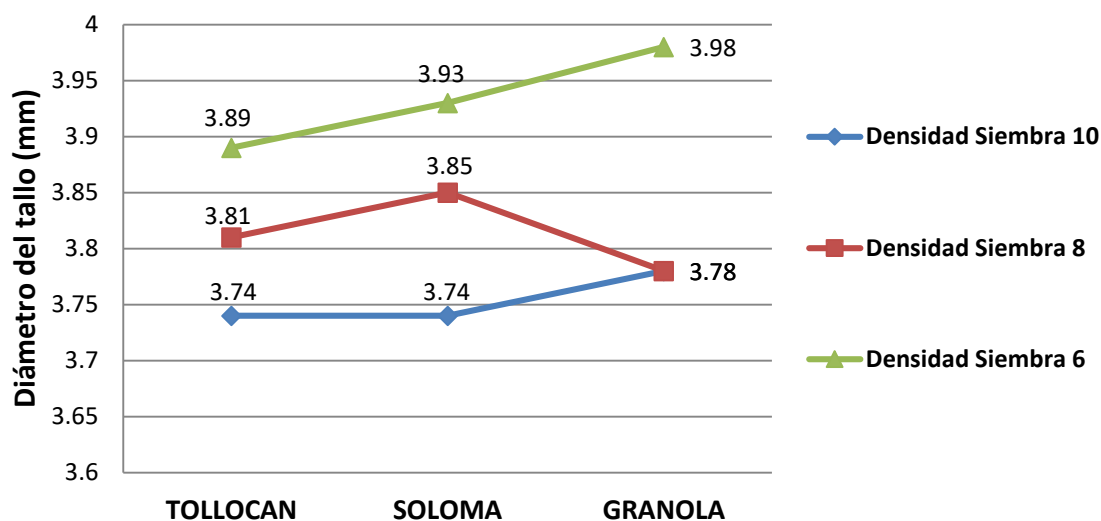
Sin embargo, para diámetro de tallo en densidades de siembra presentó diferencias altamente significativas, la prueba de comparación de medias de Tukey (Cuadro A-8), está demostrando que existe variación en densidades de siembra seis y ocho minitubérculos con 3.93 y 3.81 mm de diámetro y respectivamente la menor densidad de siembra diez expreso 3.75 mm de diámetro (Figura 1).

Según Muñoz (2016), pueden ser atribuidos a que los tejidos meristemáticos (diámetro de tallo) se mantienen activos. 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 referirse al factor combinaciones de sustratos, no mostraron diferencia estadística alguna (Cuadro A-9), la prueba de comparación de medias de Tukey lo demuestra.

Al referirse al factor densidades de siembra e interacción de las variedades, no mostró diferencia estadística alguna (Cuadro A-10), sin embargo, una aproximación al comportamiento de la combinación de los factores en estudio, muestra que cuando las tres variedades estuvieron en densidades de siembra de seis minitubérculos el resultado fue mejor, no obstante, cuando estuvieron densidades de siembra en ocho y diez minitubérculos su expresión a diámetro de tallo fue menor, principalmente, cuando la densidad de siembra fue sembrado de diez minitubérculos, en las variedades Tollocan y Soloma (Figura 2).

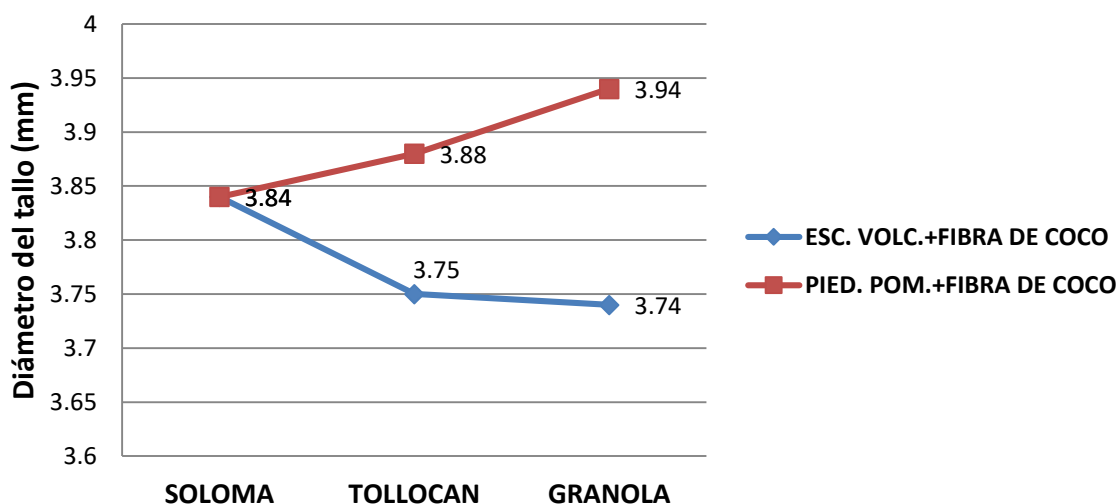


**Figura 2.** Diámetro de tallo, interacción de tres variedades de papa (*Solanum tuberosum* L.), por tres densidades de siembra UES-CC. AA. Tesis 2017.

Según Menjivar y Zepeda, (2016) obtuvieron un diámetro 4.06 mm en la variedad Soloma, así también para la variedad Tollocan alcanzaron un diámetro 4.04 mm datos promedios de una planta, no obstante los datos obtenidos en la presente investigación fueron inferiores tomando en consideración las densidades de siembras realizadas.



Para las variedades y combinaciones de sustrato, al realizar las comparaciones de medias Tukey (cuadro A-11), variedad Granola + (piedra pómez 60% + fibra de coco 40%), obtuvo el mayor diámetro por planta no difiriendo estadísticamente de las demás variedades; teniendo una diferencia en la expresión de la variable de 0.20 milímetros por planta entre la variedad mencionada y la que presentó el valor menor tratamiento 15 en (escoria volcánica 60% y fibra de coco 40%) como sustrato (Figura 3).



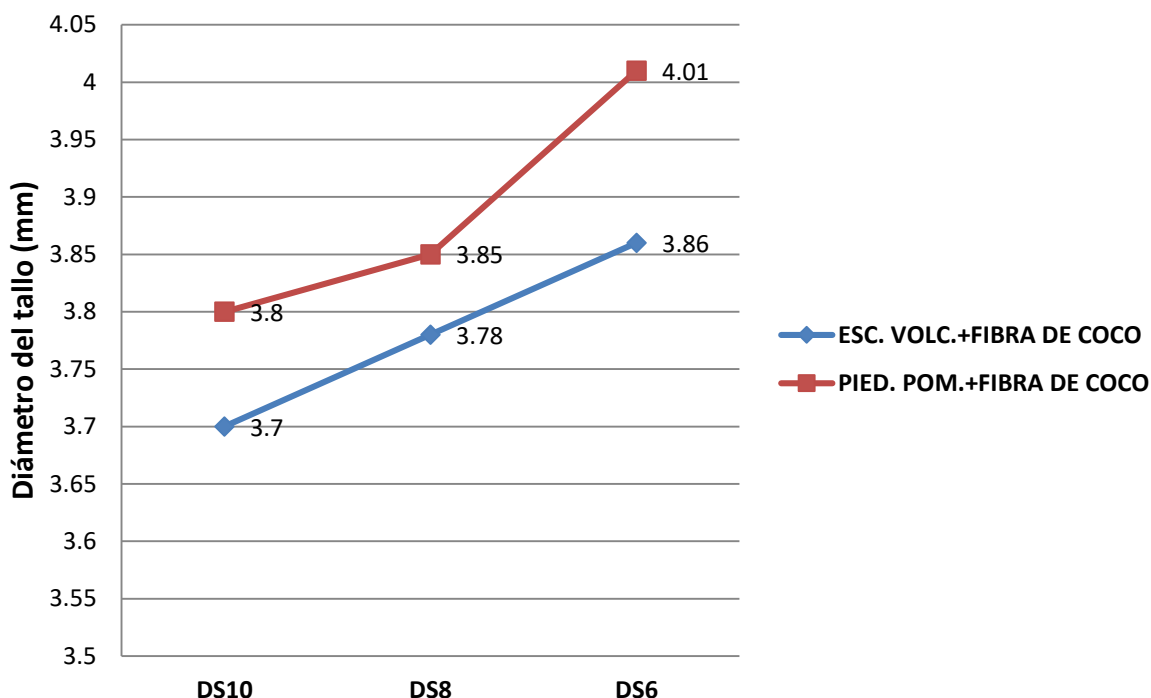
**Figura 3.** Diámetro de tallo, interacción de tres variedades de papa (*Solanum tuberosum* L.), por dos combinaciones de sustrato UES-CC. AA. Tesis 2017.

Aun cuando no existen diferencias estadísticas significativas los resultados demuestran un dominio favorable en la variedad Granola con sustrato (piedra pómez 60% + fibra de coco 40%), no así en (escoria volcánica 60% + fibra de coco 40%).

A respeto Jiménez (2010) menciona que el cultivo con sustrato presenta características diferenciales en comparación con el cultivo en suelo natural, el control riguroso de aspectos relacionados como el suministro de agua así como nutrientes en el desarrollo de los cultivos, especialmente cuando se trabaja en condiciones protegidas.

Al realizar la comparación de medias de Tukey (Cuadro A-12), para las densidades de siembra se encontraron diferencias estadísticas significativas ( $p < 0.05$ ). Para este caso la densidad de siembra seis minitubérculos + (piedra pómez 60% + fibra de coco 40%), fue la que representó mayor número de diámetro por planta, no difiriendo estadísticamente de las demás densidades de siembra, a excepción para el que presentó el menor diámetro,

correspondiendo a densidad de siembra diez minitubérculos + (escoria volcánica 60% + fibra de coco 40%) (Figura 4).

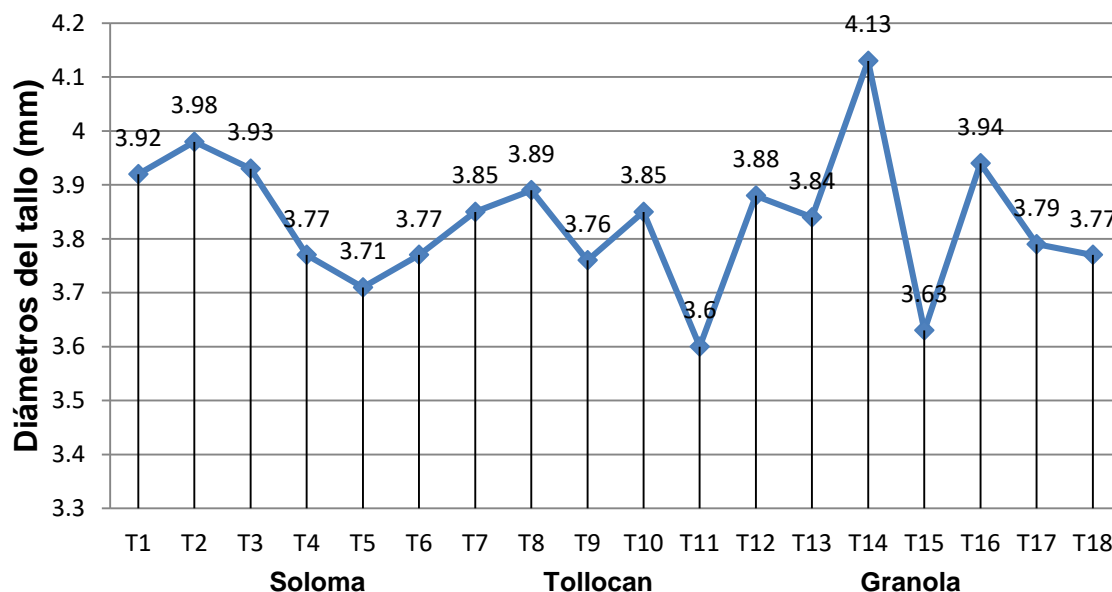


**Figura 4.** Diámetro de tallo, interacción de tres densidades de siembra (6, 8 y 10 minitubérculos), por dos combinaciones de sustrato UES-CC.AA. Tesis 2017.

Estos resultados son coincidentes con los hallazgos realizados por Lescay y Torres (2005), quienes evaluaron diferentes densidades de población en siete variedades de papa para la producción en campo y demostraron que existieron diferencias significativas entre los rendimientos, así también a distancias de siembras menores, existe mayor rendimiento.

En triple factores del diámetro de tallo, variedades e interacción densidades de siembra por combinaciones de sustratos, el análisis de varianza no mostró diferencia estadística alguna, no así, una aproximación al comportamiento de la combinación de los factores en estudio (Cuadro A-13), muestra que cuando la variedad Granola estuvo en densidad de siembra de seis minitubérculos y en sustrato (piedra pómez 60% + fibra de coco 40%) su expresión fue mejor (tratamiento 14), no obstante la variedad Tollocan y Granola el resultado fue menor, en los tratamientos 11 y 15 respectivamente principalmente en

densidades de siembra de diez y ocho minitubérculos y en sustrato (escoria volcánica 60% + fibra de coco 40%) (Figura 5).



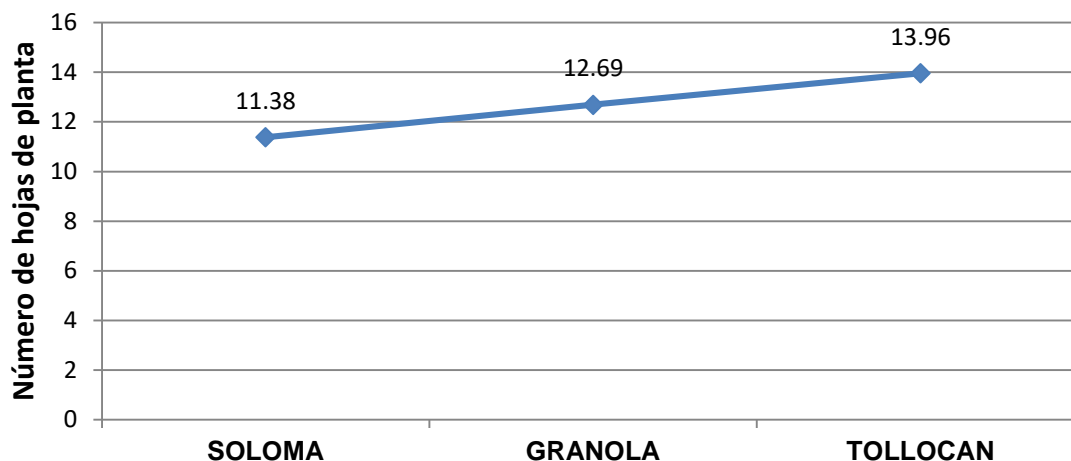
**Figura 5.** Diámetro de tallo, interacción de tres variedades de papa (*Tuberosum Solanum* L.), tres densidades de siembra (6, 8 y 10 minitubérculos), por dos combinaciones de sustrato UES-CC.AA. Tesis 2017.

Según Muñoz (2016), puede estar asociado con la firmeza de la variedad para la expresión de la variable, es así aunque la tendencia sea significativa, la sumisión del cultivo a un ambiente controlado como son las densidades de siembra, hay competencia de luz para realizar la fotosíntesis, además las combinaciones de sustrato modifica la expresión de la variable.

#### 4.2 Número de hojas

Esta variable fue tomada durante la etapa vegetativa hasta el desarrollo de los minitubérculos. El análisis de varianza (cuadro A-14) mostró que el factor variedad y densidad de siembra presentaron diferencias altamente significativas ( $p < 0.0001$ ).

En variedades la prueba de comparación de medias de Tukey (Cuadro A-15), así lo demuestra, existiendo variación entre las medias siguiente Tollocan con 13.96 número de hojas y el menor conteniendo la variedad Soloma con 11.38 hojas, con respecto a la variedad Granola expreso 12.69 número de hojas (Figura 6).

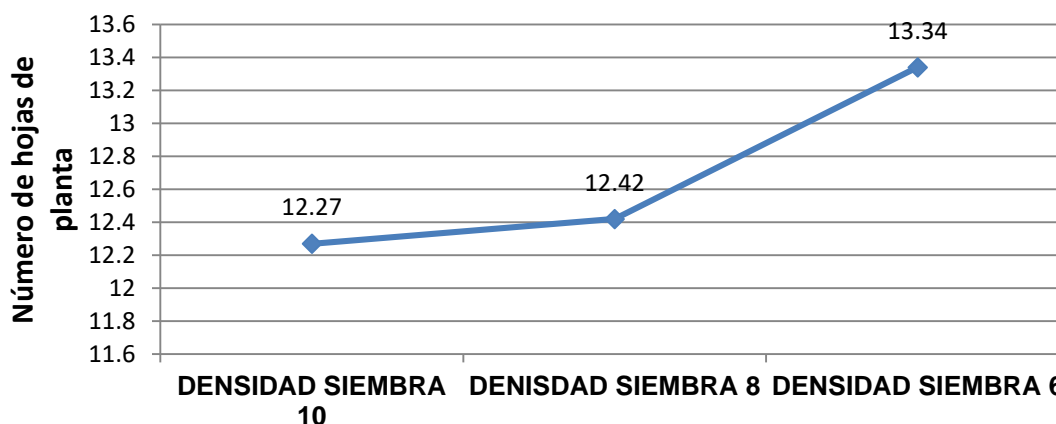


**Figura 6.** Factor número de hojas tres variedades de papa (*Tuberosum Solanum L.*), UES-CC.AA. Tesis 2017.

Lo anterior puede estar asociado con la estabilidad de la variedad para la expresión de la variable, a pesar de las rápidas tendencias, las hojas se originan en los meristemos apicales del tallo, el desarrollo de las hojas está ligado inicialmente a la aparición de los primordios foliares en el ápice, luego depende de factores ambientales, y propios de cada variedad.

Menjivar y Zepeda (2016), han demostrado que el número de hojas en las variedades de papa Tollocan 16.37 hojas, y Soloma 13.25 respectivamente.

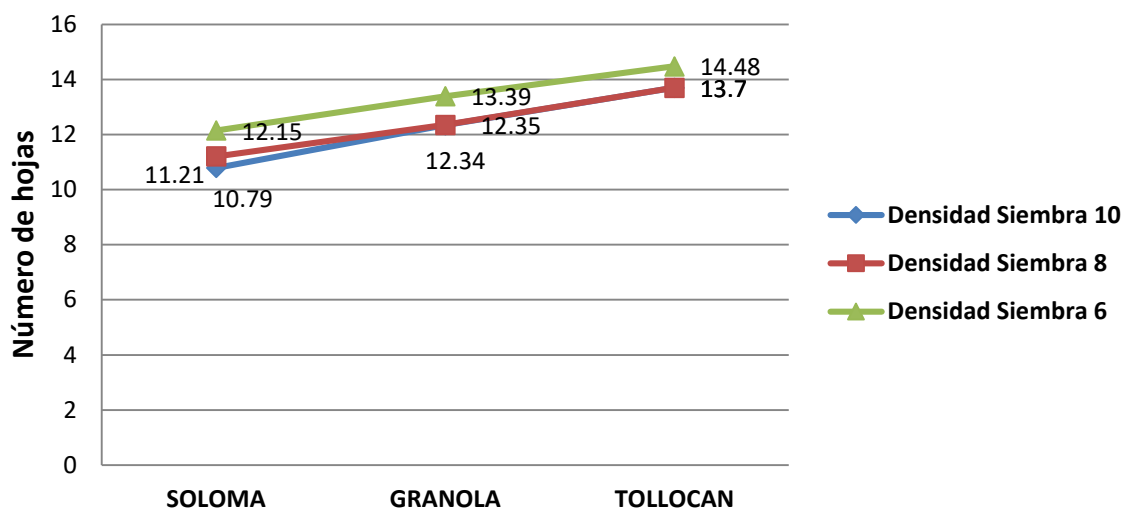
En densidades de siembra la prueba de comparación de medias de Tukey (Cuadro A-16), así lo demuestra, existiendo variación entre las medias siguiente, densidad de siembra seis 13.34 y el menor cuando se tiene densidad de siembra diez 12.27 número de hojas por planta (Figura 7).



**Figura 7.** Número de hojas de tres variedades de papa (*Tuberosum Solanum L.*), y tres densidades de siembra UES-CC.AA. Tesis 2017.

Según Calderón (2010), en las densidades de siembra, representa en la planta una combinación de procesos fisiológicos y bioquímicos por lo consiguiente, estos factores son aprovechados donde la densidad de siembra es menor, y se produce un incremento de número de hojas.

Para el factor doble en variedades e interacción en tres densidades de siembra al realizar la comparación de medias de Tukey, mostró diferencias significativas ( $p < 0.05$ ), (Cuadro A-18). Para este caso la variedades Tollocan y Granola + densidades de siembra de seis, no difirieron estadísticamente entre sí, a excepción para variedad Soloma + densidad de siembra diez, el número de hojas fue menor (Figura 8).



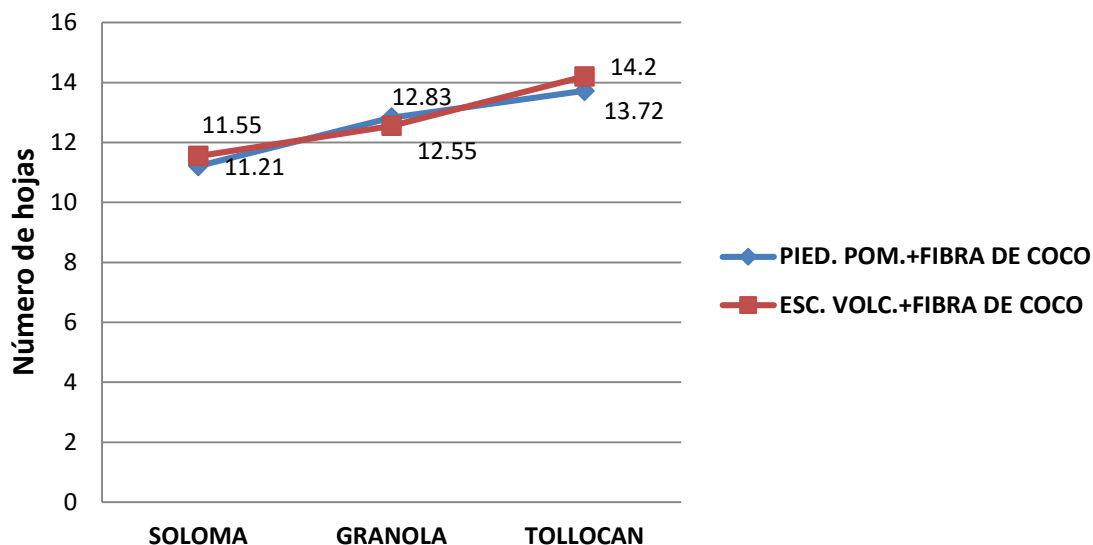
**Figura 8.** Número de hojas, interacción de tres variedades de papa (*Tuberosum Solanum* L.), y tres densidades de siembra (6, 8 y 10 minitubérculos), UES-CC.AA. Tesis 2017.

Cuando las variedades están en densidades de siembra de seis se favorece un mayor número de hojas por planta, debido a que existe menos competencia a nivel del sistema radicular y luz, dándose una absorción de nutrimentos.

Según Fleischer (2006), asumido que la velocidad del incremento foliar dado por el número de hojas presentes en algún momento y el desarrollo que estas alcancen, estará en dependencia directa del incremento de las temperaturas.

Para la interacción de tres variedades de papa y dos combinaciones de sustrato al realizar la comparación de medias de Tukey ( $p < 0.05$ ), para las variedades se encontraron diferencias estadísticas significativas (Cuadro A-19). Para este caso la variedad Tollocan

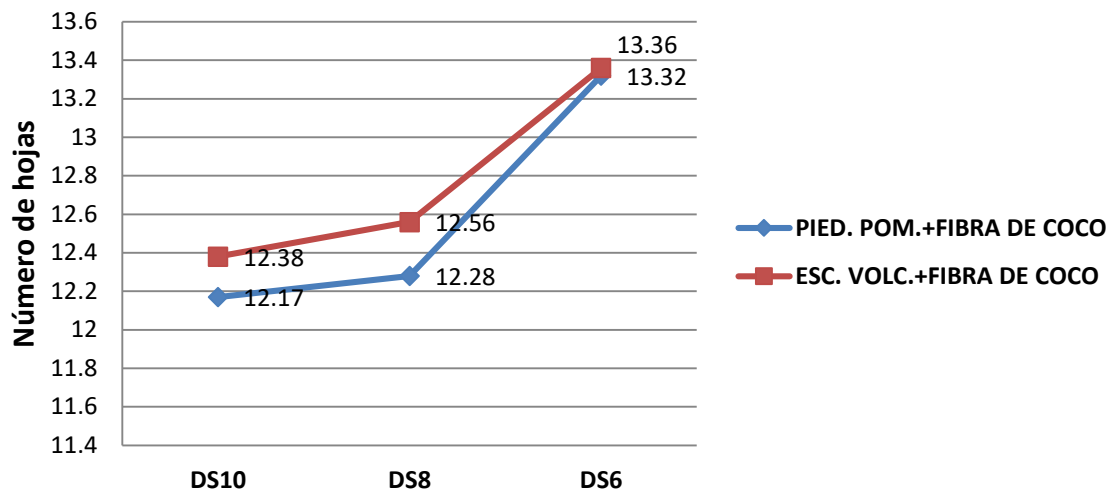
+ sustrato (escoria volcánica 60% + fibra de coco 40%), fue el que presentó el mayor número de hojas, no difiriendo estadísticamente de las demás variedades, excepto a variedad Soloma + ambas combinaciones de sustrato (Figura 9).



**Figura 9.** Número de hojas, interacción de tres variedades de papa (*Tuberosum Solanum* L.), y dos combinaciones de sustrato UES-CC.AA. Tesis 2017.

Los sustratos son el sostén del sistema radicular de la planta así mismo es el vehículo para proveer los nutrimentos que necesita para su crecimiento y desarrollo normal lo anterior encontrado por Kadaja y Tooming (2004), el rendimiento estará determinado en gran medida por el desarrollo que alcance la superficie foliar, aspecto en el que además de los factores abióticos, juega un papel importante la variedad de que se trate, de ahí que se le preste una especial atención a esta variable, de la cual depende el índice de área foliar y por consiguiente la cantidad de radiación que las plantas puedan interceptar.

Para el factor densidad de siembra por combinaciones de sustratos, al realizar las comparaciones de medias de Tukey ( $p < 0.05$ ), no mostró diferencias estadísticas significativas (Cuadro A-20). La densidad de siembra de seis minitubérculos + (escoria volcánica 60% + fibra de coco 40%), obtuvo el mayor número de hojas por planta no difiriendo estadísticamente de los demás tratamientos; teniendo una diferencia en la expresión de la variable de 1.19 número de hojas por planta a la densidad de siembra mencionada con respecto a la densidad de siembra de diez minitubérculos + (piedra pómez 60% + fibra de coco 40%) (Figura 10).

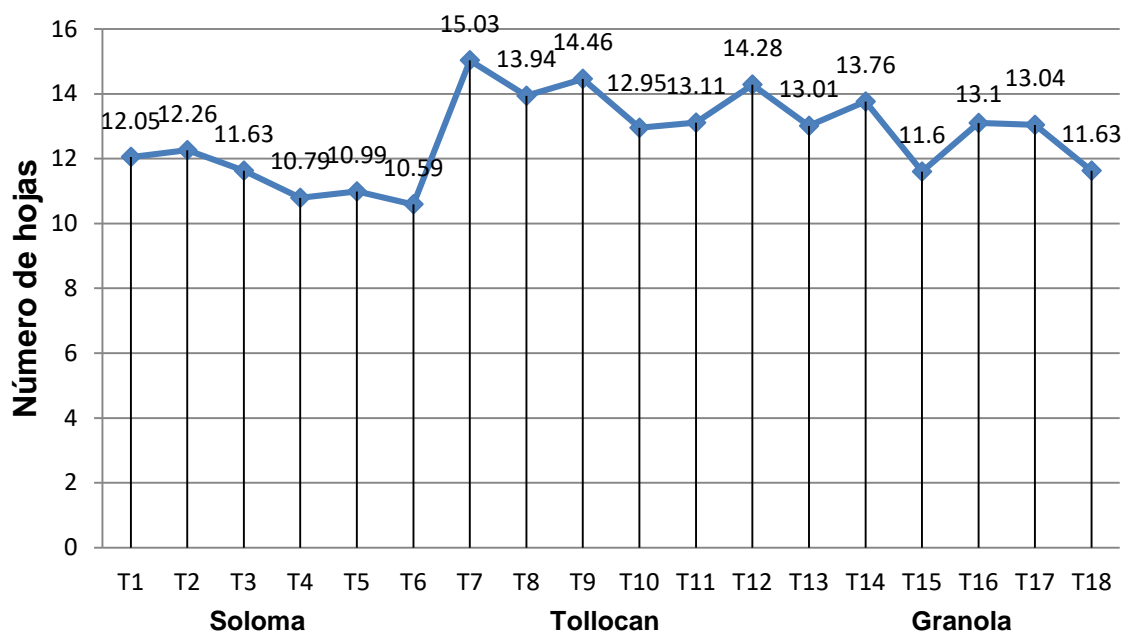


**Figura 10.** Número de hojas, interacción de tres densidades de siembra (6, 8 y 10 minitubérculos), por dos combinaciones de sustrato UES-CC.AA. Tesis 2017.

Cuando el cultivo está en densidades de siembra menores los componentes morfológicos y fisiológicos de rendimiento es afectado es decir a mayores densidades de siembra causa competencia de nutrientes entre sí.

Según Fleischer (2006), encontró resultados que se ha comprobado que el tiempo que transcurre entre la aparición de una hoja y la nueva, puede cambiar en dependencia del comportamiento de la amplitud de la temperatura en una misma región, pudiendo cambiar de un año a otro, aun cuando las condiciones climáticas imperantes sigan siendo las mismas.

Para el factor variedades y densidades de siembra e interacción de las combinaciones de sustratos, al analizar las medias de comparaciones de Tukey (Cuadro A-21), el análisis de varianza mostró diferencia estadísticas significativas ( $p < 0.05$ ), al comportamiento de combinación de los factores involucrados, muestra que la variedad Tollocan cuando estuvo en densidades de siembra de seis, además sustrato (escoria volcánica 60% + fibra de coco 40%) su comportamiento fue mejor (T7), no obstante las variedades Granola y Soloma en densidades de siembra ocho y diez minitubérculos + ambos sustratos su comportamiento fue menor, T15 y T4 respectivamente (Figura 11).



**Figura 11.** 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 UES-CC.AA. Tesis 2017.

Según García *et al.* (2016), la variedad de papa "Yuya" en casa de cultivo (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.

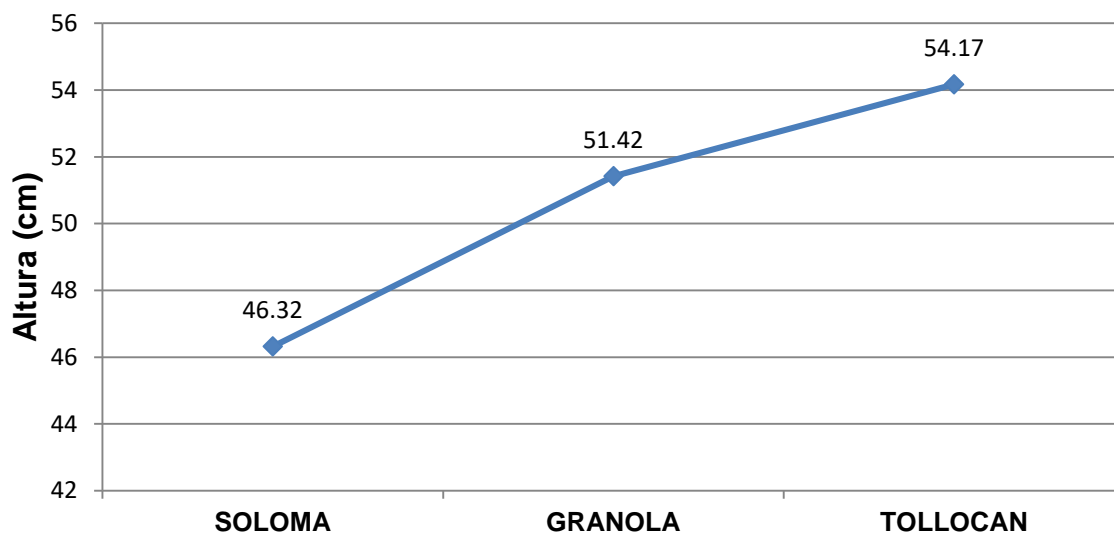
Además Fleischer (2006), indica que del número de hojas presentes y el desarrollo que las mismas alcancen, depende en gran medida de la magnitud de la superficie foliar, es razonable pensar entonces, que el mayor valor de esta variable se presenta en la presente investigación.

#### 4.3 Altura de plantas

Para esta variable se midió el crecimiento vertical con cinta métrica en centímetros desde la superficie del sustrato hasta el ápice del par de hojas.

Para esta variable, el análisis de varianza (cuadro A-22) mostró que el factor variedad y densidad de siembra presentaron diferencias altamente significativas ( $p < 0.0001$ ). La prueba de comparación de medias de Tukey (Cuadro A-23), lo está demostrando, donde se identificó que la variedad Tollocan y Granola mostraron la mejor altura de planta, no existiendo diferencia estadística alguna entre ellas, en contraposición, la variedad Soloma quien mostró menor altura, siendo estadísticamente diferente ( $p < 0.05$ ) (Figura 12).

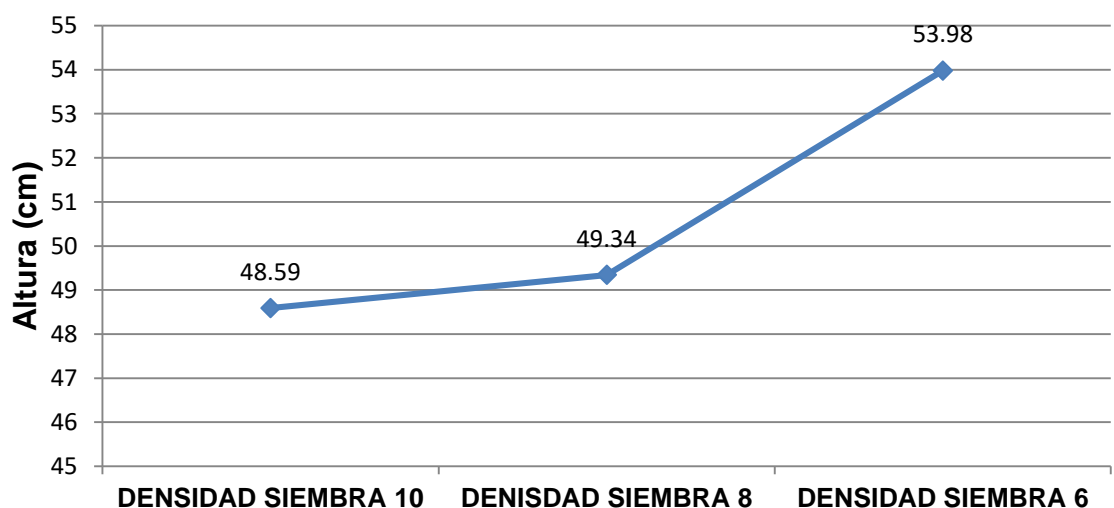




**Figura 12.** Factor altura de planta de tres variedades de papa (*Tuberosum Solanum* L.), UES-CC.AA. Tesis 2017.

El comportamiento de la variedad Tollocan en la altura, sin embargo para Chinnusamy (2007), puede estar asociado con la estabilidad de la variedad para la expresión altura, con respecto a las otras variedades en estudio.

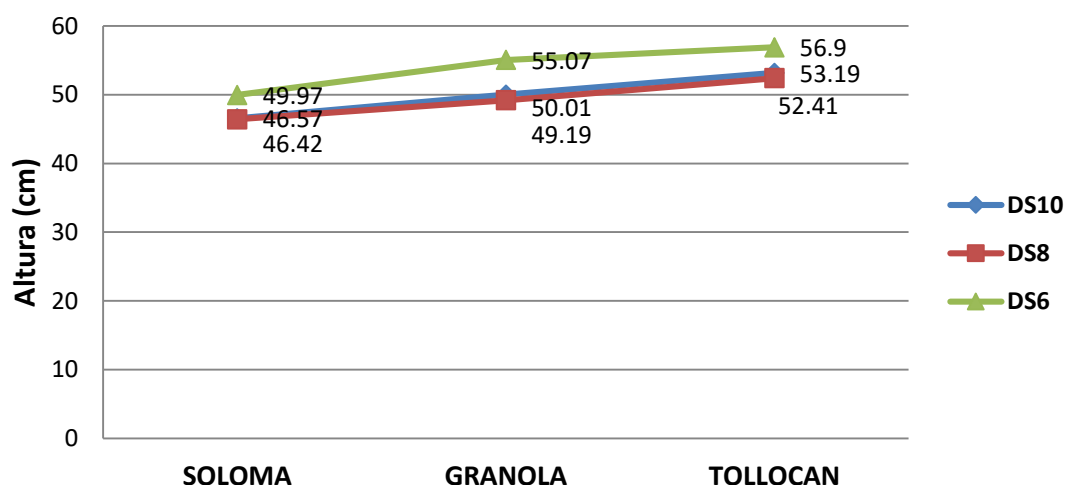
Para el factor densidades de siembra, al analizar las medias de comparaciones de Tukey (Cuadro A-24), el análisis de varianza mostró diferencia altamente significativas ( $p < 0.05$ ), al comportamiento de combinación de los factores involucrados, muestra que la densidad de siembra de seis mostro 53.98 cm en contraposición, densidad de siembra de diez quien mostro menos altura de 48.59 cm (Figura 13), no difiriendo de la densidad de ocho.



**Figura 13.** Factor altura en densidad de siembra, tres variedades de papa (*Tuberosum Solanum* L.), UES-CC.AA. Tesis 2017.

Según Ávila (1985), la distancia tiene importancia primordial en rendimiento en cultivo de papa.

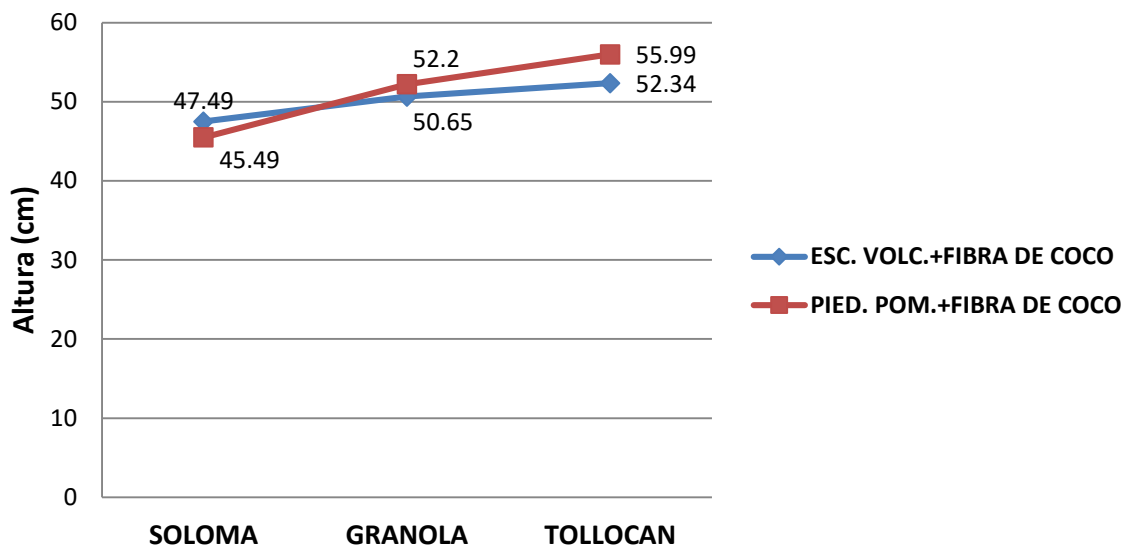
Al realizar la comparación de medias de Tukey (Cuadro A-26), para las variedades en combinación con las densidades de siembra se encontraron diferencias estadísticas significativas ( $p < 0.05$ ). Del mismo cuadro se obtiene que la altura fueron mayores en la variedad Tollocan y Granola + densidad de siembra de seis minitubérculos, no difiriendo estadísticamente entre sí; sin embargo, esta última variedad no difiere de las demás, excepto con la variedad Soloma + densidad de siembra diez minitubérculos, la altura fueron menores (Figura 14).



**Figura 14.** Altura de planta, interacción de tres variedades de papa (*Tuberosum Solanum* L.), y tres densidades de siembra (6, 8 y 10 minitubérculos), UES-CC.AA. Tesis 2017.

Según Salomón *et al.* (2006) la variedad de papa Grettel puede alcanzar valores de altura superior a 45-60 cm además, en la variedad Yara los tallos pueden alcanzar una altura media de 50-60 cm; en la presente investigación los valores obtenidos están dentro del rango señalado.

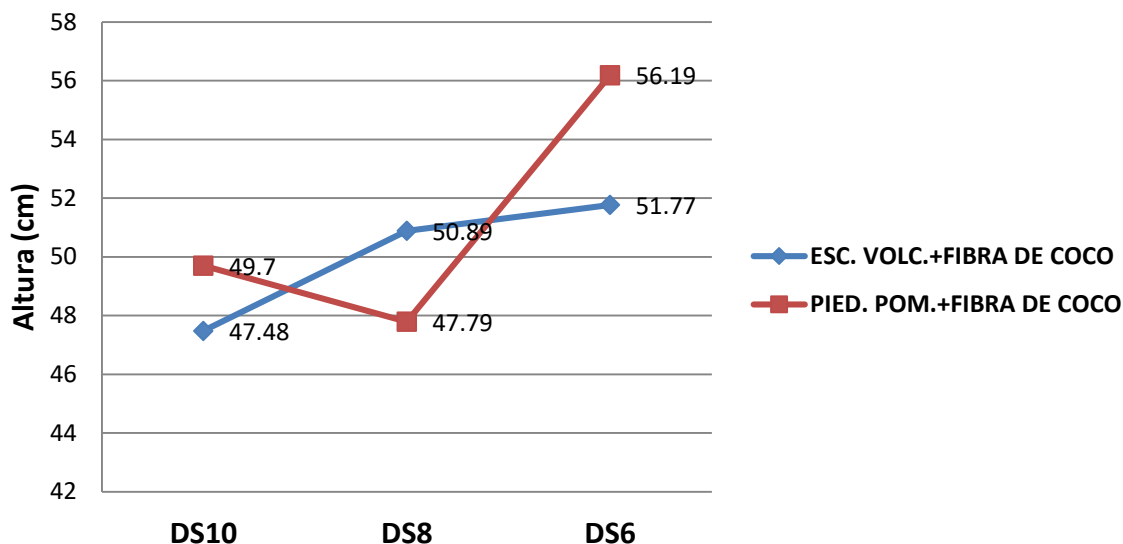
Para el factor doble de variedades y combinaciones de sustrato al realizar la comparación de medias de Tukey (Cuadro A-27), para las variedades se encontraron diferencias estadísticas significativas ( $p < 0.05$ ). De la misma información se obtiene, para el caso de la variedad Tollocan + (piedra pómez 60% + fibra de coco 40%), fue la que representó mayor número de altura por planta, no difiriendo estadísticamente de las demás variedades, a excepción para el que presentó la menor altura, correspondiendo a variedad Soloma + (piedra pómez 60% + fibra de coco 40%) (Figura 15).



**Figura 15.** Altura de planta, interacción de tres variedades de papa (*Tuberosum Solanum* L.), y dos combinaciones de sustrato UES-CC.AA. Tesis 2017.

Estudios realizados por Jiménez (2012), los sustratos con componentes orgánicos e inorgánicos favorecen la absorción de nutrientes es así que la mezcla de materiales orgánicos e inorgánicos en la formulación de sustratos favorece el crecimiento y desarrollo de plantas de diversas especies tropicales.

Los factores doble, densidades de siembra e interacción de combinaciones de sustratos, al realizar la comparación de medias de Tukey ( $p < 0.05$ ), para las densidades de siembra se encontraron diferencias estadísticas significativas (Cuadro A-28). Del mismo cuadro se obtiene que la mejores altura fueron las densidades de siembra seis minitubérculos + (piedra pómez 60% + fibra de coco 40%), no difiriendo estadísticamente de las demás densidades de siembra, excepto la densidad de siembra diez minitubérculos + (escoria volcánica 60% + fibra de coco 40%) la cual apporto la altura más bajo (Figura 16).

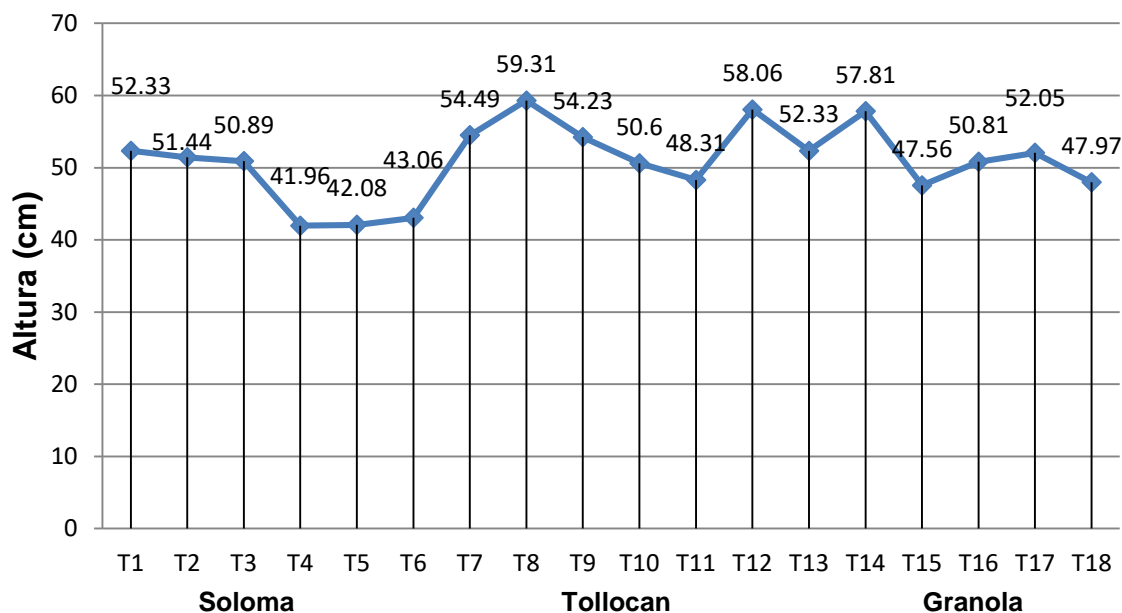


**Figura 16.** Altura de planta de tres variedades de papa (*Tuberosum Solanum* L.), interacción de tres densidades de siembra (6, 8 y 10 minitubérculos), por dos combinaciones de sustrato UES-CC.AA. Tesis 2017.

A este respecto cuando un conjunto de cambios graduales y progresivos que tienen lugar durante la elaboración del cuerpo de una planta, en su ambiente se desarrolla en mejores condiciones a densidad de siembras menores, los nutrientes y factores ambientales están disponibles.

Resultados obtenidos por Carrasco (1980), en relación con la altura de las plantas, las variedades Red Pontiac, Raja, Mondial, Diamant y Cosmos, alcanzaron valores entre 42,1 y 43,5 cm; sin embargo datos obtenidos en la presente investigación superaron a los obtenidos por Carrasco.

Para los factores variedades, y densidades de siembra e interacción combinaciones de sustratos el análisis de varianza mostró diferencias estadísticas significativas ( $p < 0.05$ ), al realizar la comparación de las medias de Tukey (Cuadro A-29), sin embargo, una aproximación al comportamiento de la combinación de los factores involucrados, denota, que las variedades Tollocan y Granola su comportamiento fue mejor (T8 Y T14), no obstante la variedad Soloma su comportamiento fue menor en densidades de siembra ocho y diez minitubérculos (T5 y T4), y en los dos tipos de sustratos, en la variable altura (Figura 17).

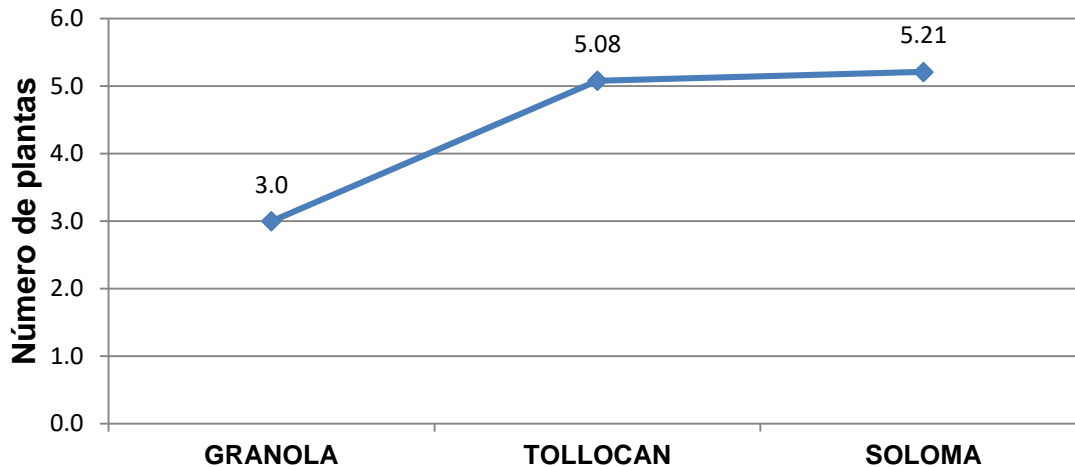


**Figura 17.** Altura de planta, interacción de tres variedades de papa (*Solanum tuberosum* L.), tres densidades de siembra (6, 8 y 10 minitubérculos), y dos combinaciones de sustrato UES-F.CC.AA. Tesis 2017.

Estudio realizado por Muñoz (2016), las ligeras tendencias de las variedades en estudio, el sometimiento a un ambiente controlado, la altura puede estar asociado con la expresión genética de la variable. Estudios realizados por paredes *et al.* (2001), la variedad Fri papa, obtiene el valor promedio más alto en altura de planta con 90.92 cm frente la variedad Raymipapa que obtuvo un valor de 73.62cm. Así mismo las plantas que se desarrollaron en el sistema convencional obtuvieron la mayor altura de planta con 117.07cm, frente a las que se desarrollaron en el sistema hidropónico que obtuvieron un valor de 47.47cm.

#### 4.4 Número de plantas

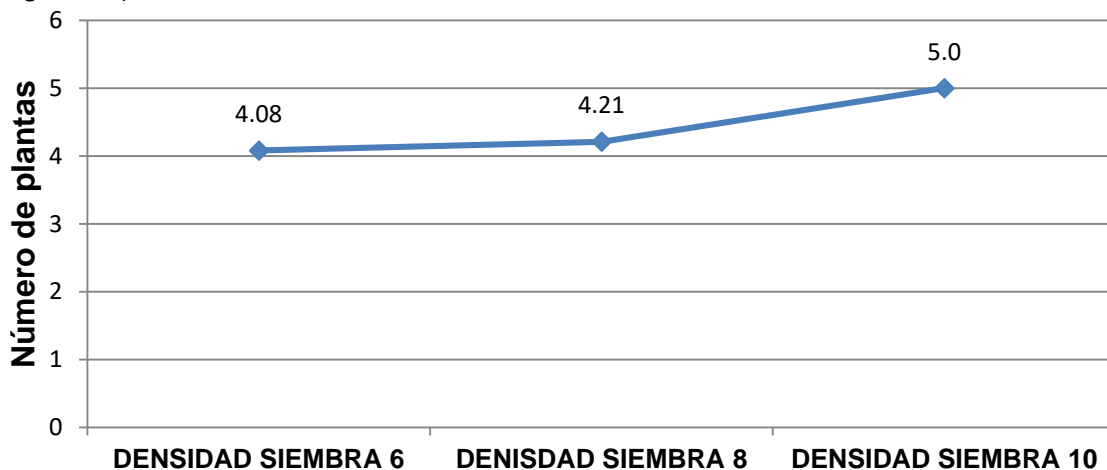
En la medición de esta variable se contaron el número de plantas por tratamientos, el análisis de varianza (cuadro A-30) presentó diferencias altamente significativas ( $p < 0.0001$ ), para el factor variedades. La prueba de comparación de medias de Tukey (cuadro A-31), así lo demuestra, donde se identificó que la variedad Soloma y Tollocan mostraron el mejor número de plantas, no existiendo diferencia significativas alguna entre ellas, en contraposición, la variedad Granola quien mostró menor número de plantas, siendo estadísticamente menor ( $p < 0.05$ ) (Figura 18).



**Figura 18.** Factor simple número de plantas de tres variedades papa (*Tuberosum Solanum* L.), UES-CC.AA. Tesis 2017.

Estudio realizados por Paredes *et al.* (2001), los minitubérculo semilla, para germinar tienen que pasar por un periodo de reposo o dormancia de tres meses; después de ese periodo emite brotes 0.5 a 1.0 cm de longitud, sin embargo en la presente investigación los minitubérculos semillas estaba fisiológicamente viejos el cual número de planta fue menor.

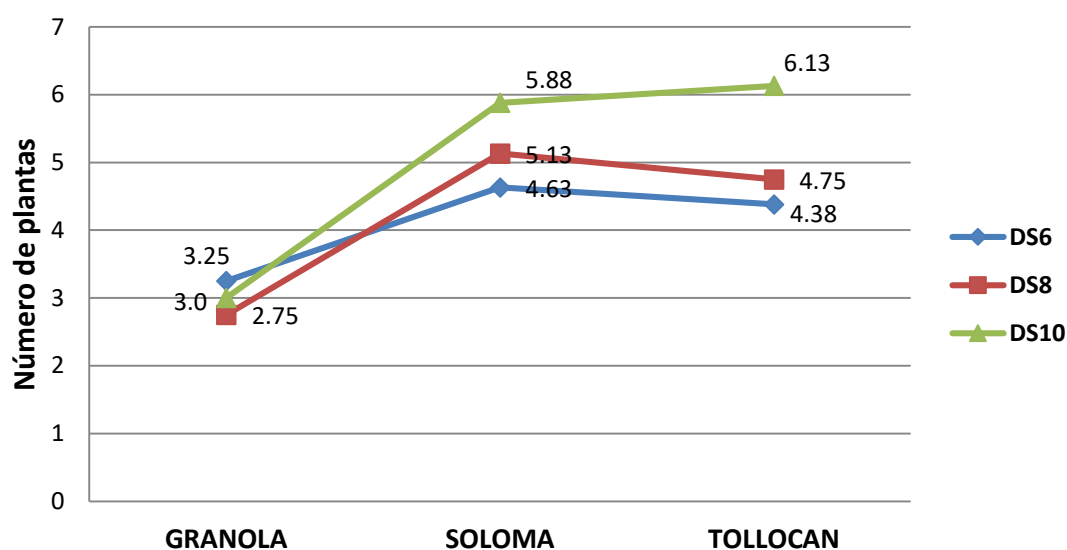
Para el factor densidades de siembra, al analizar las medias de comparaciones de Tukey (Cuadro A-32), el análisis de varianza mostró diferencia estadística significativas ( $p < 0.05$ ), al comportamiento de combinación del factor involucrado, muestra que la densidad de siembra de diez mostró 5.0 cm no difiriendo estadísticamente de la densidad ocho en contraposición, densidad de siembra de seis quien mostró menos número de plantas 4.08 (Figura 19).



**Figura 19.** Factor número de plantas, densidad de siembra de tres variedades de papa (*Tuberosum Solanum* L.), UES-CC.AA. Tesis 2017.

Cuando la semilla minitubérculo de papa se encuentra en buen estado fisiológico la repuesta será una brotación homogénea de las distintas yemas que posee, dando origen de plantas vigorosas, en la presente investigación una parte de la semilla utilizada se encontraba en envejecimiento fisiológico (Paredes *et al.* 2001).

Al realizar la comparación de medias de Tukey (Cuadro A-34), para el factor doble en las variedades e interacción de las densidades de siembra se encontraron diferencias estadísticas significativas ( $p < 0.05$ ). Del mismo cuadro se obtiene que el número de plantas fueron mayores en la variedad Tollocan y Soloma + densidad de siembra de diez minitubérculos, no difiriendo estadísticamente entre sí; sin embargo, esta última variedad no difiere de las demás, excepto con la variedad Granola + densidad de siembra ocho minitubérculos, los número de plantas fueron menores (Figura 20).



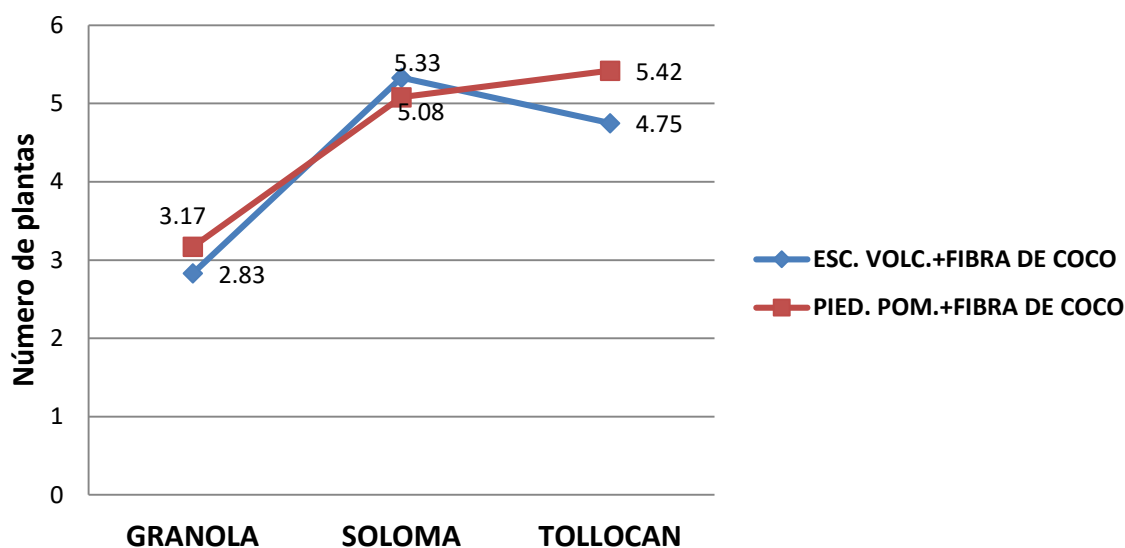
**Figura 20.** Número de plantas, interacción de tres variedades de papa (*Tuberosum Solanum* L.), y tres densidades de siembra (6, 8 y 10 minitubérculos), UES-CC.AA. Tesis 2017.

De acuerdo con Fariña (2009), en el caso de plantar tubérculos fisiológicamente viejos producirá plantas con un mayor número de tallos pero con un menor desarrollo vegetativo, con una senescencia y madurez más temprana, lo que se traduce en un menor rendimiento.

En la presente investigación ya se mencionó el estado fisiológico de la semilla, al observar los resultados en las variedades Tollocan y Soloma en comparación con Granola,

obtuvieron mayores números de plantas factor que puede estar incidiendo, es la edad fisiológica de tubérculo semilla se encontraba en envejecimiento fisiológico.

Al realizar la comparación de medias de Tukey ( $p < 0.05$ ), para los factores dobles de variedades e interacción de sustrato se encontraron diferencias estadísticas significativas (Cuadro A-35). Para este caso la variedad Tollocan + sustrato (piedra pómez 60%+ fibra de coco 40%), fue el que presentó el mayor número de plantas, no difiriendo estadísticamente de las demás variedades, excepto a variedad Granola + ambas combinaciones de sustrato (Figura 21).



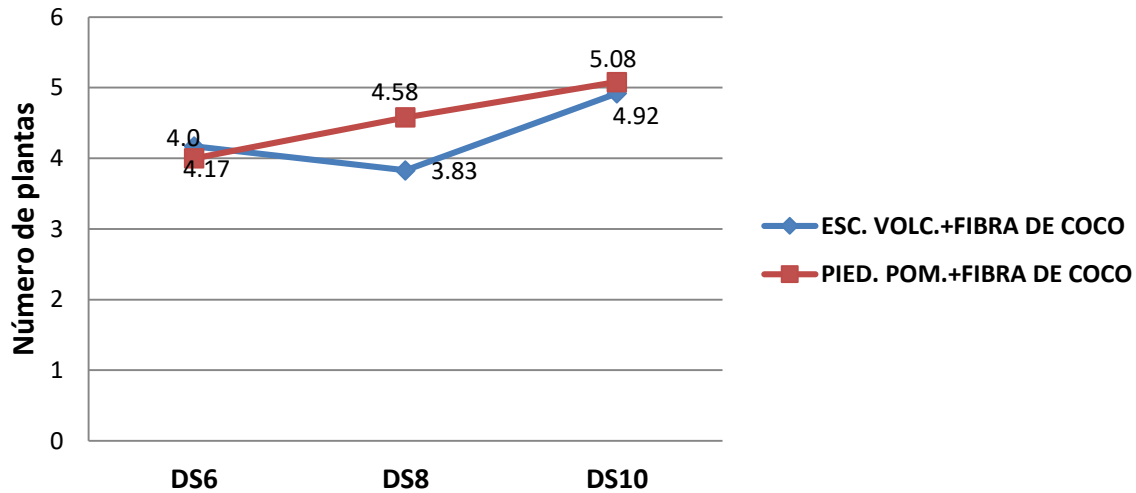
**Figura 21.** Número de plantas, interacción de tres variedades de papa (*Tuberosum Solanum* L.), y dos combinaciones de sustrato UES-CC.AA. Tesis 2017.

Los resultados alcanzados en esta experiencia, están en correspondencia con lo planteado de los dos casos anteriores, donde el número de plantas es mayor en las variedades Tollocan y Soloma para ambas combinaciones de sustratos.

El factor doble para las densidades de siembra e interacción de combinaciones de sustratos al realizar las comparaciones de medias de Tukey ( $p < 0.05$ ), no mostró diferencias estadísticas significativas (Cuadro A-36). La densidad de siembra de diez minitubérculos + (piedra pómez 60% + fibra de coco 40%), obtuvo el mayor número de plantas no difiriendo estadísticamente de los demás tratamientos; teniendo una diferencia



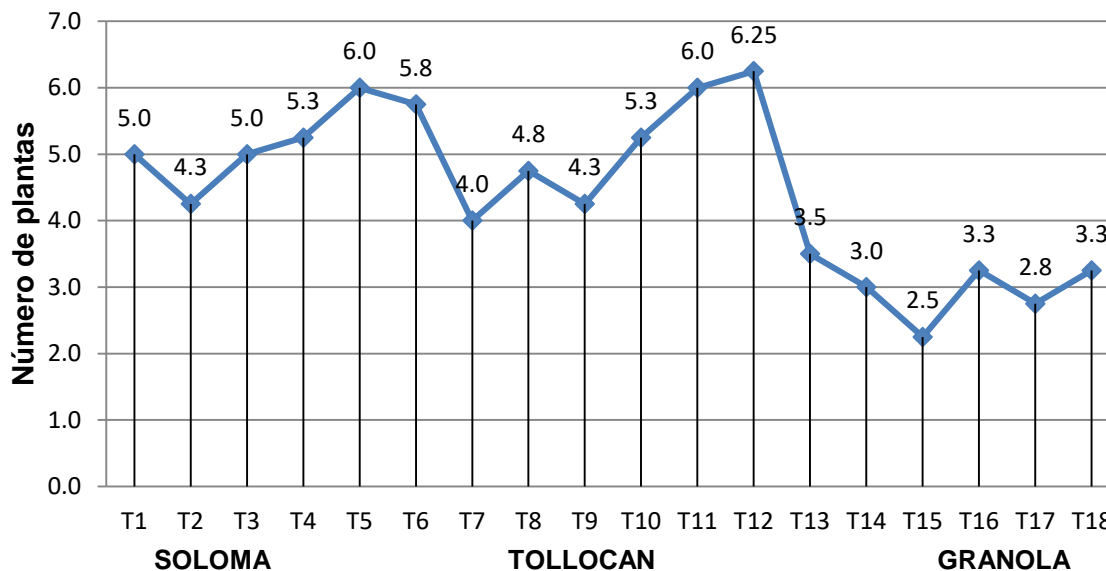
en la expresión de la variable de 1.08 número de plantas a la densidad de siembra mencionada con respecto a la densidad de siembra de seis minitubérculos + (escoria volcánica 60% + fibra de coco 40%) (Figura 22).



**Figura 22.** Número de plantas de tres variedades de papa (*Tuberosum Solanum* L.), interacción de tres densidades de siembra (6, 8 y 10 minitubérculos), por dos combinaciones de sustrato UES-CC.AA. Tesis 2017.

Para este caso el número de plantas, no difirió en las dos combinaciones de sustrato con respecto a las densidades de siembra, es decir que da igual sembrar en ambos sustratos.

Para esta variable la prueba de comparación de medias de Tukey (cuadro A-37) los factores, variedades por densidades de siembra e interacción de combinaciones de sustratos, el análisis de varianza mostró que el factor variedad presentó diferencias altamente significativas, con todo, una aproximación al comportamiento de la combinación de los factores involucrados, denota, que cuando las variedades Tollocan y Soloma su comportamiento fue mejor (T12 y T5), no obstante la variedad Granola su comportamiento fue menor en ambos sustratos (T15), existiendo diferencias estadística significativas ( $p < 0.05$ ). 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 23).

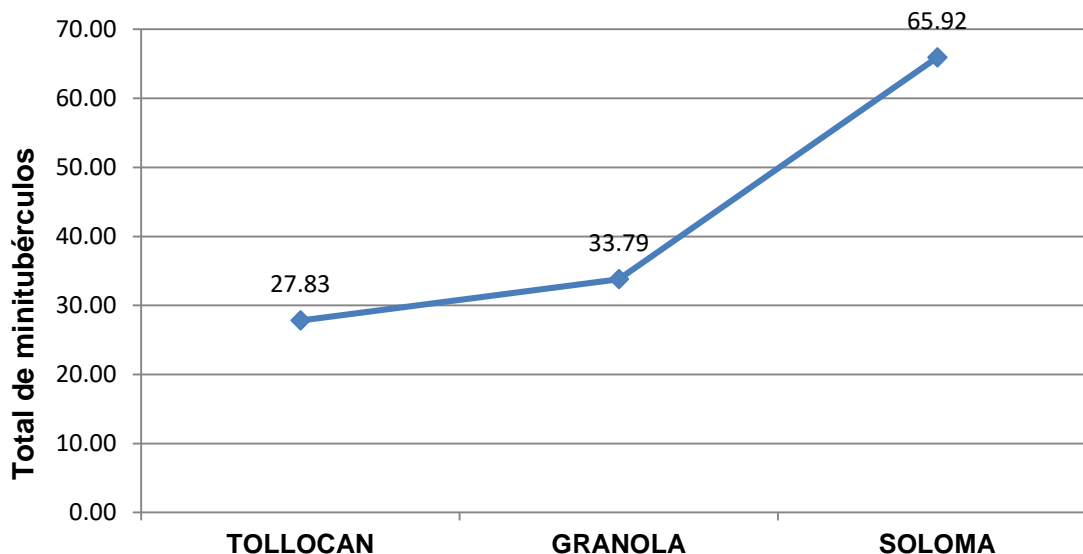


**Figura 23.** Número de plantas, interacción de tres variedades de papa (*Solanum tuberosum* L.), tres densidades de siembra (6, 8 y 10 minitubérculos), y dos combinaciones de sustrato UES-F.CC.AA. Tesis 2017.

Analizando la información, el número de plantas de los 18 tratamientos, cuando las condiciones fisiológicas en envejecimiento (senil) los minitubérculos semillas, producirá plantas con mayores número de tallos pero con menor desarrollo vegetativo, como resultado un bajo rendimiento (Fariña 2009).

#### 4.5 Total de minitubérculos

Para esta variable contiene el total de minitubérculos por tratamiento, el análisis de varianza (cuadro A-38) el cual mostró que el factor variedad presentó diferencias altamente significativas ( $p < 0.0001$ ). La prueba de comparación de medias de Tukey (Cuadro A-39), identificó que la variedad Soloma obtuvo mayor número de minitubérculos, teniendo diferencia estadística, en contraposición, la variedad Granola y Tollocan quienes mostraron igual número de minitubérculos, existiendo diferencias estadísticas significativas ( $p < 0.05$ ) (Figura 24).



**Figura 24.** Factor simple total de minitubérculos tres variedades de papa (*Tuberosum Solanum* L.), UES-CC.AA. Tesis 2017.

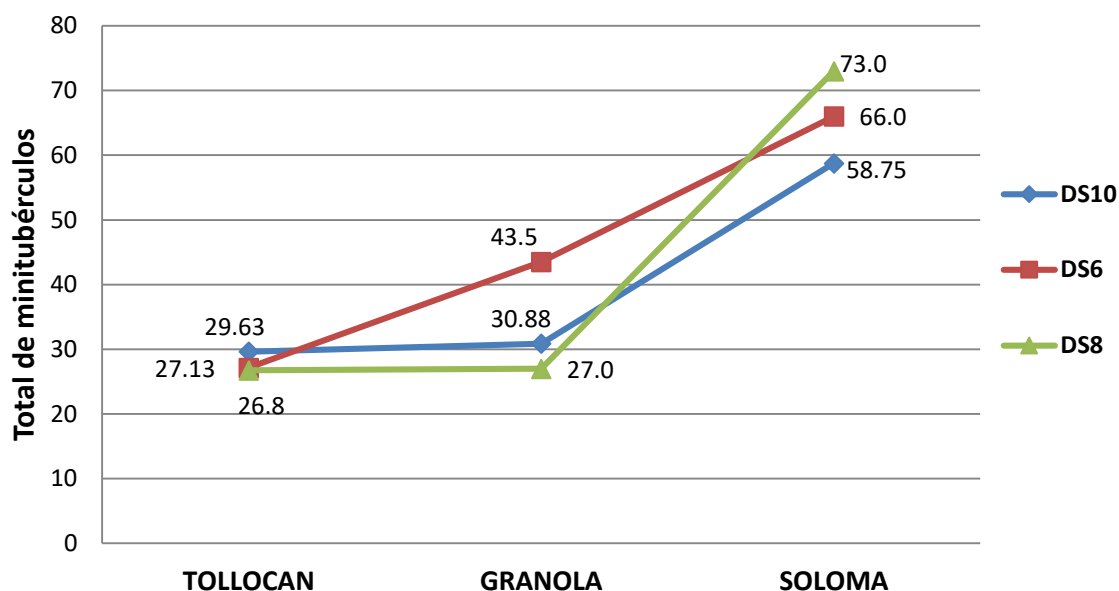
Sin embargo CIP (1988), afirma que unos de los factores de la expresión que le permite expresar su potencial productivo es la temperatura (mayor a 20 °C en la noche), inhibe la tuberización, pero son pocos los procesos de desarrollo controlados solamente por la temperatura y las repuestas a estas pueden ser modificadas por otros factores, particularmente por la luz ambiental

Para el factor densidades de siembra, al analizar las medias de comparaciones de Tukey (Cuadro A-40), el análisis de varianza no mostró diferencia estadística significativas ( $p < 0.05$ ), al comportamiento de combinación del factor involucrado, muestra que el total de minitubérculos en tres densidades de siembra no difiere entre ellas.

Además para el factor combinaciones de sustrato, al analizar las medias de comparaciones de Tukey (Cuadro A-41), el análisis de varianza no mostró diferencias estadísticas significativas.

Al realizar la comparación de medias de Tukey (Cuadro A-42), para las variedades e interacción densidades de siembra se encontraron diferencias estadísticas significativas ( $p < 0.05$ ). Del mismo cuadro se obtiene que el total de minitubérculos fueron mayores en la variedad Soloma y Granola + densidad de siembra de ocho y seis minitubérculos, no difiriendo estadísticamente entre sí; sin embargo, esta última variedad no difiere de las

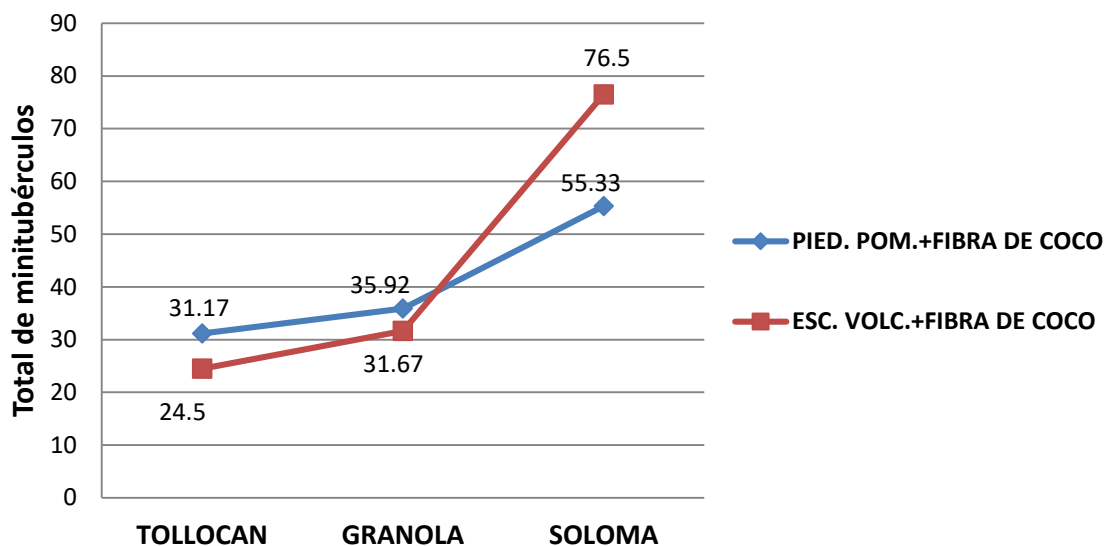
demás, excepto con la variedad Tollocan + densidad de siembra ocho minitubérculos, el total de minitubérculos fueron menores (Figura 25).



**Figura 25.** Total de minitubérculos, interacción de tres variedades de papa (*Tuberosum Solanum* L.), y tres densidades de siembra (6, 8 y 10 minitubérculos), UES-CC.AA. Tesis 2017.

Cada variedad ha permitido expresar su potencial productivo, en la presente investigación para la variedad Soloma con densidad seis, el resultado es 73 minitubérculos; no obstante para el resultado menor de 26.75 de minitubérculos es para la variedad Tollocan con densidad de siembra de ocho minitubérculos. Según Allen (1978), el crecimiento, desarrollo y rendimiento del cultivo de papa dependen de la interacción del genotipo de la variedad y los factores agroecológicos para producir rendimientos de óptima calidad, las plantas requieren un adecuado suministro de recursos del suelo (agua y nutrientes minerales) y recursos de la atmósfera.

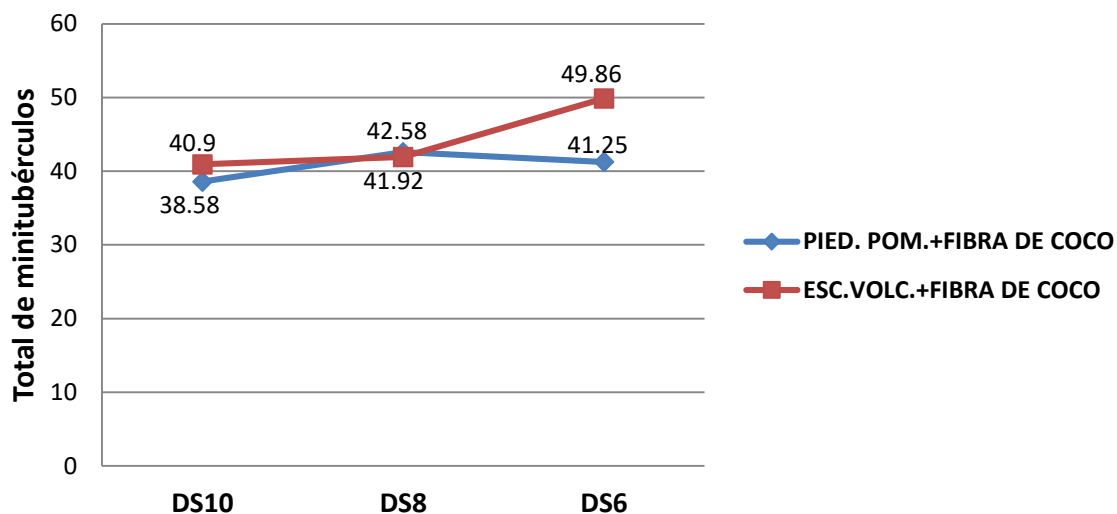
Al realizar la comparación de medias de Tukey (Cuadro A-43), para las variedades e interacción de sustratos se encontraron diferencias estadísticas significativas ( $p < 0.05$ ). De la misma información se obtiene, para el caso de la variedad Soloma + (escoria volcánica 60% + fibra de coco 40%), fue la que representó mayor número de minitubérculos, no difiriendo estadísticamente de las demás variedades, a excepción para el que presentó el menor total, correspondiendo a variedad Tollocan + (escoria volcánica 60% + fibra de coco 40%) (Figura 26).



**Figura 26.** Total de minitubérculos, interacción de tres variedades de papa (*Tuberosum Solanum* L.), y dos combinaciones de sustrato UES-CC.AA. Tesis 2017.

Sin embargo, Wiersema (1987), afirma cuando aumenta la densidad de tallos, disminuye el número de tubérculos por tallo, pero aumenta, generalmente, el número de tubérculos por unidad de área.

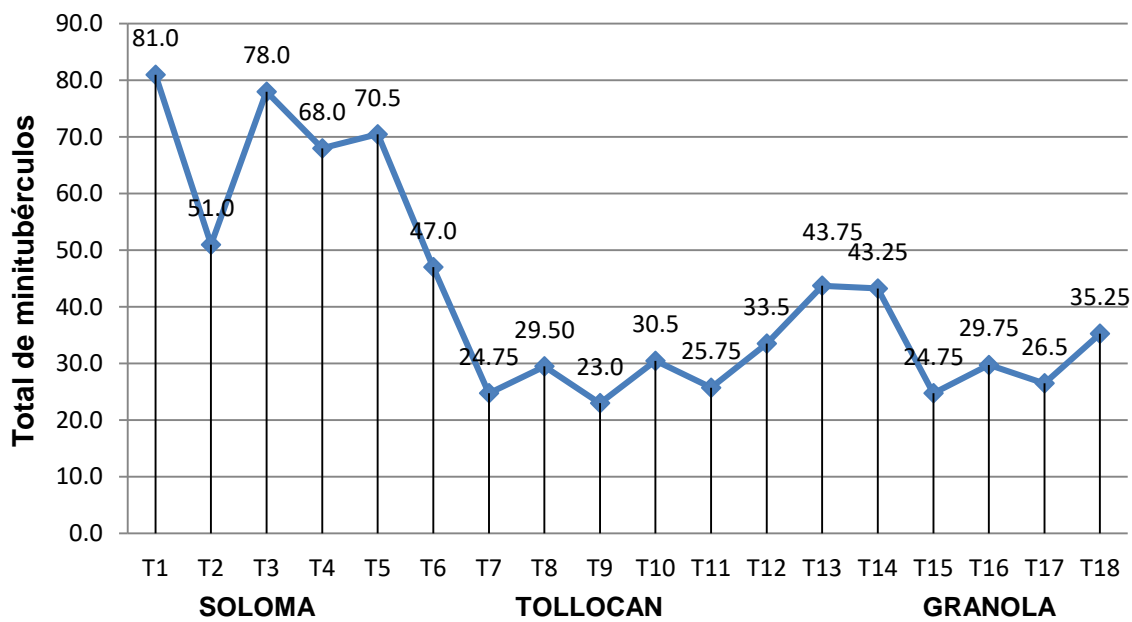
El factor doble densidad de siembra e interrelación de combinaciones de sustratos para las densidades de siembra, al realizar las comparaciones de medias de Tukey ( $p < 0.05$ ), no mostró diferencias estadísticas significativas (Cuadro A-44). La densidad de siembra de seis minitubérculos + (escoria volcánica 60% + fibra de coco 40%), obtuvo el mayor número de minitubérculos no difiriendo estadísticamente de los demás tratamientos; teniendo una diferencia en la expresión de la variable de 11.25 de minitubérculos a la densidad de siembra mencionada con respecto a la densidad de siembra de diez minitubérculos + (piedra pómez 60% + fibra de coco 40%) (Figura 27).



**Figura 27.** Total de minitubérculos de tres variedades de papa (*Tuberosum Solanum* L.), interacción de tres densidades de siembra (6, 8 y 10 minitubérculos), por dos combinaciones de sustrato UES-CC.AA. Tesis 2017.

Según Wiersema (1987), el número de tubérculos producidos depende de la competencia entre los tallos por los factores de crecimiento, como nutrientes, agua y luz así la competencia es menor cuando la densidad de tallos es baja, lo cual conduce a un número grande de minitubérculos por tallo, sin embargo, en la investigación las densidades de siembra es igual a realizarlo en ambas combinaciones de sustratos con respecto a total de minitubérculos.

La prueba de comparación de medias de Tukey (Cuadro A-45), identificó para la triple interacción factor variedades, y densidades de siembra por combinaciones de sustratos, el análisis de varianza mostró diferencias altamente significativas. Una aproximación al comportamiento de la combinación de los factores involucrados, denota, que la variedad Soloma fue mejor los datos, demuestran aceptables en la variable número de minitubérculos especialmente en densidad de siembra de seis y ocho +(escoria volcánica 60% + fibra de coco 40%) (T1), no obstante la variedad Tollocan su comportamiento fue menor (T9), aun cuando existen diferencias altamente significativas ( $p < 0.05$ ) (Figura 28).



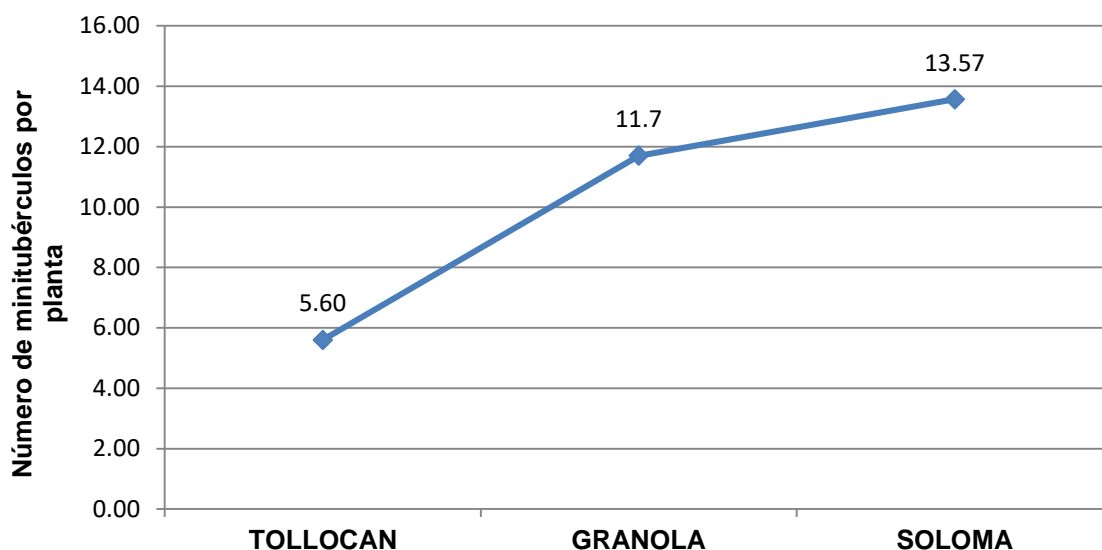
**Figura 28.** Total de minitubérculos, interacción de tres variedades de papa (*Solanum tuberosum* L.), tres densidades de siembra (6, 8 y 10 minitubérculos), y dos combinaciones de sustrato UES-CC.AA. Tesis 2017.

Los valores encontrados indican que la variedad Soloma el resultado es mayor en cuanto a total de minitubérculos por tratamientos, en contraposición de las variedades Tollocan y Granola.

Según Wiersema (1987), el número de tubérculos producidos depende de la competencia entre los tallos por los factores de crecimiento, como nutrientes, agua y luz.

#### 4.6 Número total de minitubérculos por planta

Para esta variable, el análisis de varianza (cuadro A-46), mostró que el factor variedad presentó diferencias altamente significativas ( $p < 0.0001$ ). La prueba de comparación de medias de Tukey (Cuadro A-47), identificó que la variedad Soloma obtuvo mayor número de minitubérculos por planta, teniendo diferencia estadística, en contraposición, la variedad Granola y Tollocan quienes mostraron igual número de minitubérculos, existiendo diferencias estadísticas significativas ( $p < 0.05$ ) a la variedad Soloma (Figura 29).



**Figura 29.** Factor simple número de minitubérculos por planta, tres variedades de papa (*Tuberosum Solanum* L.), UES-CC.AA. Tesis 2017.

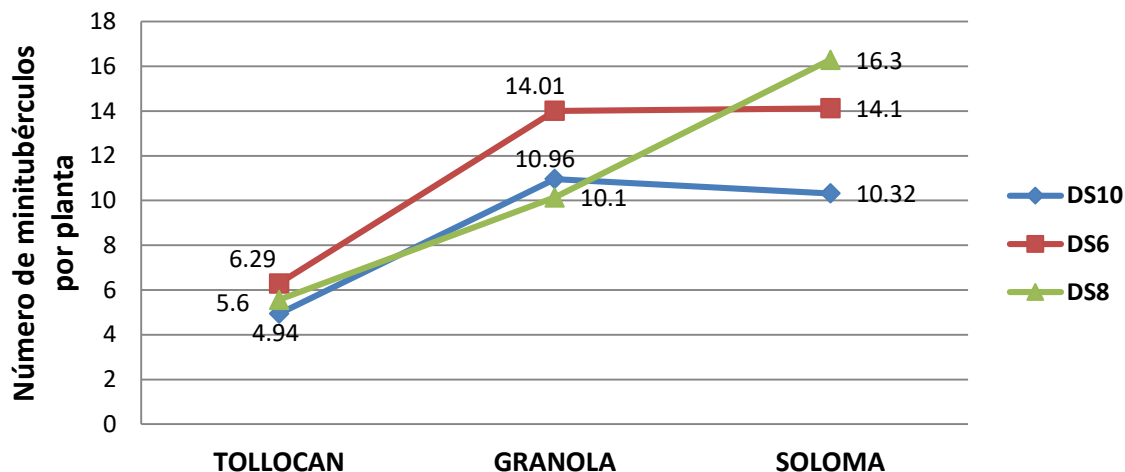
Analizando los resultados número de minitubérculos por planta la variedad Soloma puede estar asociado con la expresión con características propias de producción (Kadaja y Tooming 2004), con respecto a las variedades Granola y Tollocan, porque lo anterior han estado con la misma nutrición, y condiciones ambientales en condiciones protegidas.

Para el factor densidades de siembra, al analizar las medias de comparaciones de Tukey (Cuadro A-48), el análisis de varianza no mostró diferencia estadística significativas ( $p < 0.05$ ), al comportamiento de combinación del factor involucrado, muestra que el número total de minitubérculos por planta en tres densidades de siembra no difiere entre ellas.

Además para el factor combinaciones de sustrato, al analizar las medias de comparaciones de Tukey (Cuadro A-49), el análisis de varianza no mostró diferencias estadísticas significativas.

Al realizar la comparación de medias de Tukey (Cuadro A-50), para los factores involucrados se encontraron diferencias estadísticas significativas ( $p < 0.05$ ). Del mismo cuadro se obtiene que el total de minitubérculos fueron mayores en la variedad Soloma y Granola + densidad de siembra de ocho y seis minitubérculos, no difiriendo estadísticamente entre sí; sin embargo, esta última variedad no difiere de las demás, excepto con la variedad Tollocan + densidad de siembra diez minitubérculos, el total de minitubérculos por planta fueron menores (Figura 30).

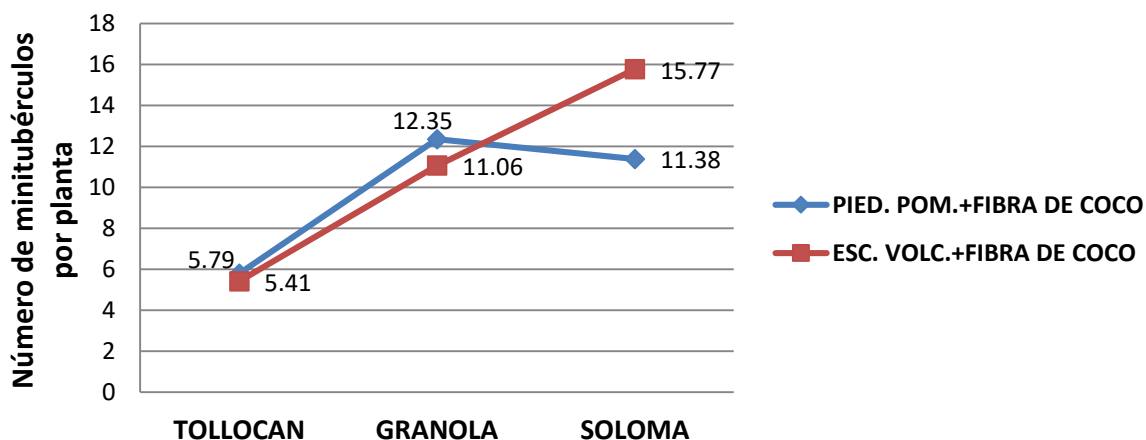




**Figura 30.** Total de minitubérculos por planta, interacción de tres variedades de papa (*Tuberosum Solanum* L.), y tres densidades de siembra (6, 8 y 10 minitubérculos), UES-CC.AA. Tesis 2017.

Para Kadaja y Tooming (2004), cada variedad de papa expresa su potencial productivo, es así con la variedad Soloma su resultado es mejor en densidades de siembra ocho y seis minitubérculos, sin embargo para la variedad Tollocan los alcances fueron menores.

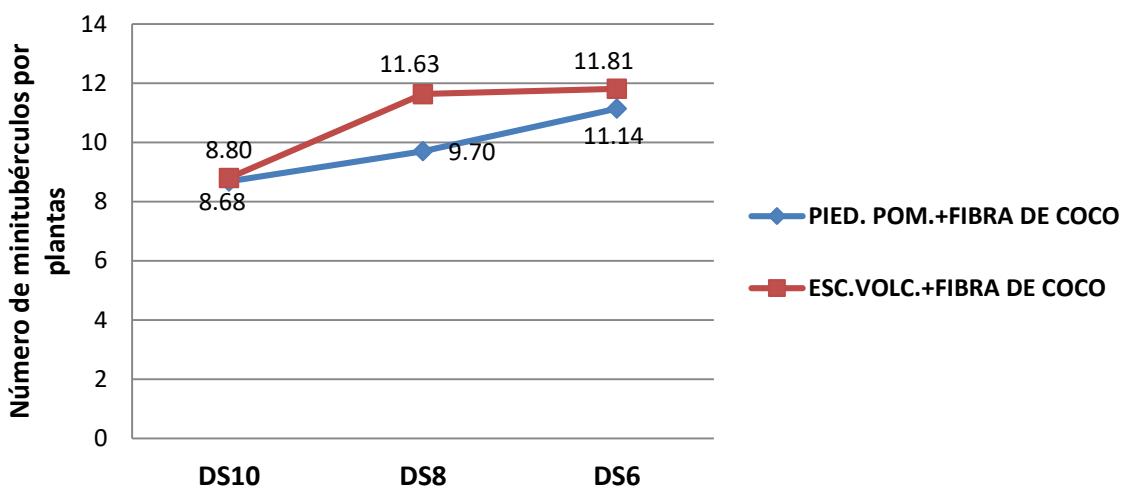
Al realizar la comparación de medias de Tukey (Cuadro A-51), para los factores variedades y combinaciones de sustratos se encontraron diferencias estadísticas significativas ( $p < 0.05$ ). De la misma información se obtiene, para el caso de la variedad Soloma + (escoria volcánica 60% + fibra de coco 40%), fue la que representó mayor número de minitubérculos por planta, no difiriendo estadísticamente de las demás variedades, a excepción para aquel que presentó el menor total, correspondiendo a variedad Tollocan + (escoria volcánica 60% + fibra de coco 40%) (Figura 31).



**Figura 31.** Total de minitubérculos por planta, interacción de tres variedades de papa (*Tuberosum Solanum* L.), y dos combinaciones de sustrato UES-CC.AA. Tesis 2017.

En este caso, los resultados mostraron que las variedades y las combinaciones de sustratos, sustentando con Torres *et al.* (2012) que encontró que el número de tubérculos por planta influyó positivamente en el rendimiento agrícola de la variedad de papa “Cal White”.

En los factores dobles densidades de siembra por combinaciones de sustrato, al realizar las comparaciones de medias de Tukey ( $p < 0.05$ ), no mostró diferencias estadísticas significativas (Cuadro A-52). La densidad de siembra de seis minitubérculos por planta + (escoria volcánica 60% + fibra de coco 40%), obtuvo el mayor número de minitubérculos por planta no difiriendo estadísticamente de los demás tratamientos; teniendo una diferencia en la expresión de la variable de 3.13 número de minitubérculos por planta a la densidad de siembra mencionada, es decir, a la densidad de siembra de diez minitubérculos + (piedra pómez 60% + fibra de coco 40%) (Figura 32).

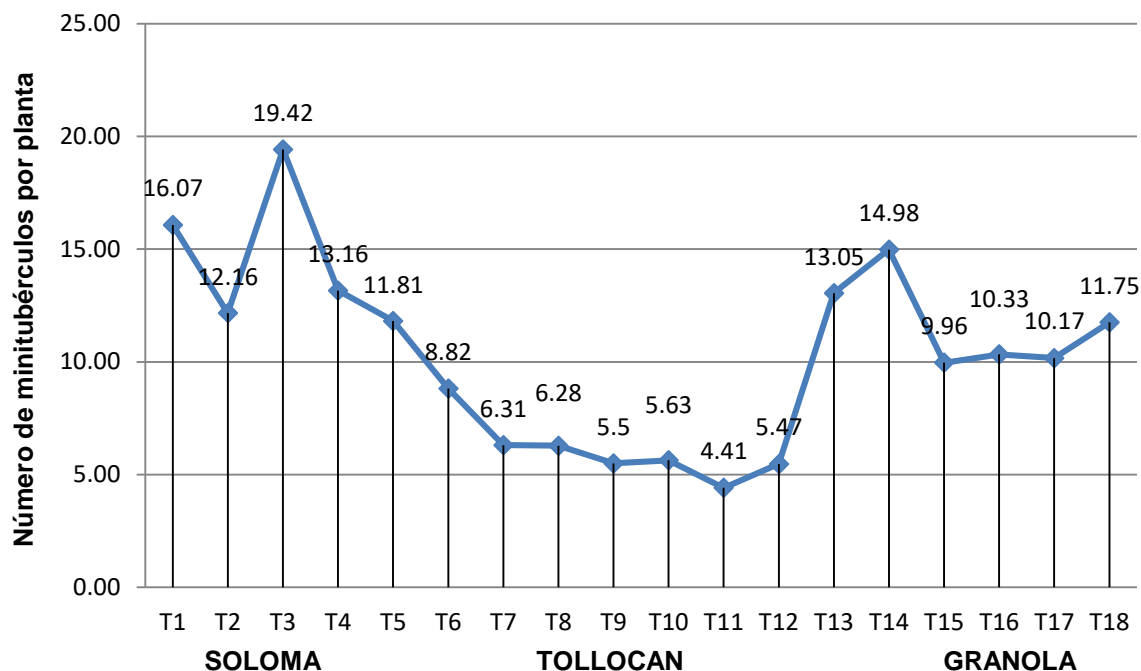


**Figura 32.** Total de minitubérculos por planta de tres variedades de papa (*Tuberosum Solanum* L.), interacción de tres densidades de siembra (6, 8 y 10 minitubérculos), por dos combinaciones de sustrato UES-CC.AA. Tesis 2017.

El número de minitubérculos por planta, y las densidades de siembras no influyen en ambas combinaciones de sustratos, ya que los factores involucrados, su comportamiento no es significativo.

Para el factor variedades por densidades de siembra y la interacción combinaciones de sustratos, el análisis de varianza mostró diferencia estadísticas significativas ( $p < 0.05$ ), así lo demuestra la prueba de comparación de medias de Tukey (Cuadro A-53), sin embargo, el comportamiento de la combinación de los factores involucrados, denota, que cuando la

variedad Soloma + (escoria volcánica 60% + fibra de coco 40%) su resultado fue mayor los datos demuestran un comportamiento mayor en la variable número de minitubérculos por planta (T3), no obstante la variedad Tollocan su comportamiento fue menor (T11) (Figura 33).



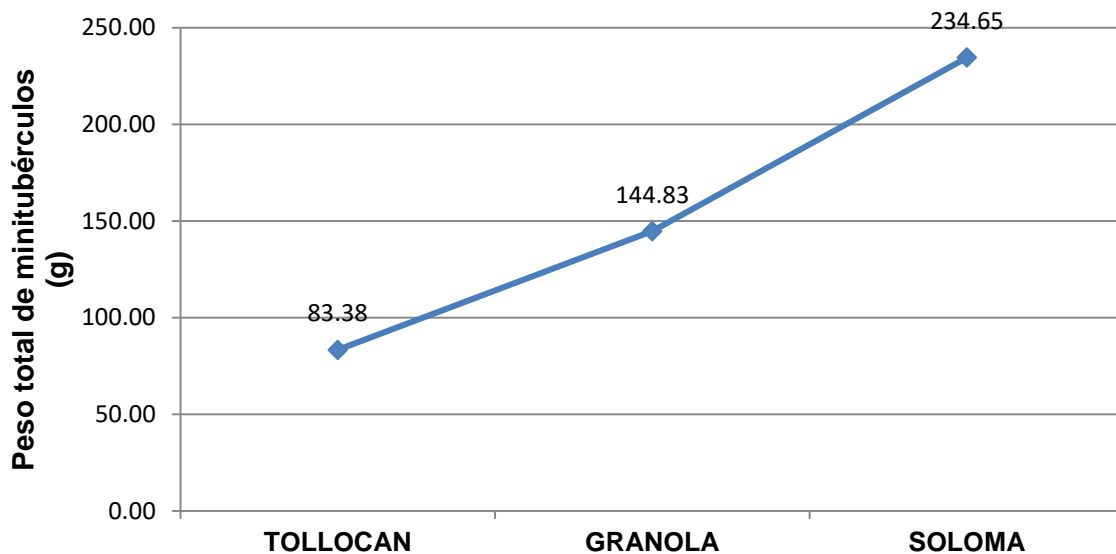
**Figura 33.** Total de tubérculos por planta, interacción de tres variedades de papa (*Solanum tuberosum* L.), tres densidades de siembra (6, 8 y 10 minitubérculos), y dos combinaciones de sustrato UES-CC.AA. Tesis 2017.

Las variedades en estudio, para Soloma alcanzo el máximo rendimiento quien ha expresado el mayor número total de minitubérculos por planta en contraposición de las variedades Granola y Tollocan.

Según Calderón (2010), uso de minitubérculos proveniente de un sistema de producción que garantiza pureza varietal y sanidad refleja en los rendimientos.

#### 4.7 Peso total de minitubérculos

Para el análisis de esta variable, se pesaron todos los minitubérculos por tratamiento (jaba). El análisis de varianza (cuadro A-54) mostró que los factores variedad y combinaciones de sustratos presentaron diferencias altamente significativas ( $p < 0.0001$ ). La prueba de comparación de medias de Tukey (Cuadro A-55) mostró que la variedad Soloma fue superior a Granola, mostraron mayor peso entre ellas, en contraposición, la variedad Tollocan quien obtuvo menor peso, siendo estadísticamente diferente ( $p < 0.05$ ) (Figura 34).

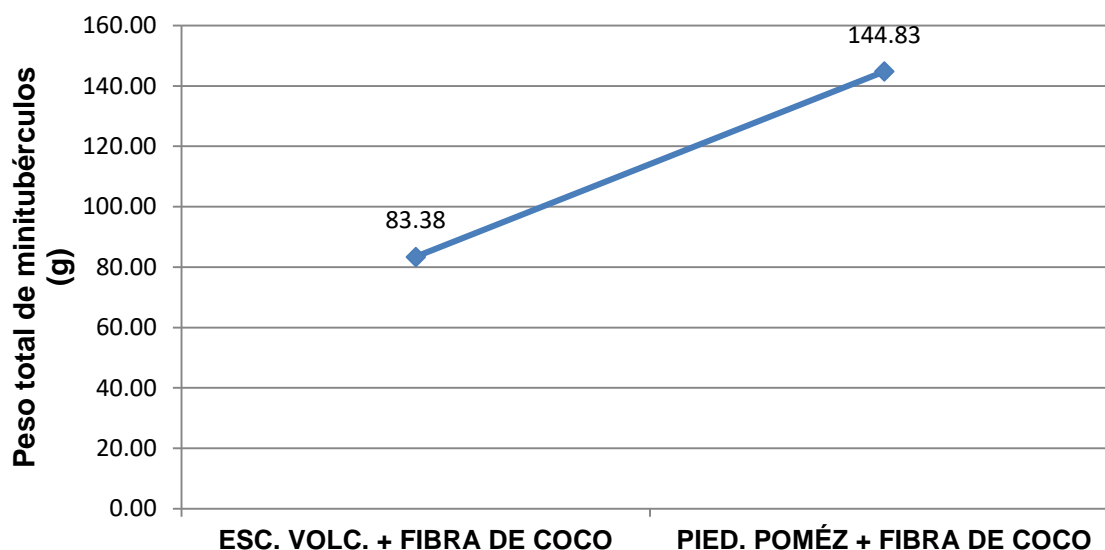


**Figura 34.** Factor simple peso total de tubérculos por planta, tres variedades de papa (*Tuberosum Solanum L.*), UES-CC.AA. Tesis 2017.

Según CIP (1988), la tasa de crecimiento del tubérculo en relación con el peso seco total por planta, disminuyen a temperaturas altas, debido a los efectos directos de la temperatura sobre la fotosíntesis, respiración y tasas de conversión de azúcares a almidones dentro del tubérculo, en la presente investigación la variedad Soloma alcanzó un rendimiento mayor con relación a las variedades Granola y Tollocan.

Para el factor densidades de siembra, al analizar las medias de comparaciones de Tukey (Cuadro A-56), el análisis de varianza no mostró diferencia estadística significativas ( $p < 0.05$ ), al comportamiento de combinación del factor involucrado, muestra que el peso total de minitubérculos por tratamiento en tres densidades de siembra no difiere entre ellas.

Sin embargo, para el factor combinaciones de sustrato, al analizar las medias de comparaciones de Tukey (Cuadro A-56), el análisis de varianza mostró diferencias altamente significativas (Figura 35).



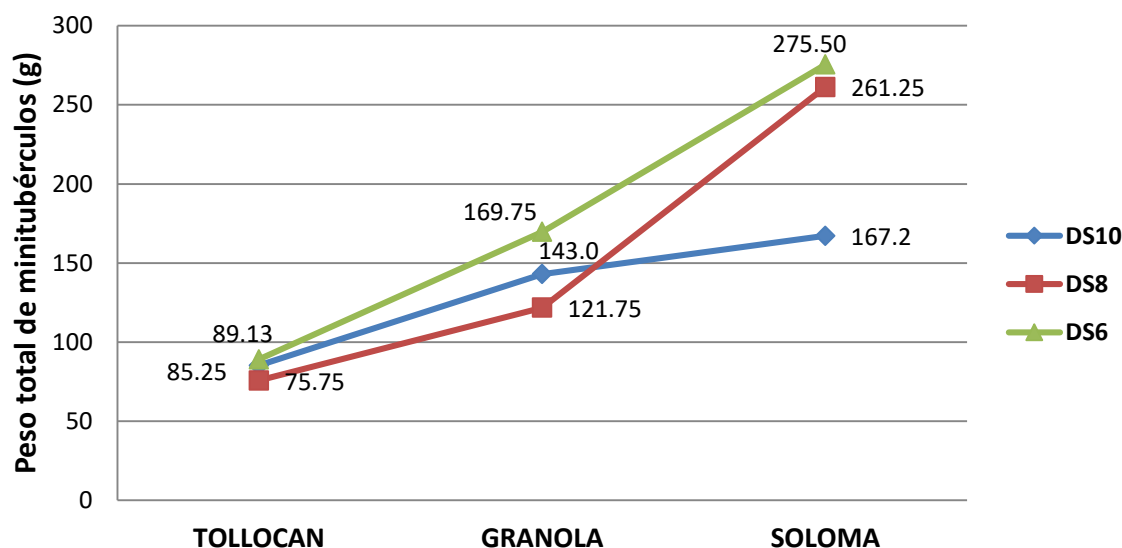
**Figura 35.** Combinaciones de sustratos de tres variedades de papa (*Tuberosum Solanum* L.), UES-CC.AA. Tesis 2017.

La combinación de sustrato es quien reemplaza al suelo y la finalidad es de ser sostén del sistema radicular de la planta además un vehículo para proveer los nutrimentos que necesita para su crecimiento y desarrollo normal, sin embargo, en la presente investigación, la naturaleza de los mismos es una combinación inorgánica (escoria volcánica 60% y piedra pómez 40%) con 60%, más sustrato orgánico (Fibra de coco) con el complemento de 40%.

Observando los datos como resultado peso total de minitubérculos, para el caso de (piedra pómez 60% + fibra de coco 40%) para Marulanda (1993), su rendimiento puede estar influenciado la capacidad de retención de humedad, además la piedra pómez es de naturaleza esponjosa y llena de cavidades lo que permite tener una buena retención de humedad, no así para la escoria volcánica presenta una estructura granular porosa, característica que afecta su capacidad de retención de agua.

La prueba de comparación de medias de Tukey (Cuadro A-57), para el factor de las variedades e interacción densidades de siembra el análisis de varianza indica que existen diferencias altamente significativas ( $p < 0.05$ ), sin embargo, al comportamiento de la combinación de los factores involucrados, muestra que cuando las variedades estuvieron

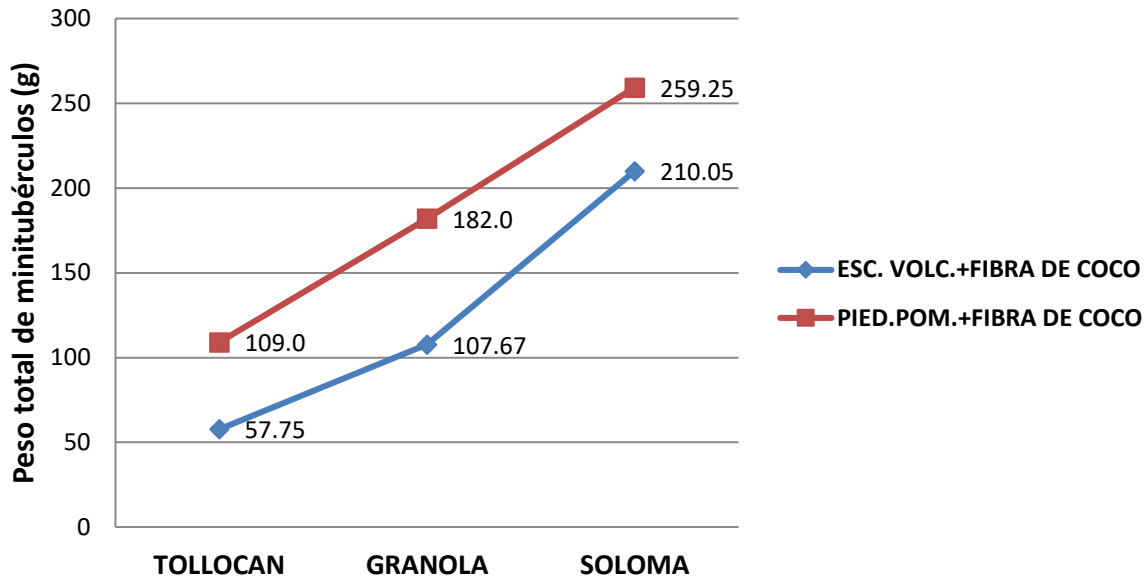
sembradas en densidades de siembra de seis minitubérculos su comportamiento fue mejor, no obstante, la variedad Tollocan su comportamiento fue menor en las tres densidades de siembra (Figura 36).



**Figura 36.** Peso total de minitubérculos, interacción de tres variedades de papa (*Tuberosum Solanum* L), y tres densidades de siembra (6, 8 y 10 minitubérculos), UES-CC.AA. Tesis 2017.

La grafica anterior muestra que la variedad Soloma el rendimiento en las tres densidades de siembra fue mayor, no así para las variedades restantes. Sin embargo Wiersema (1987), menciona el número de tubérculos producidos depende de la competencia entre los tallos por los factores de crecimiento, como nutrientes, agua y luz así la competencia es menor cuando la densidad de tallos es baja, lo cual conduce a un número grande de tubérculos por tallo, pero también a un número menor de tubérculos por unidad de área, en la presente investigación la variedad Soloma tiene más dominancia.

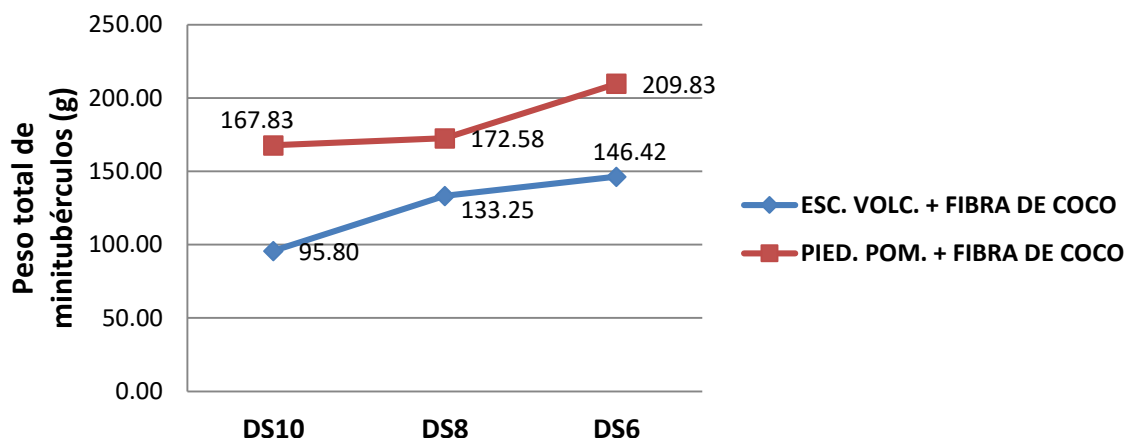
Analizando las variedades en relación con el tipo de sustratos mediante la comparación de medias Tukey (Cuadro A-58), se tiene que existen diferencias altamente significativas ( $p < 0.05$ ), siendo la variedad Soloma + (piedra pómez 60% + fibra de coco 40%), el cual peso total de tubérculos fue mayor; siendo igual estadísticamente la variedad Granola + (piedra pómez 60% + fibra de coco 40%). Sin embargo en la variedad Tollocan el peso total de minitubérculos fue menor en ambas combinaciones de sustratos (Figura 37).



**Figura 37.** Peso total de minitubérculos, interacción de tres variedades de papa (*Tuberosum Solanum L.*), y dos combinaciones de sustrato UES-CC.AA. Tesis 2017.

Para el sustrato (piedra pómez 60% + fibra de coco 40%), permite tener una buena retención de humedad por lo cual influyó con respecto al peso total en las tres variedades, además Wiersema (1987) menciona que el peso va depender de los números de tallos que obtenga una planta, además del propósito que se desea tener, si es para semilla se busca una reducción del tamaño del minitubérculo.

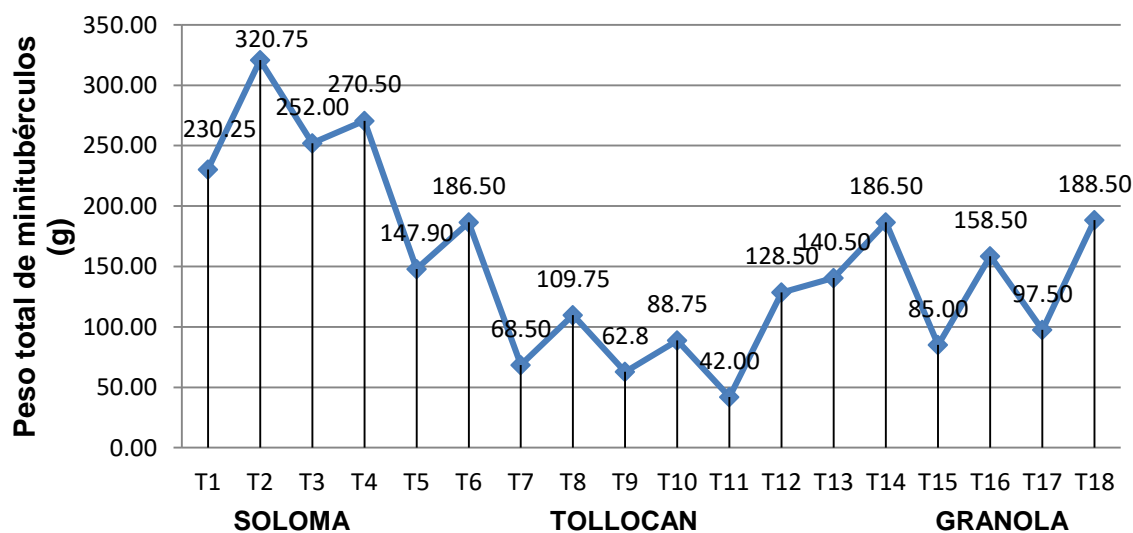
Analizando los resultados mediante la comparación de medias Tukey (Cuadro A-59), se tiene que existen diferencias estadísticas significativas ( $p < 0.05$ ), los factores involucrados, densidades de siembra e interacción combinaciones de sustratos; siendo la densidad de siembra de seis + (piedra pómez 60% + fibra de coco 40%), obtuvo el peso total de minitubérculos mayor, no difiriendo estadísticamente de la densidad de siembra ocho + ambas combinaciones de sustrato, sin embargo, la densidad de siembra de diez + (escoria volcánica 60% + fibra de coco 40%), el peso total de minitubérculos fue menor (Figura 38).



**Figura 38.** Peso total de minitubérculos de tres variedades de papa (*Tuberosum Solanum* L.), interacción de tres densidades de siembra (6, 8 y 10 minitubérculos), por dos combinaciones de sustrato UES-CC.AA. Tesis 2017.

El resultado peso total de minitubérculos, el sustrato (piedra pómez 60% + fibra de coco 40%) al retener humedad las densidades de siembra son directamente proporcional con respecto a escoria volcánica 60%+ fibra de coco 40% cuyo resultado es menor.

Para los factores variedad e interacción densidad de siembra por combinaciones de sustratos, los resultados de comparación de medias de Tukey (Cuadro A-60), existen diferencias estadística significativas ( $p < 0.05$ ), los factores involucrados demuestran un comportamiento mejor de la variedad Soloma en densidades de siembra seis + (piedra pómez 60% + fibra coco 40%) (T2), no obstante, para variedad Tollocan su resultado fue menor (T11) (Figura 39).



**Figura 39.** 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 UES-CC.AA. Tesis 2017.

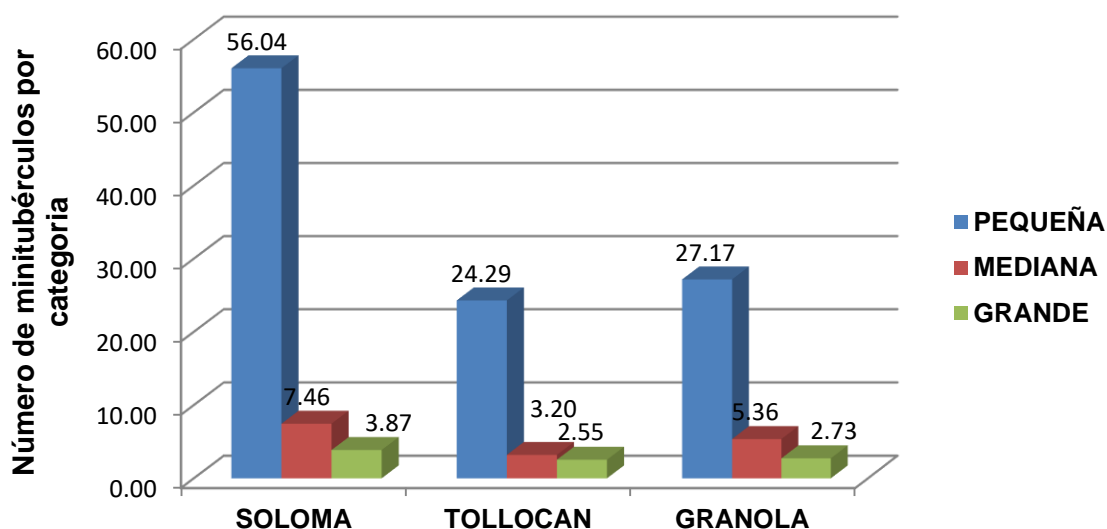


Los resultados obtenidos en los triples factores involucrados denota que el tratamiento dos, su rendimiento es mejor el peso total de minitubérculos es 320.75 gramos; y el tratamiento 11 es de menor rendimiento, correspondiendo a la variedad Tollocan con densidad de siembra diez más (escoria volcánica 60% + fibra de coco 40%).

Estudios realizados por Menjivar y Zepeda (2016), en variedad Tollocan 6.18 g seguidamente peso para Soloma 5.83 g peso promedio de minitubérculos.

#### 4.8 Categorías de las tres variedades en estudio

Para categorizar cada variedad se consideró el Cuadro A-4 según los promedios totales en donde los minitubérculos pequeños tienen mayor dominancia; por el contrario con menor número de minitubérculo para la categoría mediana, y aun con menores minitubérculos en la categoría grande todo esto es para las tres variedades en estudio (Figura 40).

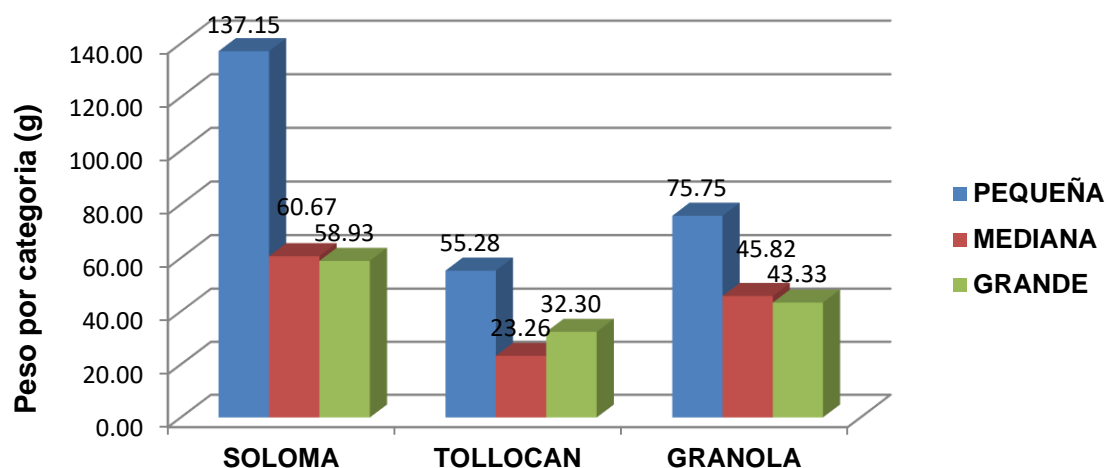


**Figura 40.** Categorías Número de minitubérculos de tres variedades de papa (*Solanum tuberosum* L.), UES-CC.AA. Tesis 2017.

Al observar el comportamiento de las variedades en estudio; el cultivar Soloma es quien expresa mayor característica de producción, no así para las variedades Tollocan y Granola.

#### 4.9 Peso de cada categoría de las tres variedades en estudio

Para obtener el peso de cada categoría en las variedades se consideró el Cuadro A-4. Según pesos promedios totales en donde los minitubérculos pequeños tienen mayor dominancia; por el contrario con menor peso de minitubérculo para la categoría mediana en la variedad Tollocan, no así para la variedad Granola (Figura 41).

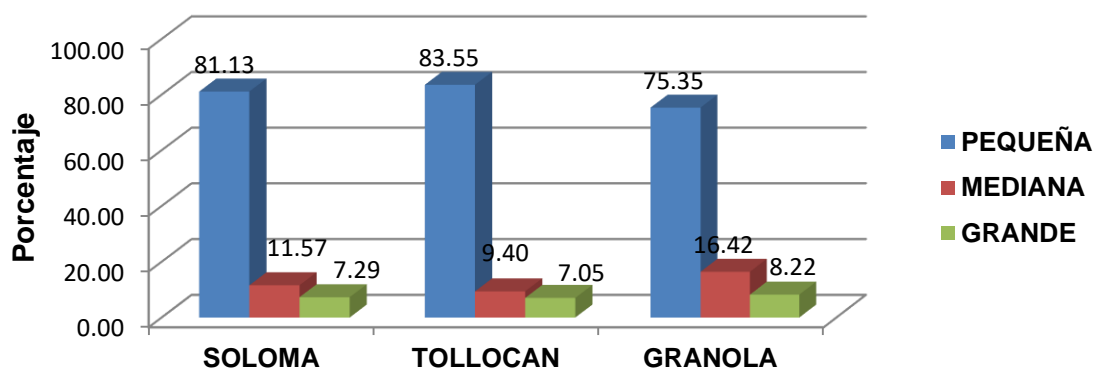


**Figura 41.** Categoría pesos de minitubérculos de tres variedades de papa (*Solanum tuberosum* L.), UES-CC.AA. Tesis 2017.

Las variedades en estudio la categoría pequeña tienen mayor número de pesos con respecto a la categoría mediana y grande.

#### 4.10 Porcentaje (%) de categoría de las tres variedades en estudio

Para obtener el porcentaje de cada categoría en las variedades se basó en promedios totales de unas de las categorías. Al tener número de minitubérculos totales de cada categoría, el mayor porcentaje están en tubérculos pequeños tienen mayor dominancia; así mismo con menor porcentaje de tubérculo para la categoría grande en las variedades de estudio de la presente investigación (Figura 42).

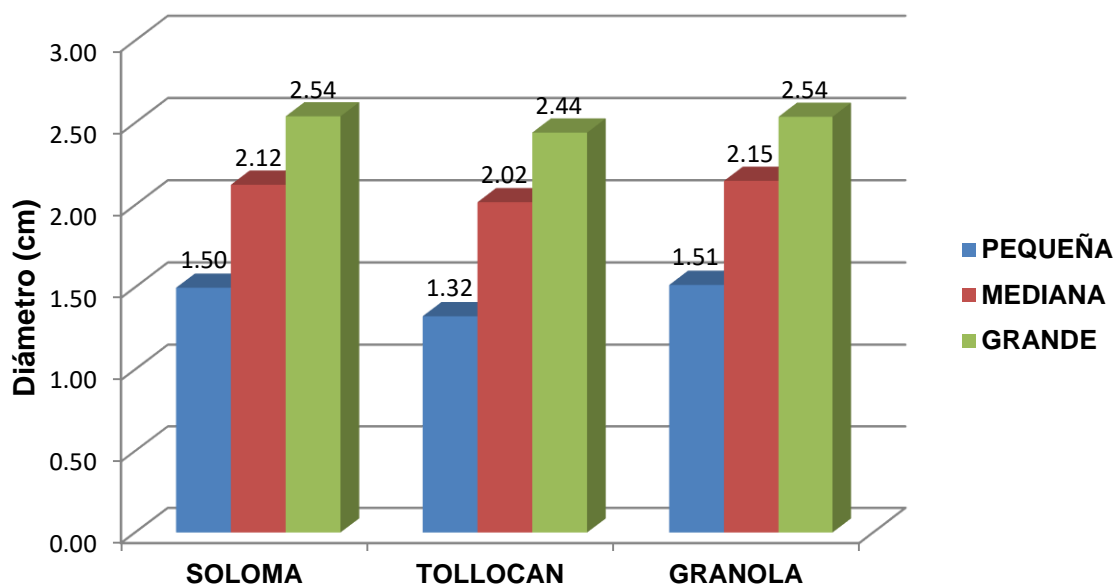


**Figura 42.** Categoría porcentaje (%) de minitubérculos de tres variedades de papa (*Solanum tuberosum* L.), UES-CC.AA. Tesis 2017.

Al ver los resultados, se puede entender que cuando hay competencia, los minitubérculos producidos con alta densidad de tallos serán de menor tamaño que aquellos producidos con baja densidad de ellos; además hay que considerar el estado senectud en el que encontraban los tubérculos semillas de las variedades en estudio, en la presente investigación.

#### 4.11 Diámetros de categoría de tres variedades en estudio

Para obtener el diámetro de cada categoría en las variedades se basó en el Cuadro A-4. Según diámetros promedios totales en donde los tubérculos pequeños tienen mayor dominancia; por el contrario con menor diámetro de minitubérculo para la categoría grande (Figura 43).

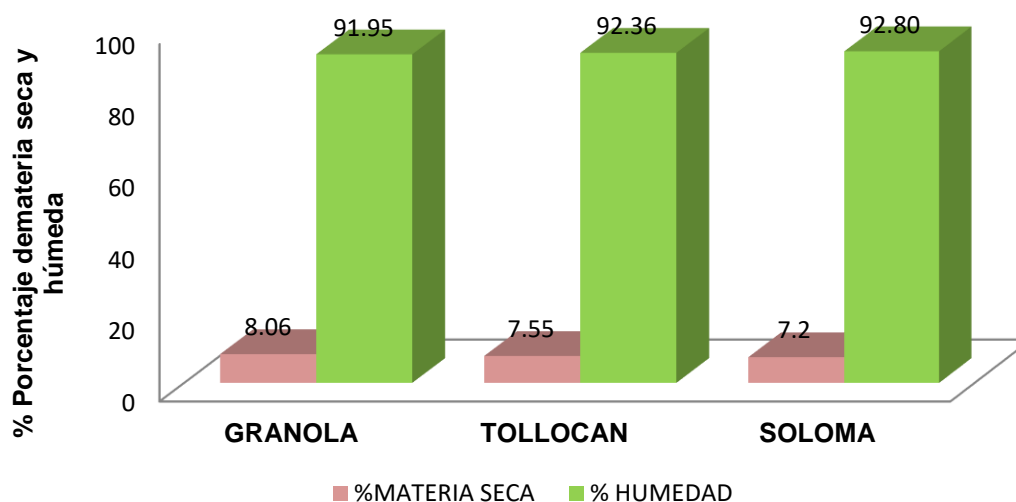


**Figura 43.** Categoría Diámetro de minitubérculos de tres variedades de papa (*Solanum tuberosum* L.), UES-CC.AA. Tesis 2017.

En los resultados para diámetro de minitubérculos en las variedades en estudio, cuando hay competencia por luz, nutrimentos los diámetro tiende a reducir, no está de más considerar el estado de vejez que estaban la semilla minitubérculo en investigación.

#### 4.12 Porcentaje (%) de materia seca además húmeda en tallos y follaje en tres variedades en estudio.

Para obtener el porcentaje de peso seco de las variedades en estudio se tomó de base el Cuadro A-62. Según el análisis de laboratorio datos promedios el porcentaje de peso seco de tallos y follaje de las plantas de papa es menor de 8% (Figura 44).



**Figura 44.** Porcentaje de Materia seca y Humedad en tallo y follaje de tres variedades de papa (*Solanum tuberosum* L.), UES-CC.AA. Tesis 2017.

La composición de la materia fresca de las plantas incluye cerca de un 80 a 95% de agua. Aproximadamente el 90% del peso seco de las plantas está formado por tres elementos: carbono (C), oxígeno (O) e hidrógeno (H). Para la variedad Granola el 0.0806 del peso fresco es la materia seca, y el 90% de está representando por carbono, oxígeno e hidrógeno, en este caso todos los elementos que existen en tallos y follaje es aproximadamente un 0.806% del peso fresco de ella.

Para tallos y follaje de la variedad Tollocan el 0.075 de materia seca es aproximadamente un 0.755% del peso fresco de ella, además para Soloma es de 0.72.

#### 4.13 Costo de producción minitubérculos semilla de papa generación dos

Para determinar la relación-Costo de producción minitubérculos semilla de papa de todos los tratamientos evaluados en la investigación, se utilizó el modelo CATIE (1994). Dicha relación nos indica el margen de beneficio que se obtiene luego de cubrir los costos.

Donde se toma en cuenta que en una relación B/C se compara con 1; así se tiene lo siguiente:

$B/C > 1$ : indica que los beneficios superan los costos, por consiguiente el proyecto deber ser considerado.

$B/C = 1$ : aquí no hay ganancias, pues los beneficios son iguales que los costos.

$B/C < 1$ , muestra que los costos son mayores que los beneficios, no se debe considerar el proyecto.

Para evaluar la relación B/C de todos los tratamientos se determinó los beneficios, dividiendo entre el total de los costos (Cuadro A-63). El precio de venta utilizado fue de acuerdo como un productor lo vende, el precio \$126.5/kg

Obteniendo así la relación beneficio-costos de \$1.11, es decir que por cada dólar invertido el productor está recuperando \$0.11.

## 5. CONCLUSIONES

Con los resultados obtenidos así como a los objetivos e hipótesis planteados y a las cuales se desarrolló la presente investigación se concluye:

Estadísticamente la variedad de papa Soloma, fue mayor mostrando diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) con relación en las variedades Granola y Tollocan, para las variables número de plantas, total de minitubérculos, número total de minitubérculos por planta, peso total de minitubérculos.

La densidad de siembra de seis minitubérculos por  $0.16 \text{ m}^2$  fue mayor en relación con las densidades de ocho y diez minitubérculos para la variable número de minitubérculos por planta.

En relación con la fuente de sustrato, la escoria volcánica 60% + fibra de coco 40% mostró diferencia estadísticas significativas ( $p \leq 0.05$ ) para la variable total de minitubérculos en relación con la fuente de sustrato escoria volcánica 60% + fibra de coco 40%.

La combinación de variedad de papa Tollocan y densidad de siembra seis y diez presentó diferencias estadísticas significativas ( $p \leq 0.05$ ) para la variable número de hoja, altura de planta y número de planta.

La combinación de variedad Soloma y densidad de seis fue mejor estadísticamente significativas ( $p \leq 0.05$ ), para la variable total de minitubérculos, total de minitubérculo por planta; peso total de minitubérculo.

La combinación de variedad de papa Soloma con el sustrato escoria volcánica 60% + fibra de coco 40% resultó mayor estadísticamente ( $p < 0.05$ ), para la variables total de minitubérculos, total de minitubérculo por planta.

La densidad de siembra de seis minitubérculos por  $0.16 \text{ m}^2$  en combinación con piedra pómez 60% + fibra de coco 40% resultó mayor estadísticamente ( $p < 0.05$ ), para las variables, diámetro de tallo, altura de planta, y peso total de minitubérculo.

Las combinaciones de variedad de papa Soloma sembrada en densidad de siembra de seis minitubérculos por  $0.16 \text{ m}^2$  y escoria volcánica 60% + fibra de coco 40%, resultó mejor ( $p < 0.05$ ), para las variables total de minitubérculos, total de minitubérculos por planta; en tanto, la combinación variedad Tollocan, sembrada en densidad de seis y diez minitubérculos por  $0.16 \text{ m}^2$  y sustrato de piedra pómez 60% + fibra de coco 40% resultó estadísticamente mejor ( $p \leq 0.05$ ), para las variables altura de planta, número de hojas, número de minitubérculos por planta.

Al sembrar minitubérculos generación uno (G1), mostró una relación B/C de 1.11, es decir que por cada dólar que se invirtió se recupera una ganancia de 0.11 centavos de dólar.

## **6. RECOMENDACIONES**

Utilizar la variedad Soloma para la producción de minitubérculos.

Utilizar sustrato (escoria volcánica 60% + fibra de coco 40%), hay retención de humedad y por consiguiente hay mejores resultados.

Utilizar semilla minitubérculos de papa con buena edad fisiológica.

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

## 7. BIBLIOGRAFÍAS

**Aguilar JM; Baixauli C. 2002.** Cultivo sin suelos de hortalizas. Aspectos prácticos y experiencias. Generalitat Valenciana. Valencia, ES. p. 39

**Alfredo, S. 2013.** Producción Hortícola baja cubierta. Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina. 150 p.

**Allen, E.1978.** The potato crop. The scientific basis for improvement. 2ed. Harris and Hall, Londres, Inglaterra. p. 4

**Ávila, M. 1985.** Influencia de la densidad de siembra, peso del tubérculo-semilla y diferentes dosis de fertilizantes sobre rendimiento de la papa (*Solanum tuberosum* L.). Tesis Ing. Agr. UO. VE. 61 p.

**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 Fri papa, bajo invernadero. Tesis Ing. Agr. Riobamba, EC. 52 p.

**Carrasco, A. 1980.** Introducción y evaluación del material genético de papa. Ministerio de la Agricultura, La Habana. p. 1-6

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

**Chinnusamy V, 2007.** Cold stress regulation of gene expression in plants. Trends in plant science. Massachusetts, US. p.51

**CIP (Centro Internacional de la Papa, PE). 1988.** Fisiología de la planta de papa bajo condiciones de clima cálido. Lima, Perú. p. 3-11

**Dumas, Y. 1990.** Tomatoes for processing in 90's: nutrition and crop fertilization. s.l. 8 p.

**Duran, 2000.** Los cultivos sin suelo: de la hidroponía a la aeroponía. ES. 230 p.

**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.; Veitia 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

**Grepe, N. 2001.** Cultivo de la Papa. Centro de Estudios Agropecuarios. MX. 81 p.

**Guzmán, G. 2004.** Hidroponía en casa. Una actividad familiar. Ministerio de Agricultura y Ganadería. Sistema Unificado de Información institucional. CR. 25 p.



**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.

**INTA (Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, NI). 2001.** Guía MIP en el cultivo de la papa. Nicaragua. 59 p.

**Jiménez, T. 2012.** Producción de minitubérculos de papa var. Desirée en casa de cultivo con sustrato zeolita a partir de plantas cultivadas *in vitro*. Boletín de información técnica 10. Cuba. 10 p

**Kadaja, J.; Tooming, H. 2004.** Potato production model based on principle of maximum plant productivity. Agric. For Meteorol. s.l. p. 17-33

**Lescay, E, Estrada J, Torres N. 2005.** Evaluation of seven potato varieties (*Solanum tuberosum* L.) in the enterprise Bayamo. Cuba. p. 45-48

**López García, J; Fernández Velázquez, A. 2012.** Cultivo de la papa. (en línea) AR. Consultado 14 nov. 2017. Disponible en <http://cipotato.org/es/es/lapapa/como-crecen-las-papas/#sthas.xdcrP3Pr.dpuf>

**Lorenzo, F. 2000.** La patata. Trad. LS Doménech. Barcelona, ES. Editorial AEDOS p. 44

**MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería, SV). 2016.** MAG CENTA apoya a productores de san Ignacio para producir semilla de papa (en línea). San salvador, SV. Consultado 13 sept. 2016. Disponible en <http://www.centa.gob.sv/2015/mag-centa-apoya-a-productores-de-san-ignacio-para-producir-semilla-de-papa/>

**MARN (Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, SV). 2015.** 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

**Marulanda, C. 1993.** Hidroponía popular guía técnica. Managua, Nicaragua. p. 24

**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

**Mora, L. 2012.** Sustratos para cultivos sin suelo o hidroponía. INDAGRO, San José, CR. 6 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 y 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

**Quezada J. 2008.** Respuesta de cultivo de tomate en sustrato de lana de roca a la oxigenación de la solución nutritiva. Proyecto Fin de Carrera. Universidad de Almería. Es. p. 10

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

**Salomón J.; Estévez A.; Castillo J.; Manso, F. 2006.** “Yara: una nueva variedad cubana de papa (*Solanum tuberosum*, L.) para los productores”. Cultivos Tropicales, vol. 28, no. 1. p. 61

**Sierra, c; Rojas, J; Kalazich, J. 2002.** Manual fertilización del cultivo de papa en la Zona Sur de Chile. Instituto de investigaciones Agropecuarias. CL. 105 p.

**Sola, M. 2005.** Evaluación de seis métodos de almacenamiento económico de tubérculos de papa para el consumo. Tesis Ing. Agr. Quito. Universidad Central del Ecuador, Facultad de Ciencias Agrícolas. 60 p.

**Sol, M. 2015.** Impulsan, desde UES, producción de semillas de papa genéticamente mejorada. San salvador, SV. 4 p

**Urrestarazu, M. 2004.** Tratado de cultivo sin suelo. 3 ed. Ed. Mundi-Prensa. ES. p. 115

**Valverde, J. 1998.** Fertilización del cultivo de papa. INIAP. Quito, Ecuador. 42 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

## 8. ANEXO

**Cuadro A-1.** Valores nutricionales en 100 g de papa y peladas antes del consumo

<b>NUTRIENTES DE LA PAPA</b>			
Análisis conteniendo 77 gramos de agua	Mg	Analisis conteniendo 87 Kcal de energia	
<b>Riboflavina</b>	0.02	Vitamina C	13.0 mg
<b>Tiamina</b>	0.106	Proteinas	1.87 g
<b>niacina</b>	1.44	Grasa	0.1 g
<b>hierro</b>	0.31	Fibra	1.8 g
<b>fosforo</b>	44	Carbohidrito	20.13 g
<b>Potasio</b>	379	Calcio	5 gm

Fuente: Tomado de USDA 2003:12.

**Cuadro A-2.** Propiedades físicas - químicas de piedra pómez, roca volcánica y fibra de coco.

<b>PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS DE LA PIEDRA PÓMEZ.</b>			
<i>Propiedades físicas</i>		<i>Propiedades químicas</i>	
Granulometría	2.00mm 3.7% - 850 um 88.9%	p <sup>H</sup>	6.4
Conductividad eléctrica	4.19x10 <sup>-3</sup> (medio)	Conductividad	0.07 mili Siemens
% de saturación	53.7	Nitrógeno	16 ppm
Capacidad de campo (%)	36.20	Fosforo	19 ppm
Punto de marchitez (%)	18.70	Potasio	60 ppm
Total de agua disponible (%)	28.70	Calcio	240 ppm
Porosidad (%)	24.2	Magnesio	570 ppm
Humedad	3%	Hierro	0.9 ppm
Densidad aparente	0.7 g/cm <sup>3</sup>	Manganeso	4.3 ppm
Dureza	5-6 Mohs	Zinc	0.3 ppm
Color	Blanco	Cobre	0.4 ppm
Textura	Porosa, esponjosa	Boro	0.1 ppm
-----	-----	Azufre	21 ppm
-----	-----	Aluminio	1.0 ppm
<b>PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS DE LA FIBRA DE COCO.</b>			
<i>Propiedades físicas</i>		<i>Propiedades químicas</i>	
Tamaño	0.25 – 2 mm	Conductividad eléctrica	0.06 – 2.9 mili Siemens
Espacio poroso	86 – 90 %	CIC	39- 130
Capacidad de retención de humedad	25-50%	Lignina (%)	60- 70
Porcentaje de aireación	10-40%	pH	5.6 – 6.9
		Nitrógeno	17 ppm

Contenido de celulosa	20-30%	Fosforo	15 ppm
-----	-----	Potasio	253 ppm
-----	-----	Calcio	70 ppm
-----	-----	Magnesio	460 ppm
-----	-----	Azufre	25 ppm
-----	-----	Hierro	1.2 ppm
-----	-----	Manganeso	1.1 ppm
-----	-----	Zinc	0.7 ppm
-----	-----	Cobre	0.4 ppm
-----	-----	Boro	0.1 ppm
-----	-----	Aluminio	1.0 ppm
-----	-----	Cloro	26 – 1000 ppm

<b>PROPIEDADES FISICAS Y QUIMICA DE LA ROCA VOLCANICA</b>			
<i>Propiedades físicas</i>		<i>Propiedades químicas</i>	
Textura	Vitrea	p <sup>H</sup>	8.4
estructura	Porosa	Nitrógeno Nítrico	35 ppm
% de saturación	-	Fosforo	104.45 ppm
Capacidad de campo (%)	-	Sodio	60 ppm
Peso específico (gr/cm <sup>3</sup> )	2.176	Potasio	38.75 ppm
Absorción (%)	4.54	Calcio	602.5 ppm
Porosidad (%)	21.1	Magnesio	70.0 ppm
-	-	Cobre	1.0 ppm
-	-	Manganeso	23.75 ppm
-	-	Hierro	31.5 ppm
-	-	Zinc	2,18 ppm
-	-	Boro	0.41 ppm
-	-	Azufre	6.0 ppm

Fuente: Adaptado de Quezada 2008.

**Cuadro A-3.** Características morfo agronómicas de papa

<b>Características</b>	<b>Granola<sup>1</sup></b>	<b>Tollocan</b>	<b>Soloma<sup>2</sup></b>
<b>Adaptación (msnm)</b>	750 a 2,800	1,400 a 2,500	550 a 2400
<b>Altura de planta (m)</b>	0.35 a 0.60	0.75 a 0.85	0.75
<b>Tallos</b>	Erectos, Robustos	Erectos, Robusto	Rectas, Angostas
<b>Color del tubérculo</b>	Amarillo	Amarillo-crema	Amarillo oscuro
<b>Forma del tubérculo</b>	Alargado ovalado	Alargado ovalado	Alargado ovalado
<b>Color interno del tubérculo</b>	Crema amarillento	Crema	Amarillento
<b>Color de la flor</b>	Blanca	Blanca	Lila, Blanca
<b>Días a cosecha</b>	115	100-110	120-130
<b>Rendimiento(TM/Ha)</b>	10.8	26-39	5-6

Fuente: Adoptado de Román y Hurtado 2002, <sup>1</sup>Valera 2008 y <sup>2</sup>López Monzón *et al* 2011.

**Cuadro A-4.** Clasificación de minitubérculos de papa (*Solanum tuberosum* L.). UES-CC. AA. tesis 2017

VARIEDAD	Diámetro (mm)			Peso (g)		
	Pequeña	Mediana	Grande	Pequeña	Mediana	Grande
<b>Soloma y Granola</b>	<1.8	1.8 – 2.3	>2.45	<6	7-11	>12
<b>Tollocan</b>	<1.4	1.4 – 1.8	>1.9	<5	6-10	>10

**Fuente:** Elaborado con base en Pérez 2017.

**Cuadro A-5.** Diagrama de tratamiento en estudio. UES-CC. AA. tesis 2017

<b>VARIETADES</b>	<b>DENSIDAD DE SIEMBRA</b>	<b>COMBINACIÓN DE SUSTRATO</b>	<b>TRATAMIENTOS</b>
<b>SOLOMA</b>	6	Esc. Volc. (60%) + F. coco (40%)	<b>T1=</b> Soloma X densidad de siembra 6 mini tubérculos/jaba X Escoria volcánica (60%) + fibra de coco (40%)
		Pied. Po. (60%) + F. coco (40%)	<b>T2=</b> Soloma X densidad de siembra 6 mini tubérculos/jaba X Piedra pómez (60%) + fibra de coco (40%)
	8	Esc. Volc. (60%) + F. coco (40%)	<b>T3=</b> Soloma X densidad de siembra 8 mini tubérculos/jaba X Escoria volcánica (60%) + fibra de coco (40%)
		Pied. Po. (60%) + F. coco (40%)	<b>T4=</b> Soloma X densidad de siembra 8 mini tubérculos/jaba X Piedra pómez (60%) + fibra de coco (40%)
	10	Esc. Volc. (60%) + F. coco (40%)	<b>T5=</b> Soloma X densidad de siembra 10 mini tubérculos/jaba X Escoria volcánica (60%) + fibra de coco (40%)
		Pied. Po. (60%) + F. coco (40%)	<b>T6=</b> Soloma X densidad de siembra 10 mini tubérculos/jaba X Piedra pómez (60%) + fibra de coco (40%)
<b>TOLLOCAN</b>	6	Esc. Volc. (60%) + F. coco (40%)	<b>T7=</b> Tollocan X densidad de siembra 6 mini tubérculos/jaba X Escoria volcánica (60%) + fibra de coco (40%)
		Pied. Po. (60%) + F. coco (40%)	<b>T8=</b> Tollocan X densidad de siembra 6 mini tubérculos/jaba X Piedra pómez (60%) + fibra de coco (40%)
	8	Esc. Volc. (60%) + F. coco (40%)	<b>T9=</b> Tollocan X densidad de siembra 8 mini tubérculos/jaba X Escoria volcánica (60%) + fibra de coco (40%)
		Pied. Po. (60%) + F. coco (40%)	<b>T10=</b> Tollocan X densidad de siembra 8 mini tubérculos/jaba X Piedra pómez (60%) + fibra de coco (40%)
	10	Esc. Volc. (60%) + F. coco (40%)	<b>T11=</b> Tollocan X densidad de siembra 10 mini tubérculos/jaba X Escoria volcánica (60%) + fibra de coco (40%)
		Pied. Po. (60%) + F. coco (40%)	<b>T12=</b> Tollocan X densidad de siembra 10 mini tubérculos/jaba X Piedra pómez (60%) + fibra de coco (40%)
<b>GRANOLA</b>	6	Esc. Volc. (60%) + F. coco (40%)	<b>T13=</b> Granola X densidad de siembra 6 mini tubérculos/jaba X Escoria volcánica (60%) + fibra de coco (40%)
		Pied. Po. (60%) + F. coco (40%)	<b>T14=</b> Granola X densidad de siembra 6 mini tubérculos/jaba X Piedra pómez (60%) + fibra de coco (40%)
	8	Esc. Volc. (60%) + F. coco (40%)	<b>T15=</b> Granola X densidad de siembra 8 mini tubérculos/jaba X Escoria volcánica (60%) + fibra de coco (40%)
		Pied. Po. (60%) + F. coco (40%)	<b>T16=</b> Granola X densidad de siembra 8 mini tubérculos/jaba X Piedra pómez (60%) + fibra de coco (40%)
	10	Esc. Volc. (60%) + F. coco (40%)	<b>T17=</b> Granola X densidad de siembra 10 mini tubérculos/jaba X Escoria volcánica (60%) + fibra de coco (40%)
		Pied. Po. (60%) + F. coco (40%)	<b>T18=</b> Granola X densidad de siembra 10 mini tubérculos/jaba X Piedra pómez (60%) + fibra de coco (40%)

**Cuadro A-6.** Análisis de varianza para la variable Diámetro de tallo en la planta

<b>VARIABLE</b>	<b>N</b>	<b>R<sup>2</sup></b>	<b>R<sup>2</sup> Aj</b>	<b>CV</b>
<b>DIÁMETRO (mm)</b>	72	0.34	0.08	6.31

Análisis de varianza (SC tipo III)

	<b>F.V.</b>	<b>SC</b>	<b>gl</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>
<b>Modelo.</b>		1.54	20	0.08	1.32	0.2101
<b>Bloque</b>		0.44	3	0.15	2.53	0.0676
<b>Variedad</b>		0.02	2	0.01	0.14	0.8719
<b>Densidad de Siembra</b>		0.42	2	0.21	3.59	0.0348
<b>Sustrato</b>		0.21	1	0.21	3.57	0.0644
<b>Variedad*Densidad de Siembra</b>		0.05	4	0.01	0.22	0.9288
<b>Variedad*Sustrato</b>		0.12	2	0.06	1.04	0.3623
<b>Densidad*Sustrato</b>		0.02	2	0.01	0.19	0.8276
<b>Variedad*Densidad de siembra*Sustrato</b>		0.26	4	0.07	1.12	0.3588
<b>Error</b>		2.98	51	0.06		
<b>Total</b>		4.53	71			

**Cuadro A-7.** Prueba de Tukey de variedades de papa en diámetro de tallo

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=0.16855

Error: 0.0585 gl: 51

<b>VARIEDADES</b>	<b>Medias</b>	<b>n</b>	<b>E.E.</b>
<b>GRANOLA</b>	3.85	24	0.05 A
<b>SOLOMA</b>	3.84	24	0.05 A
<b>TOLLOCAN</b>	3.81	24	0.05 A

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )***Cuadro A-8.** Prueba de Tukey densidades de siembra en diámetro de tallo

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=0.16855

Error: 0.0585 gl: 51

<b>DENSIDAD DE SIEMBRA</b>	<b>Medias</b>	<b>n</b>	<b>E.E.</b>
<b>DENSIDAD DE SIEMBRA 6</b>	3.93	24	0.05 A
<b>DENSIDAD DE SIEMBRA 8</b>	3.81	24	0.05 A B
<b>DENSIDAD DE SIEMBRA 10</b>	3.75	24	0.05 B

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )***Cuadro A-9.** Prueba de Tukey de combinaciones de sustratos en diámetro de tallo

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=0.11445

Error: 0.0585 gl: 51

<b>SUSTRATOS</b>	<b>Medias</b>	<b>n</b>	<b>E.E.</b>
<b>PIEDRA POMÉZ+FIBRA DE COCO</b>	3.89	36	0.04 A
<b>ESCORIA VOLCÁNICA+FIBRA DE COCO</b>	3.78	36	0.04 A

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )*

**Cuadro A-10.** Prueba de Tukey interacción de variedades \* densidades de siembra en diámetro de tallo

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=0.39164

Error: 0.0585 gl: 51

VARIETADES	DENSIDAD DE SIEMBRA	Medias	n	E.E.	
GRANOLA	DS6	3.98	8	0.09	A
SOLOMA	DS6	3.93	8	0.09	A
TOLLOCAN	DS6	3.89	8	0.09	A
SOLOMA	DS8	3.85	8	0.09	A
TOLLOCAN	DS8	3.81	8	0.09	A
GRANOLA	DS8	3.78	8	0.09	A
GRANOLA	DS10	3.78	8	0.09	A
TOLLOCAN	DS10	3.74	8	0.09	A
SOLOMA	DS10	3.74	8	0.09	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

**Cuadro A-11.** Prueba de Tukey interacción de variedades \* combinaciones de sustratos en diámetro de tallo

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=0.29235

Error: 0.0585 gl: 51

VARIETADES	SUSTRATO	Medias	n	E.E.	
GRANOLA	PIED. POM.+FIBRA DE COCO	3.94	12	0.07	A
TOLLOCAN	PIED. POM.+FIBRA DE COCO	3.88	12	0.07	A
SOLOMA	ESC. VOLC.+FIBRA DE COCO	3.84	12	0.07	A
SOLOMA	PIED. POM.+FIBRA DE COCO	3.84	12	0.07	A
GRANOLA	ESC. VOLC.+FIBRA DE COCO	3.75	12	0.07	A
TOLLOCAN	ESC. VOLC.+FIBRA DE COCO	3.74	12	0.07	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

**Cuadro A-12.** Prueba de Tukey interacción de Densidades de siembra \* combinaciones de sustratos en diámetro de tallo

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=0.29235

Error: 0.0585 gl: 51

DENSIDADES	SUSTRATO	Medias	n	E.E.	
DS6	PIED. POM.+FIBRA DE COCO	4.01	12	0.07	A
DS6	ESC. VOLC.+FIBRA DE COCO	3.86	12	0.07	A B
DS8	PIED. POM.+FIBRA DE COCO	3.85	12	0.07	A B
DS10	PIED. POM.+FIBRA DE COCO	3.80	12	0.07	A B
DS8	ESC. VOLC.+FIBRA DE COCO	3.78	12	0.07	A B
DS10	ESC. VOLC.+FIBRA DE COCO	3.70	12	0.07	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )



**Cuadro A-13.** Prueba de Tukey interacción de variedades \* densidades de siembra \* combinaciones de sustratos en diámetro de tallo

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=0.62809

Error: 0.0585 gl: 51

VARIEDAD	DENSIDAD DE SIEMBRA	SUSTRATO	MEDIAS	n	E.E.	
GRANOLA	DS6	PP+FC	4.13	4	0.12	A
SOLOMA	DS6	PP+FC	3.98	4	0.12	A
GRANOLA	DS8	PP+FC	3.94	4	0.12	A
SOLOMA	DS8	EV+FC	3.93	4	0.12	A
SOLOMA	DS6	EV+FC	3.92	4	0.12	A
TOLLOCAN	DS6	PP+FC	3.89	4	0.12	A
TOLLOCAN	DS10	PP+FC	3.88	4	0.12	A
TOLLOCAN	DS6	EV+FC	3.85	4	0.12	A
TOLLOCAN	DS8	PP+FC	3.85	4	0.12	A
GRANOLA	DS6	EV+FC	3.84	4	0.12	A
GRANOLA	DS10	EV+FC	3.79	4	0.12	A
SOLOMA	DS8	PP+FC	3.77	4	0.12	A
SOLOMA	DS10	PP+FC	3.77	4	0.12	A
GRANOLA	DS10	PP+FC	3.77	4	0.12	A
TOLLOCAN	DS8	EV+FC	3.76	4	0.12	A
SOLOMA	DS10	EV+FC	3.71	4	0.12	A
GRANOLA	DS8	EV+FC	3.63	4	0.12	A
TOLLOCAN	DS10	EV+FC	3.60	4	0.12	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

**Cuadro A-14.** Análisis de varianza para la variable Número de Hojas de plantas

VARIABLE	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
N° DE HOJAS	72	0.60	0.45	10.81

Análisis de varianza (SC tipo III)

	F.V.	SC	GI	CM	F	p-valor
Modelo.		145.92	20	7.20	3.89	<0.0001
Bloque		28.19	3	9.40	5.01	0.0041
Variedad		79.75	2	39.88	21.24	<0.0001
Densidad de Siembra		16.07	2	8.04	4.28	0.0191
Sustrato		0.57	1	0.57	0.30	0.5832
Variedad*Densidad de Siembra		0.83	4	0.21	0.11	0.9783
Variedad*Sustrato		1.95	2	0.98	0.52	0.5980
Densidad*Sustrato		0.19	2	0.09	0.05	0.9519
Variedad*Densidad de siembra*Sustrato		18.36	4	4.59	2.45	0.0582
Error		95.75	51	1.88		
Total		241.67	71			

**Cuadro A-15.** Prueba de Tukey de variedades número de hojas de plantas

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=0.95481

Error: 1.8774 gl: 51

VARIETADES	Medias	n	E.E.	
TOLLOCAN	13.96	24	0.28	A
GRANOLA	12.69	24	0.28	B
SOLOMA	11.38	24	0.28	C

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )***Cuadro A-16.** Prueba de Tukey de densidades de siembra número de hojas de plantas

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=0.95481

Error: 1.8774 gl: 51

DENSIDAD DE SIEMBRA	Medias	n	E.E.	
DENSIDAD DE SIEMBRA 6	13.34	24	0.28	A
DENSIDAD DE SIEMBRA 8	12.42	24	0.28	A B
DENSIDAD DE SIEMBRA 10	12.27	24	0.28	B

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )***Cuadro A-17.** Prueba de Tukey de combinaciones de sustratos número de hojas de plantas

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=0.64835

Error: 1.8774 gl: 51

SUSTRATOS	Medias	n	E.E.	
ESCORIA VOLCÁNICA+FIBRA DE COCO	12.77	36	0.23	A
PIEDRA POMÉZ+FIBRA DE COCO	12.59	36	0.23	A

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )***Cuadro A-18.** Prueba de Tukey interacción de variedades \* densidades de siembra número de hojas de plantas

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=2.21864

Error: 1.8774 gl: 51

VARIETADES	DENSIDAD DE SIEMBRA	Medias	n	E.E.	
TOLLOCAN	DS6	14.48	8	0.48	A
TOLLOCAN	DS8	13.70	8	0.48	A B
TOLLOCAN	DS10	13.70	8	0.48	A B
GRANOLA	DS6	13.39	8	0.48	A B C
GRANOLA	DS8	12.35	8	0.48	A B C D
GRANOLA	DS10	12.34	8	0.48	A B C D
SOLOMA	DS6	12.15	8	0.48	B C D
SOLOMA	DS8	11.21	8	0.48	C D
SOLOMA	DS10	10.79	8	0.48	D

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )*

**Cuadro A-19.** Prueba de Tukey interacción de variedades \* combinaciones de sustratos  
número de hojas de plantas

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=1.65617

Error: 1.8774 gl: 51

VARIETADES	SUSTRATO	Medias	n	E.E.	
TOLLOCAN	ESC. VOLC.+FIBRA DE COCO	14.20	12	0.40	A
TOLLOCAN	PIED. POM.+FIBRA DE COCO	13.72	12	0.40	A
GRANOLA	PIED. POM.+FIBRA DE COCO	12.83	12	0.40	A B
GRANOLA	ESC. VOLC.+FIBRA DE COCO	12.55	12	0.40	A B
SOLOMA	ESC. VOLC.+FIBRA DE COCO	11.55	12	0.40	B
SOLOMA	PIED. POM.+FIBRA DE COCO	11.21	12	0.40	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

**Cuadro A-20.** Prueba de Tukey interacción de Densidad de siembras \* combinaciones de sustratos número de hojas de plantas

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=1.65617

Error: 1.8774 gl: 51

DENSIDADES	SUSTRATO	Medias	n	E.E.	
DS6	ESC. VOLC.+FIBRA DE COCO	13.36	12	0.40	A
DS6	PIED. POM.+FIBRA DE COCO	13.32	12	0.40	A
DS8	ESC. VOLC.+FIBRA DE COCO	12.56	12	0.40	A
DS10	ESC. VOLC.+FIBRA DE COCO	12.38	12	0.40	A
DS8	PIED. POM.+FIBRA DE COCO	12.28	12	0.40	A
DS10	PIED. POM.+FIBRA DE COCO	12.17	12	0.40	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

**Cuadro A-21.** Prueba de Tukey interacción de variedades \* densidades de siembra \* combinaciones de sustrato número de hojas de plantas

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=3.55808

Error: 1.8774 gl: 51

VARIETADES	DENSIDAD DE SIEMBRA	SUSTRATO	MEDIAS	n	E.E.			
TOLLOCAN	DS6	EV+FC	15.03	4	0.63	A		
TOLLOCAN	DS8	EV+FC	14.46	4	0.63	A	B	
TOLLOCAN	DS10	PP+FC	14.28	4	0.63	A	B	C
TOLLOCAN	DS6	PP+FC	13.94	4	0.63	A	B	C
GRANOLA	DS6	PP+FC	13.76	4	0.63	A	B	C
TOLLOCAN	DS10	EV+FC	13.11	4	0.63	A	B	C
GRANOLA	DS8	PP+FC	13.10	4	0.63	A	B	C
GRANOLA	DS10	EV+FC	13.04	4	0.63	A	B	C
GRANOLA	DS6	EV+FC	13.01	4	0.63	A	B	C
TOLLOCAN	DS8	PP+FC	12.95	4	0.63	A	B	C
SOLOMA	DS6	PP+FC	12.26	4	0.63	A	B	C
SOLOMA	DS6	EV+FC	12.05	4	0.63	A	B	C
GRANOLA	DS10	PP+FC	11.63	4	0.63	A	B	C
SOLOMA	DS8	EV+FC	11.63	4	0.63	A	B	C
GRANOLA	DS8	EV+FC	11.60	4	0.63	A	B	C
SOLOMA	DS10	EV+FC	10.99	4	0.63		B	C
SOLOMA	DS8	PP+FC	10.79	4	0.63			C
SOLOMA	DS10	PP+FC	10.59	4	0.63			D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

**Cuadro A-22.** Análisis de varianza para la variable Altura de plantas

VARIABLE	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
<b>ALTURA (cm)</b>	72	0.65	0.52	9.96

Análisis de varianza (SC tipo III)

	F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
<b>Modelo.</b>		2439.18	20	121.96	4.79	<0.0001
<b>Bloque</b>		648.95	3	216.32	8.50	0.0001
<b>Variedad</b>		760.46	2	380.23	14.94	<0.0001
<b>Densidad de Siembra</b>		409.05	2	204.52	8.04	0.0009
<b>Sustrato</b>		24.85	1	24.85	0.98	0.3277
<b>Variedad*Densidad de Siembra</b>		64.31	4	16.08	0.63	0.6421
<b>Variedad*Sustrato</b>		86.16	2	43.08	1.69	0.1942
<b>Densidad*Sustrato</b>		179.19	2	89.60	3.52	0.0370
<b>Variedad*Densidad de siembra*Sustrato</b>		266.20	4	66.55	2.62	0.0459
<b>Error</b>		1297.92	51	25.45		
<b>Total</b>		3737.10	71			

**Cuadro A-23.** Prueba de Tukey de Variedades altura de plantas

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=3.51546

Error: 25.4495 gl: 51

VARIEDADES	Medias	n	E.E.	
<b>TOLLOCAN</b>	54.17	24	1.03	A
<b>GRANOLA</b>	51.42	24	1.03	A
<b>SOLOMA</b>	46.32	24	1.03	B

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )***Cuadro A-24.** Prueba de Tukey de Densidades de siembra altura de plantas

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=3.51546

Error: 25.4495 gl: 51

DENSIDAD DE SIEMBRA	Medias	n	E.E.	
<b>DENSIDAD DE SIEMBRA 6</b>	53.98	24	1.03	A
<b>DENSIDAD DE SIEMBRA 8</b>	49.34	24	1.03	B
<b>DENSIDAD DE SIEMBRA 10</b>	48.59	24	1.03	B

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )***Cuadro A-25.** Prueba de Tukey de Combinaciones de Sustratos altura de plantas

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=2.38714

Error: 25.4495 gl: 51

SUSTRATOS	Medias	n	E.E.	
<b>PIEDRA POMÉZ+FIBRA DE COCO</b>	51.22	36	0.84	A
<b>ESCORIA VOLCÁNICA+FIBRA DE COCO</b>	50.05	36	0.84	A

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )*

**Cuadro A-26.** Prueba de Tukey interacción de Variedades \* Densidades de siembra  
altura de plantas

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=8.16868

Error: 25.4495 gl: 51

VARIEDADES	DENSIDAD DE SIEMBRA	Medias	n	E.E.			
TOLLOCAN	DS6	56.90	8	1.78	A		
GRANOLA	DS6	55.07	8	1.78	A		
TOLLOCAN	DS10	53.19	8	1.78	A	B	
TOLLOCAN	DS8	52.41	8	1.78	A	B	
GRANOLA	DS10	50.01	8	1.78	A	B	C
SOLOMA	DS6	49.97	8	1.78	A	B	C
GRANOLA	DS8	49.19	8	1.78	A	B	C
SOLOMA	DS8	46.42	8	1.78		B	C
SOLOMA	DS10	42.57	8	1.78			C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

**Cuadro A-27.** Prueba de Tukey interacción de Variedades \* Combinaciones de sustratos  
altura de plantas

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=6.09777

Error: 25.4495 gl: 51

VARIEDADES	SUSTRATO	Medias	n	E.E.			
TOLLOCAN	PIED. POM.+FIBRA DE COCO	55.99	12	1.46	A		
TOLLOCAN	ESC. VOLC.+FIBRA DE COCO	52.34	12	1.46	A	B	
GRANOLA	PIED. POM.+FIBRA DE COCO	52.20	12	1.46	A	B	
GRANOLA	ESC. VOLC.+FIBRA DE COCO	50.65	12	1.46	A	B	C
SOLOMA	ESC. VOLC.+FIBRA DE COCO	47.16	12	1.46		B	C
SOLOMA	PIED. POM.+FIBRA DE COCO	45.49	12	1.46			C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

**Cuadro A-28.** Prueba de Tukey interacción de Densidad de siembra \* Combinaciones de sustratos  
altura de plantas

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=6.09777

Error: 25.4495 gl: 51

DENSIDADES	SUSTRATO	Medias	n	E.E.			
DS6	PIED. POM.+FIBRA DE COCO	56.19	12	1.46	A		
DS6	ESC. VOLC.+FIBRA DE COCO	51.77	12	1.46	A	B	
DS8	ESC. VOLC.+FIBRA DE COCO	50.89	12	1.46	A	B	
DS10	PIED. POM.+FIBRA DE COCO	49.70	12	1.46	A	B	
DS8	PIED. POM.+FIBRA DE COCO	47.79	12	1.46		B	
DS10	ESC. VOLC.+FIBRA DE COCO	47.48	12	1.46			B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

**Cuadro A-29.** Prueba de Tukey interacción de Variedades \* Densidades de siembra \*  
Combinaciones de sustratos altura de plantas

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=13.10029

Error: 25.4495 gl: 51

VARIEDAD	DENSIDAD DE SIEMBRA	SUSTRATO	MEDIAS	n	E.E.	
TOLLOCAN	DS6	PP+FC	59.31	4	2.52	A
TOLLOCAN	DS10	PP+FC	58.06	4	2.52	A
GRANOLA	DS6	PP+FC	57.81	4	2.52	A
TOLLOCAN	DS6	EV+FC	54.49	4	2.52	A B
TOLLOCAN	DS8	EV+FC	54.23	4	2.52	A B
GRANOLA	DS6	EV+FC	52.33	4	2.52	A B
GRANOLA	DS10	EV+FC	52.05	4	2.52	A B
SOLOMA	DS6	PP+FC	51.44	4	2.52	A B
SOLOMA	DS8	EV+FC	50.89	4	2.52	A B
GRANOLA	DS8	PP+FC	50.81	4	2.52	A B
TOLLOCAN	DS8	PP+FC	50.60	4	2.52	A B
SOLOMA	DS6	EV+FC	48.50	4	2.52	A B
TOLLOCAN	DS10	EV+FC	48.31	4	2.52	A B
GRANOLA	DS10	PP+FC	47.97	4	2.52	A B
GRANOLA	DS8	EV+FC	47.56	4	2.52	A B
SOLOMA	DS10	PP+FC	43.06	4	2.52	B
SOLOMA	DS10	EV+FC	42.08	4	2.52	B
SOLOMA	DS8	PP+FC	41.96	4	2.52	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

**Cuadro A-30.** Análisis de varianza para la variable Número de plantas

VARIABLE	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
N° DE PLANTAS	72	0.57	0.41	28.29

Análisis de varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	107.56	20	5.38	3.42	0.0002
Bloque	5.15	3	1.72	1.09	0.3603
Variedad	73.86	2	36.93	23.51	<0.0001
Densidad de Siembra	11.86	2	5.93	3.78	0.0296
Sustrato	1.13	1	1.13	0.72	0.4013
Variedad*Densidad de Siembra	9.06	4	2.26	1.44	0.2338
Variedad*Sustrato	2.58	2	1.29	0.82	0.4451
Densidad*Sustrato	2.58	2	1.29	0.82	0.4451
Variedad*Densidad de siembra*Sustrato	1.33	4	0.33	0.21	0.9305
Error	80.10	51	1.57		
Total	187.65	71			

**Cuadro A-31.** Prueba de Tukey de Variedades en número de plantas

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=0.87331

Error: 1.5705 gl: 51

VARIEDADES	Medias	n	E.E.	
SOLOMA	5.21	24	0.26	A
TOLLOCAN	5.08	24	0.26	A
GRANOLA	3.00	24	0.26	B

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )***Cuadro A-32.** Prueba de Tukey de Densidades de siembra en número de plantas

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=0.87331

Error: 1.5705 gl: 51

DENSIDAD DE SIEMBRA	Medias	n	E.E.		
DENSIDAD DE SIEMBRA 10	5.00	24	0.26	A	
DENSIDAD DE SIEMBRA 8	4.21	24	0.26	A	B
DENSIDAD DE SIEMBRA 6	4.08	24	0.26		B

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )***Cuadro A-33.** Prueba de Tukey de Combinaciones de sustratos en número de plantas

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=0.59301

Error: 1.5705 gl: 51

SUSTRATOS	Medias	n	E.E.	
PIEDRA POMÉZ +FIBRA DE COCO	4.56	36	0.21	A
ESCORIA VOLCANICA+FIBRA DE COCO	4.31	36	0.21	A

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )***Cuadro A-34.** Prueba de Tukey interacción de Variedades \* Densidades de siembra en número de plantas

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=2.02925

Error: 1.5705 gl: 51

VARIEDADES	DENSIDAD DE SIEMBRA	Medias	n	E.E.			
TOLLOCAN	DS10	6.13	8	0.44	A		
SOLOMA	DS10	5.88	8	0.44	A		
SOLOMA	DS8	5.13	8	0.44	A	B	
TOLLOCAN	DS8	4.75	8	0.44	A	B	C
SOLOMA	DS6	4.63	8	0.44	A	B	C
TOLLOCAN	DS6	4.38	8	0.44	A	B	C
GRANOLA	DS6	3.25	8	0.44		B	C
GRANOLA	DS10	3.00	8	0.44			C
GRANOLA	DS8	2.75	8	0.44			C

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )*

**Cuadro A-35.** Prueba de Tukey interacción de Variedades \* Combinaciones de sustratos en número de plantas

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=1.51480

Error: 1.5705 gl: 51

VARIETADES	SUSTRATO	Medias	n	E.E.	
TOLLOCAN	PIED. POM.+FIBRA DE COCO	5.42	12	0.36	A
SOLOMA	ESC. VOLC.+FIBRA DE COCO	5.33	12	0.36	A
SOLOMA	PIED. POM.+FIBRA DE COCO	5.08	12	0.36	A
TOLLOCAN	ESC. VOLC.+FIBRA DE COCO	4.75	12	0.36	A
GRANOLA	PIED. POM.+FIBRA DE COCO	3.17	12	0.36	B
GRANOLA	ESC. VOLC.+FIBRA DE COCO	2.83	12	0.36	B

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )*

**Cuadro A-36.** Prueba de Tukey interacción de Densidades de siembra \* Combinaciones de sustratos en número de plantas

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=1.51480

Error: 1.5705 gl: 51

DENSIDADES	SUSTRATO	Medias	n	E.E.	
DS10	PIED. POM.+FIBRA DE COCO	5.08	12	0.36	A
DS10	ESC. VOLC.+FIBRA DE COCO	4.92	12	0.36	A
DS8	PIED. POM.+FIBRA DE COCO	4.58	12	0.36	A
DS6	ESC. VOLC.+FIBRA DE COCO	4.17	12	0.36	A
DS6	PIED. POM.+FIBRA DE COCO	4.00	12	0.36	A
DS8	ESC. VOLC.+FIBRA DE COCO	3.83	12	0.36	A

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )*

**Cuadro A-37.** Prueba de Tukey interacción de Variedad \* Densidades de siembra \* Combinaciones de sustratos en número de plantas

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=3.25435

Error: 1.5705 gl: 51

VARIETADES	DENSIDAD DE SIEMBRA	SUSTRATO	MEDIAS	n	E.E.		
TOLLOCAN	DS10	PP+FC	6.25	4	0.63	A	
SOLOMA	DS10	EV+FC	6.00	4	0.63	A	B
TOLLOCAN	DS10	EV+FC	6.00	4	0.63	A	B
SOLOMA	DS10	PP+FC	5.75	4	0.63	A	B
TOLLOCAN	DS8	PP+FC	5.25	4	0.63	A	B C
SOLOMA	DS8	PP+FC	5.25	4	0.63	A	B C
SOLOMA	DS6	EV+FC	5.00	4	0.63	A	B C
SOLOMA	DS8	EV+FC	5.00	4	0.63	A	B C
TOLLOCAN	DS6	PP+FC	4.75	4	0.63	A	B C
SOLOMA	DS6	PP+FC	4.25	4	0.63	A	B C
TOLLOCAN	DS8	EV+FC	4.25	4	0.63	A	B C
TOLLOCAN	DS6	EV+FC	4.00	4	0.63	A	B C
GRANOLA	DS6	EV+FC	3.50	4	0.63	A	B C
GRANOLA	DS10	PP+FC	3.25	4	0.63	A	B C
GRANOLA	DS8	PP+FC	3.25	4	0.63	A	B C
GRANOLA	DS6	PP+FC	3.00	4	0.63	A	B C
GRANOLA	DS10	EV+FC	2.75	4	0.63		B C
GRANOLA	DS8	EV+FC	2.25	4	0.63		C

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )*



**Cuadro A-38.** Análisis de varianza para la variable Total de minitubérculos

<b>VARIABLE</b>	<b>N</b>	<b>R<sup>2</sup></b>	<b>R<sup>2</sup> Aj</b>	<b>CV</b>
<b>TOTAL DE MINITUBÉRCULOS</b>	72	0.72	0.61	33.82

Análisis de varianza (SC tipo III)

	<b>F.V.</b>	<b>SC</b>	<b>gl</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>
<b>Modelo.</b>		27048.78	20	1352.44	6.54	< 0.0001
<b>Bloque</b>		1287.04	3	429.01	2.08	0.1150
<b>Variedad</b>		20142.86	2	10071.43	48.72	<0.0001
<b>Densidad de Siembra</b>		405.03	2	202.51	0.98	0.3824
<b>Sustrato</b>		210.13	1	210.13	1.02	0.3181
<b>Variedad*Densidad de Siembra</b>		1637.47	4	409.37	1.98	0.1115
<b>Variedad*Sustrato</b>		2853.08	2	1426.54	6.90	0.0022
<b>Densidad*Sustrato</b>		267.25	2	133.63	0.65	0.5282
<b>Variedad*Densidad de siembra*Sustrato</b>		245.92	4	61.48	0.30	0.8783
<b>Error</b>		10543.21	51	206.73		
<b>Total</b>		37591.99	71			

**Cuadro A-39.** Prueba de Tukey de Variedades en total de minitubérculos

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=10.01946

Error: 206.7296 gl: 51

<b>VARIEDADES</b>	<b>Medias</b>	<b>n</b>	<b>E.E.</b>	
<b>SOLOMA</b>	65.92	24	2.93	A
<b>GRANOLA</b>	33.79	24	2.93	B
<b>TOLLOCAN</b>	27.83	24	2.93	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

**Cuadro A-40.** Prueba de Tukey de Densidades de siembra en total de minitubérculos

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=10.01946

Error: 206.7296 gl: 51

<b>DENSIDAD DE SIEMBRA</b>	<b>Medias</b>	<b>n</b>	<b>E.E.</b>	
<b>DENSIDAD DE SIEMBRA 6</b>	45.54	24	2.93	A
<b>DENSIDAD DE SIEMBRA 8</b>	42.25	24	2.93	A
<b>DENSIDAD DE SIEMBRA 10</b>	39.75	24	2.93	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

**Cuadro A-41.** Prueba de Tukey de Combinaciones de sustratos en total de minitubérculos

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=6.80360

Error: 206.7296 gl: 51

<b>SUSTRATOS</b>	<b>Medias</b>	<b>n</b>	<b>E.E.</b>	
<b>ESCORIA VOLCÁNICA+FIBRA DE COCO</b>	44.22	36	2.40	A
<b>PIEDRA POMÉZ+FIBRA DE COCO</b>	40.81	36	2.40	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

**Cuadro A-42.** Prueba de Tukey interacción de Variedades \* Densidades de siembra en total de minitubérculos

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=23.28165

Error: 206.7296 gl: 51

VARIETADES	DENSIDAD DE SIEMBRA	Medias	n	E.E.		
SOLOMA	DS8	73.00	8	5.08	A	
SOLOMA	DS6	66.00	8	5.08	A	B
SOLOMA	DS10	58.75	8	5.08	A	B
GRANOLA	DS6	43.50	8	5.08		B C
GRANOLA	DS10	30.88	8	5.08		C
TOLLOCAN	DS10	29.63	8	5.08		C
TOLLOCAN	DS6	27.13	8	5.08		C
GRANOLA	DS8	27.00	8	5.08		C
TOLLOCAN	DS8	26.75	8	5.08		C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

**Cuadro A-43.** Prueba de Tukey interacción de Variedades \* Combinaciones de sustratos en total de minitubérculos

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=17.37930

Error: 206.7296 gl: 51

VARIETADES	SUSTRATO	Medias	n	E.E.		
SOLOMA	ESC. VOLC.+FIBRA DE COCO	76.50	12	4.15	A	
SOLOMA	PIED. POM.+FIBRA DE COCO	55.33	12	4.15		B
GRANOLA	PIED. POM.+FIBRA DE COCO	35.92	12	4.15		C
GRANOLA	ESC. VOLC.+FIBRA DE COCO	31.67	12	4.15		C
TOLLOCAN	PIED. POM.+FIBRA DE COCO	31.17	12	4.15		C
TOLLOCAN	ESC. VOLC.+FIBRA DE COCO	24.50	12	4.15		C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

**Cuadro A-44.** Prueba de Tukey interacción de Densidades de siembra \* Combinaciones de sustratos en total de minitubérculos

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=17.37930

Error: 206.7296 gl: 51

DENSIDADES	SUSTRATO	Medias	n	E.E.	
DS6	ESC. VOLC.+FIBRA DE COCO	49.83	12	4.15	A
DS8	PIED. POM.+FIBRA DE COCO	42.58	12	4.15	A
DS8	ESC. VOLC.+FIBRA DE COCO	41.92	12	4.15	A
DS6	PIED. POM.+FIBRA DE COCO	41.25	12	4.15	A
DS10	ESC. VOLC.+FIBRA DE COCO	40.92	12	4.15	A
DS10	PIED. POM.+FIBRA DE COCO	38.58	12	4.15	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

**Cuadro A-45.** Prueba de Tukey interacción de Variedades \* Densidades de siembra \*  
Combinaciones de sustratos en total de minitubérculos

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=37.33727

Error: 206.7296 gl: 51

VARIEDAD	DENSIDAD DE SIEMBRA	SUSTRATO	MEDIAS	n	E.E.	
SOLOMA	DS6	EV+FC	81.00	4	7.19	A
SOLOMA	DS8	EV+FC	78.00	4	7.19	A B
SOLOMA	DS10	EV+FC	70.50	4	7.19	A B C
SOLOMA	DS8	PP+FC	68.00	4	7.19	A B C
SOLOMA	DS6	PP+FC	51.00	4	7.19	A B C D
SOLOMA	DS10	PP+FC	47.00	4	7.19	A B C D
GRANOLA	DS6	EV+FC	43.75	4	7.19	A B C D
GRANOLA	DS6	PP+FC	43.25	4	7.19	B C D
GRANOLA	DS10	PP+FC	35.25	4	7.19	C D
TOLLOCAN	DS10	PP+FC	33.50	4	7.19	C D
TOLLOCAN	DS8	PP+FC	30.50	4	7.19	D
TOLLOCAN	DS6	PP+FC	29.50	4	7.19	D
GRANOLA	DS8	PP+FC	29.25	4	7.19	D
GRANOLA	DS10	EV+FC	26.50	4	7.19	D
TOLLOCAN	DS10	EV+FC	25.75	4	7.19	D
GRANOLA	DS8	EV+FC	24.75	4	7.19	D
TOLLOCAN	DS6	EV+FC	24.75	4	7.19	D
TOLLOCAN	DS8	EV+FC	23.00	4	7.19	D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

**Cuadro A-46.** Análisis de varianza para la variable número total de minitubérculos por  
Plantas

VARIABLE	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
<b>NÚMERO TOTAL DE MINITUBÉRCULOS POR PLANTA</b>	72	0.51	0.32	47.44

Análisis de varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
<b>Modelo.</b>	1287.14	20	64.36	2.70	0.0022
<b>Bloque</b>	90.58	3	30.19	1.27	0.2958
<b>Variedad</b>	834.81	2	417.40	17.51	<0.0001
<b>Densidad de Siembra</b>	94.71	2	47.36	1.99	0.1477
<b>Sustrato</b>	14.70	1	14.70	0.62	0.4360
<b>Variedad*Densidad de Siembra</b>	125.28	4	31.32	1.31	0.2775
<b>Variedad*Sustrato</b>	111.59	2	55.79	2.34	0.1066
<b>Densidad*Sustrato</b>	10.29	2	5.15	0.22	0.8066
<b>Variedad*Densidad de siembra*Sustrato</b>	5.18	4	1.29	0.05	0.9943
<b>Error</b>	1216.08	51	23.84		
<b>Total</b>	2503.22	71			

**Cuadro A-47.** Prueba de Tukey de Variedades en número total de minitubérculos por planta

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=3.40282

Error: 23.8447 gl: 51

<b>VARIEDADES</b>	<b>Medias</b>	<b>n</b>	<b>E.E.</b>	
<b>SOLOMA</b>	13.57	24	1.00	A
<b>GRANOLA</b>	11.70	24	1.00	A
<b>TOLLOCAN</b>	5.60	24	1.00	B

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )*

**Cuadro A-48.** Prueba de Tukey de Densidades de siembra en número total de minitubérculos por planta

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=3.40282

Error: 23.8447 gl: 51

<b>DENSIDAD DE SIEMBRA</b>	<b>Medias</b>	<b>n</b>	<b>E.E.</b>	
<b>DENSIDAD DE SIEMBRA 6</b>	11.47	24	1.00	A
<b>DENSIDAD DE SIEMBRA 8</b>	10.66	24	1.00	A
<b>DENSIDAD DE SIEMBRA 10</b>	8.74	24	1.00	A

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )*

**Cuadro A-49.** Prueba de Tukey de Combinaciones de sustratos siembra en número total de minitubérculos por planta

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=2.31065

Error: 23.8447 gl: 51

<b>SUSTRATOS</b>	<b>Medias</b>	<b>n</b>	<b>E.E.</b>	
<b>ESCORIA VOLCÁNICA+FIBRA DE COCO</b>	10.75	36	0.81	A
<b>PIEDRA POMÉZ+FIBRA DE COCO</b>	9.84	36	0.81	A

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )*

**Cuadro A-50.** Prueba de Tukey interacción de Variedades \* Densidades de siembra en número total de minitubérculos por planta

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=7.90694

Error: 23.8447 gl: 51

<b>VARIEDADES</b>	<b>DENSIDAD DE SIEMBRA</b>	<b>Medias</b>	<b>n</b>	<b>E.E.</b>	
<b>SOLOMA</b>	DS8	16.29	8	1.73	A
<b>SOLOMA</b>	DS6	14.12	8	1.73	A B
<b>GRANOLA</b>	DS6	14.01	8	1.73	A B
<b>GRANOLA</b>	DS10	10.96	8	1.73	A B C
<b>SOLOMA</b>	DS10	10.32	8	1.73	A B C
<b>GRANOLA</b>	DS8	10.14	8	1.73	A B C
<b>TOLLOCAN</b>	DS6	6.29	8	1.73	B C
<b>TOLLOCAN</b>	DS8	5.56	8	1.73	C
<b>TOLLOCAN</b>	DS10	4.94	8	1.73	C

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )*

**Cuadro A-51.** Prueba de Tukey interacción de Variedades \* Combinaciones de sustratos en número total de minitubérculos por planta

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=5.90238

Error: 23.8447 gl: 51

VARIETADES	SUSTRATO	Medias	n	E.E.		
SOLOMA	ESC. VOLC.+FIBRA DE COCO	15.77	12	1.41	A	
GRANOLA	PIED. POM.+FIBRA DE COCO	12.35	12	1.41	A	
SOLOMA	PIED. POM.+FIBRA DE COCO	11.38	12	1.41	A	B
GRANOLA	ESC. VOLC.+FIBRA DE COCO	11.06	12	1.41	A	B C
TOLLOCAN	PIED. POM.+FIBRA DE COCO	5.79	12	1.41		B C
TOLLOCAN	ESC. VOLC.+FIBRA DE COCO	5.41	12	1.41		C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

**Cuadro A-52.** Prueba de Tukey interacción de Densidades de siembra \* Combinaciones de sustratos en número total de minitubérculos por planta

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=5.90238

Error: 23.8447 gl: 51

DENSIDADES	SUSTRATO	Medias	n	E.E.	
DS6	ESC. VOLC.+FIBRA DE COCO	11.81	12	1.41	A
DS8	ESC. VOLC.+FIBRA DE COCO	11.36	12	1.41	A
DS6	PIED. POM.+FIBRA DE COCO	11.14	12	1.41	A
DS8	PIED. POM.+FIBRA DE COCO	9.70	12	1.41	A
DS10	ESC. VOLC.+FIBRA DE COCO	8.80	12	1.41	A
DS10	PIED. POM.+FIBRA DE COCO	8.68	12	1.41	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

**Cuadro A-53.** Prueba de Tukey interacción de Variedades \* Densidades de siembra \* Combinaciones de sustratos en número total de minitubérculos por planta

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=12.68053

Error: 23.8447 gl: 51

VARIETADES	DENSIDAD DE SIEMBRA	SUSTRATO	MEDIAS	n	E.E.	
SOLOMA	DS8	EV+FC	19.42	4	2.44	A
SOLOMA	DS6	EV+FC	16.07	4	2.44	A B
GRANOLA	DS6	PP+FC	14.98	4	2.44	A B
SOLOMA	DS8	PP+FC	13.16	4	2.44	A B
GRANOLA	DS6	EV+FC	13.05	4	2.44	A B
SOLOMA	DS6	PP+FC	12.16	4	2.44	A B
SOLOMA	DS10	EV+FC	11.81	4	2.44	A B
GRANOLA	DS10	PP+FC	11.75	4	2.44	A B
GRANOLA	DS8	PP+FC	10.33	4	2.44	A B
GRANOLA	DS10	EV+FC	10.17	4	2.44	A B
GRANOLA	DS8	EV+FC	9.96	4	2.44	A B
SOLOMA	DS10	PP+FC	8.82	4	2.44	A B
TOLLOCAN	DS6	EV+FC	6.31	4	2.44	B
TOLLOCAN	DS6	PP+FC	6.28	4	2.44	B
TOLLOCAN	DS8	PP+FC	5.63	4	2.44	B
TOLLOCAN	DS8	EV+FC	5.50	4	2.44	B
TOLLOCAN	DS10	PP+FC	5.47	4	2.44	B
TOLLOCAN	DS10	EV+FC	4.41	4	2.44	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

**Cuadro A-54.** Análisis de varianza para la variable peso total de minitubérculos

VARIABLE	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
<b>PESO TOTAL DE MINITUBÉRCULOS (g)</b>	72	0.65	0.51	43.43

Análisis de varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
<b>Modelo.</b>	426015.19	20	21300.76	4.74	<0.0001
<b>Bloque</b>	8792.99	3	2931.00	0.65	0.5849
<b>Variedad</b>	277826.29	2	138913.14	30.94	<0.0001
<b>Densidad de Siembra</b>	25801.05	2	12900.53	2.87	0.0657
<b>Sustrato</b>	61098.43	1	61098.43	13.61	0.0005
<b>Variedad*Densidad de Siembra</b>	39619.31	4	9904.83	2.21	0.0813
<b>Variedad*Sustrato</b>	2337.45	2	1168.73	0.26	0.7718
<b>Densidad*Sustrato</b>	3447.09	2	1723.54	0.38	0.6832
<b>Variedad*Densidad de siembra*Sustrato</b>	7092.58	4	1773.14	0.39	0.8113
<b>Error</b>	228973.28	51	4489.67		
<b>Total</b>	654988.47	71			

**Cuadro A-55.** Prueba de Tukey de Variedades peso total de minitubérculos

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=46.09284

Error: 4489.6721 gl: 51

VARIETADES	Medias	n	E.E.	
<b>SOLOMA</b>	234.65	24	13.68	A
<b>GRANOLA</b>	144.83	24	13.68	B
<b>TOLLOCAN</b>	83.38	24	13.68	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )**Cuadro A-56.** Prueba de Tukey de Densidades de siembra peso total de minitubérculos

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=46.69284

Error: 4489.6721 gl: 51

DENSIDAD DE SIEMBRA	Medias	n	E.E.	
<b>DENSIDAD DE SIEMBRA 6</b>	178.13	24	13.68	A
<b>DENSIDAD DE SIEMBRA 8</b>	152.92	24	13.68	A
<b>DENSIDAD DE SIEMBRA 10</b>	131.82	24	13.68	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )**Cuadro A-56.** Prueba de Tukey de Combinaciones de sustratos peso total de minitubérculos

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=31.70624

Error: 4489.6721 gl: 51

SUSTRATOS	Medias	n	E.E.	
<b>PIEDRA POMÉZ+FIBRA DE COCO</b>	183.42	36	11.17	A
<b>ESCORIA VOLCÁNICA+FIBRA DE COCO</b>	125.16	36	11.17	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

**Cuadro A-57.** Prueba de Tukey interacción de Variedades \* Densidades de siembra peso total de minitubérculos

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=108.49749

Error: 4489.6721 gl: 51

VARIETADES	DENSIDAD DE SIEMBRA	Medias	n	E.E.		
SOLOMA	DS6	275.50	8	23.69	A	
SOLOMA	DS8	261.25	8	23.69	A	
GRANOLA	DS6	169.75	8	23.69	A	B
SOLOMA	DS10	167.20	8	23.69	A	B
GRANOLA	DS10	143.00	8	23.69		B
GRANOLA	DS8	121.75	8	23.69		B
TOLLOCAN	DS6	89.13	8	23.69		B
TOLLOCAN	DS10	85.25	8	23.69		B
TOLLOCAN	DS8	75.75	8	23.69		B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

**Cuadro A-58.** Prueba de Tukey interacción de Variedades \* Combinaciones de sustratos peso total de minitubérculos

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=80.99130

Error: 4489.6721 gl: 51

VARIETADES	SUSTRATO	Medias	n	E.E.			
SOLOMA	PIED. POM.+FIBRA DE COCO	259.25	12	19.34	A		
SOLOMA	ESC. VOLC.+FIBRA DE COCO	210.05	12	19.34	A		
GRANOLA	PIED. POM.+FIBRA DE COCO	182.00	12	19.34	A	B	
TOLLOCAN	PIED. POM.+FIBRA DE COCO	109.00	12	19.34		B	C
GRANOLA	ESC. VOLC.+FIBRA DE COCO	107.67	12	19.34		B	C
TOLLOCAN	ESC. VOLC.+FIBRA DE COCO	57.75	12	19.34			C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

**Cuadro A-59.** Prueba de Tukey interacción de Densidades de siembra \* Combinaciones de sustratos peso total de minitubérculos

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=80.99130

Error: 4489.6721 gl: 51

DENSIDADES	SUSTRATO	Medias	n	E.E.		
DS6	PIED. POM.+FIBRA DE COCO	209.83	12	19.34	A	
DS8	PIED. POM.+FIBRA DE COCO	172.58	12	19.34	A	B
DS10	PIED. POM.+FIBRA DE COCO	167.83	12	19.34	A	B
DS6	ESC. VOLC.+FIBRA DE COCO	146.42	12	19.34	A	B
DS8	ESC. VOLC.+FIBRA DE COCO	133.25	12	19.34	A	B
DS10	ESC. VOLC.+FIBRA DE COCO	95.80	12	19.34		B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

**Cuadro A-60.** Prueba de Tukey interacción de Variedades \* Densidades de siembra \*  
Combinaciones de sustratos peso total de minitubérculos

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=173.99973

Error: 4489.6721 gl: 51

VARIEDAD	DENSIDAD DE SIEMBRA	SUSTRATO	MEDIAS	n	E.E.					
SOLOMA	DS6	PP+FC	320.75	4	33.50	A				
SOLOMA	DS8	PP+FC	270.50	4	33.50	A B				
SOLOMA	DS8	EV+FC	252.00	4	33.50	A B C				
SOLOMA	DS6	EV+FC	230.25	4	33.50	A B C D				
GRANOLA	DS6	PP+FC	199.00	4	33.50	A B C D	E			
GRANOLA	DS10	PP+FC	188.50	4	33.50	A B C D	E			
SOLOMA	DS10	PP+FC	186.50	4	33.50	A B C D	E			
GRANOLA	DS8	PP+FC	158.50	4	33.50	A B C D	E			
SOLOMA	DS10	EV+FC	147.90	4	33.50	A B C D	E			
GRANOLA	DS6	EV+FC	140.50	4	33.50	B C D	E			
TOLLOCAN	DS10	PP+FC	128.50	4	33.50	B C D	E			
TOLLOCAN	DS6	PP+FC	109.75	4	33.50	B C D	E			
GRANOLA	DS10	EV+FC	97.50	4	33.50	B C D	E			
TOLLOCAN	DS8	PP+FC	88.75	4	33.50	C D	E			
GRANOLA	DS8	EV+FC	85.00	4	33.50	C D	E			
TOLLOCAN	DS6	EV+FC	68.50	4	33.50	D	E			
TOLLOCAN	DS8	EV+FC	62.75	4	33.50	D	E			
TOLLOCAN	DS10	EV+FC	42.00	4	33.50		E			

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )



**Cuadro A-61.** Análisis de follaje y tallos de tres variedades de papa (*Solanum tuberosum* L.). UES-.CC. AA. tesis 2017



**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONOMICAS  
DEPARTAMENTO DE QUIMICA AGRICOLA**

**RESULTADO DE ANÁLISIS**

**Fecha de Emisión:** Ciudad Universitaria, 30 de agosto de 2017

**Fecha de ingreso:** 21/ agosto / 2017

**Tipo de Muestra:** Materia seca de follaje de cultivo de papa.

**Análisis solicitado:** Humedad- materia seca.

**Usuario:** Br. Wilfredo Vásquez Ramírez-Investigación de tesis.

Ident. No.	Ident. De muestra	% Humedad	% Mx seca
MXI-295	T2-III	93.21	6.79
MXI-296	T13-IV	91.37	8.63
MXI-297	T1-I	91.94	8.06
MXI-298	T8-III	92.33	7.67
MXI-299	T7-I	91.76	8.24
MXI-300	T13-III	91.81	8.19
MXI-301	T18-I	92.63	7.37
MXI-302	T6-IV	93.25	6.75
MXI-303	T7-IV	92.99	7.01

**Analista:** Lic. Mario Antonio Hernández Melgar

Atentamente,

**"HACIA LA LIBERTAD POR LA CULTURA"**

Ing. Agr. Oscar Mauricio Carrillo Turcios  
Jefe del Departamento de Química Agrícola





**Cuadro A-63:** Temperaturas y humedad relativa promedios. Datos registrado de invernadero del cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.), UES-CC.AA. Tesis 2017.

<i>Mes</i>	<i>Días</i>	<i>Temperatura °C</i>	<i>Humedad Relativa %</i>	<i>Mes</i>	<i>Días</i>	<i>Temperatura °C</i>	<i>Humedad Relativa %</i>
MAYO	22	30.67	50.00	JULIO	6	30.00	47.50
MAYO	26	31.83	48.33	JULIO	7	29.38	48.25
MAYO	29	30.00	43.67	JULIO	10	30.67	44.83
MAYO	30	30.00	45.80	JULIO	12	27.00	58.00
JUNIO	2	30.50	47.00	JULIO	13	25.63	57.63
JUNIO	5	30.67	46.00	JULIO	14	29.40	47.00
JUNIO	7	30.67	47.67	JULIO	17	30.25	44.75
JUNIO	8	31.50	46.50	JULIO	19	30.33	63.67
JUNIO	9	26.75	65.13	JULIO	20	29.88	48.13
JUNIO	12	27.88	55.50	JULIO	21	28.63	46.88
JUNIO	13	29.13	50.13	JULIO	24	32.40	48.40
JUNIO	14	28.00	53.14	JULIO	26	29.33	46.17
JUNIO	15	26.00	66.83	JULIO	27	29.75	44.38
JUNIO	16	26.86	62.29	JULIO	28	30.60	44.60
JUNIO	19	25.33	63.67	JULIO	31	28.25	51.60
JUNIO	21	28.00	55.20	AGOSTO	2	29.25	52.25
JUNIO	22	28.33	54.83	AGOSTO	3	29.88	45.50
JUNIO	23	28.40	46.20	AGOSTO	7	27.40	60.60
JUNIO	26	30.67	45.50	AGOSTO	11	28.86	49.00
JUNIO	27	29.50	45.75	AGOSTO	12	29.14	47.00
JUNIO	28	30.33	43.00	AGOSTO	14	28.33	48.33
JUNIO	29	28.50	46.50	AGOSTO	16	30.67	45.33
JUNIO	30	31.17	39.33	AGOSTO	17	30.14	46.86
JULIO	3	29.33	46.67	AGOSTO	18	30.00	44.80
JULIO	5	25.20	63.00				

**Cuadro A-64:** Temperaturas y humedad relativa promedios. Datos registrado, fuera del invernadero del cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.), UES-CC.AA. Tesis 2017.

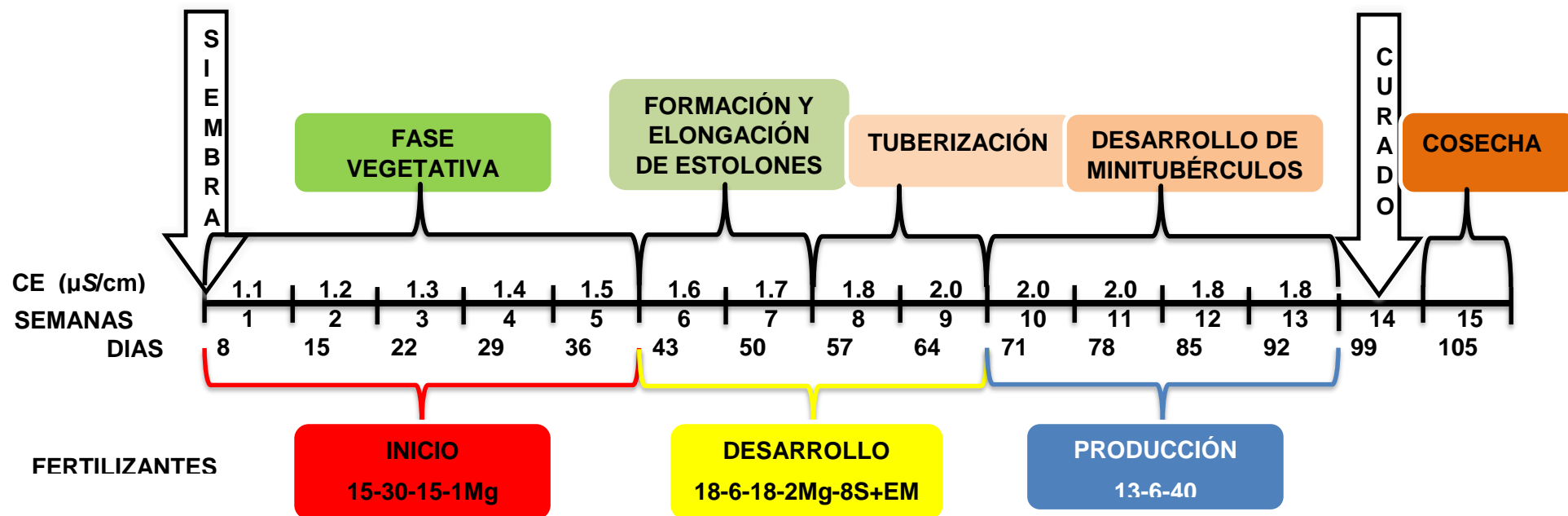
Mes	Días	Temperatura °C	Humedad Relativa %	Mes	Días	Temperatura °C	Humedad Relativa %
JUNIO	29	27.38	47.25	JULIO	24	29.00	49.40
JUNIO	30	28.83	40.83	JULIO	26	28.00	49.17
JULIO	3	28.00	47.67	JULIO	27	28.63	49.25
JULIO	5	24.80	67.00	JULIO	28	28.80	48.40
JULIO	6	27.50	50.25	JULIO	31	27.00	56.25
JULIO	7	28.00	50.63	AGOSTO	2	28.00	56.00
JULIO	10	28.83	47.33	AGOSTO	3	28.00	49.75
JULIO	12	28.33	53.00	AGOSTO	7	25.80	65.80
JULIO	13	25.25	63.00	AGOSTO	11	26.43	54.00
JULIO	14	28.00	50.40	AGOSTO	12	26.43	49.57
JULIO	17	27.75	51.75	AGOSTO	14	26.17	48.67
JULIO	19	28.33	46.67	AGOSTO	16	26.00	50.33
JULIO	20	29.13	46.88	AGOSTO	17	27.14	47.57
JULIO	21	27.50	50.13	AGOSTO	18	25.20	48.60



**Figura A-1.** Invernadero de forma semi-circular, con una ventana cenital en la parte superior del techo. UES-CC. AA. Tesis 2017.

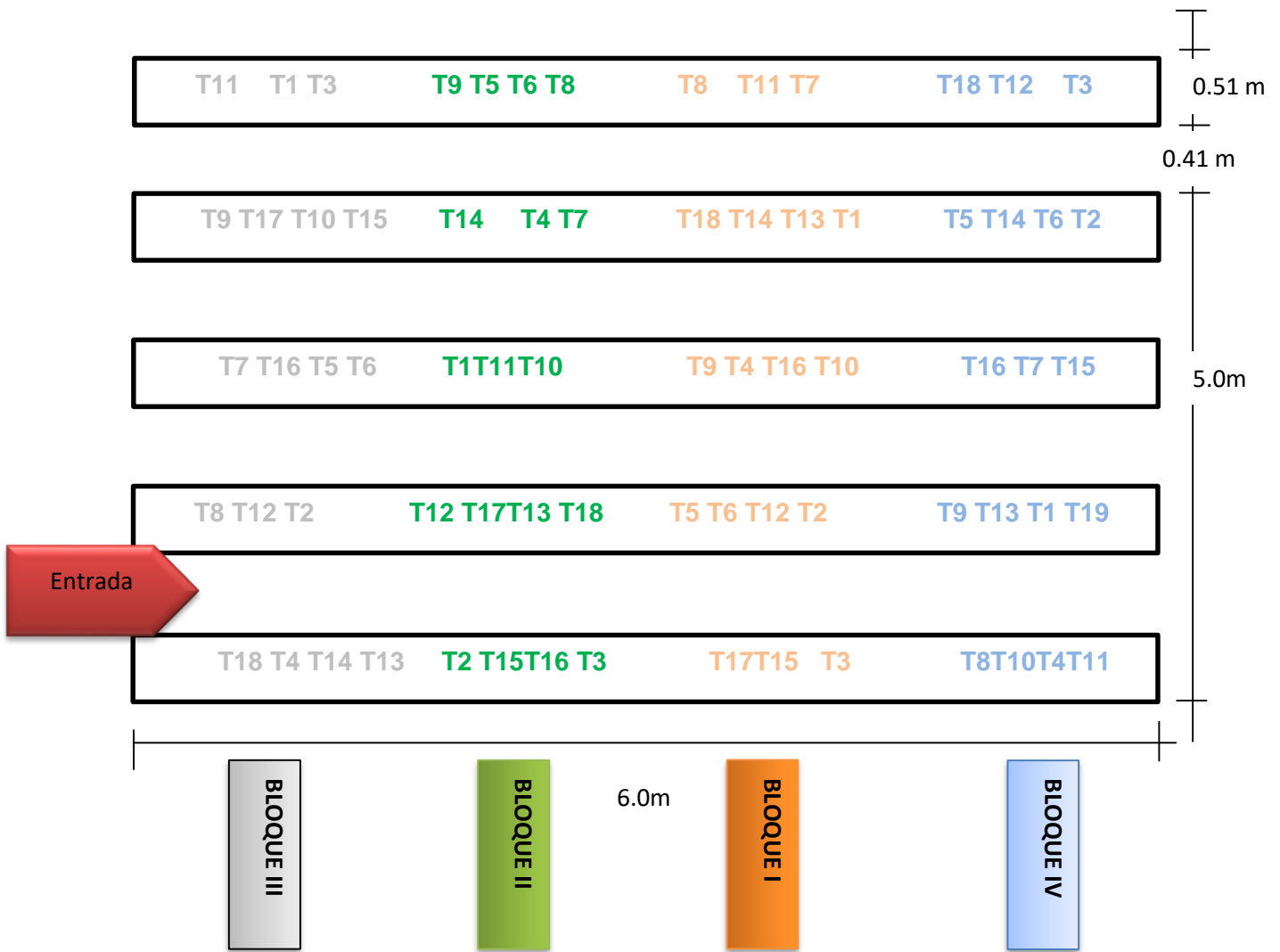
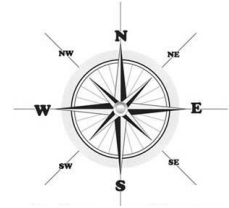


**Figura A-2.** Equipo e instrumento que mide temperatura en grados Celsius y humedad relativa en porcentaje en 24 horas del día UES-CC. AA. Tesis 2017.



Fuente: Elaborado con base en Pérez 2017.

Figura A-3. Programa de fertilización en base de la fenología del cultivo de papa. UES-CC. AA. tesis 2017



**Figura A-4.** Plano de campo, se muestra la forma de distribución de los tratamientos en estudio con base al diseño estadístico Bloques completos al azar con arreglo trifactorial. Cada bloque tiene 18 tratamientos UES-CC. AA. Tesis 2017.



**Figura A-5.** Producción minitubérculos en tres densidades de siembra, variedad Soloma. UES-CC. AA. Tesis 2017.



**Figura A-6.** Producción minitubérculos en dos combinaciones de sustrato, variedad Soloma. UES-CC. AA. Tesis 2017.



**Figura A-7.** Producción minitubérculos categorización, variedad Soloma. UES-CC. AA. Tesis 2017.



**Figura A-8.** Producción minitubérculos en tres densidades de siembra, variedad Tollocan. UES-CC. AA. Tesis 2017.



**Figura A-9.** Producción minitubérculos en dos combinaciones de sustrato, variedad Tollocan. UES-CC. AA. Tesis 2017.



**Figura A-10.** Producción minitubérculos categorización, variedad Tollocan. UES-CC. AA. Tesis 2017.





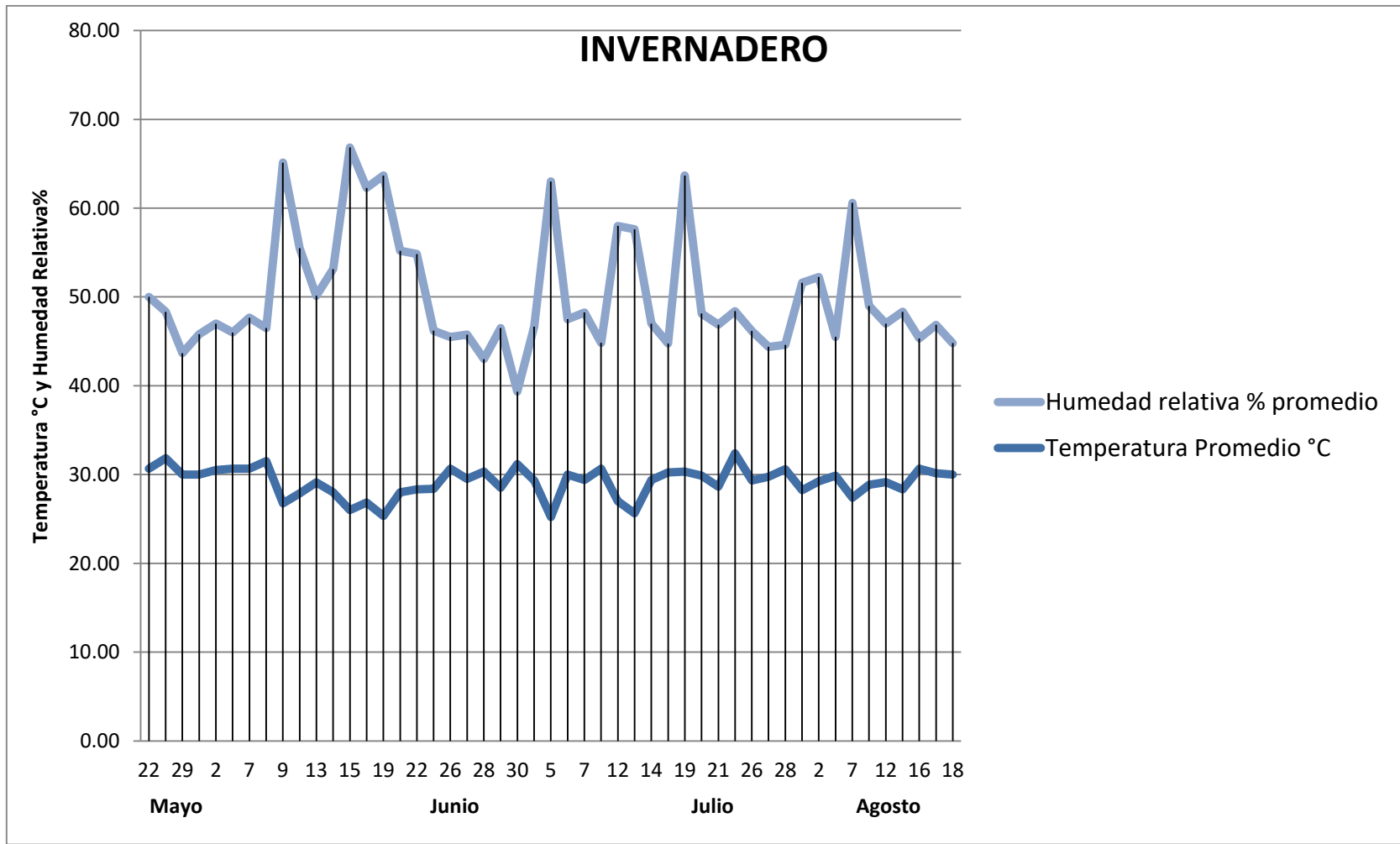
**Figura A-11.** Producción minitubérculos en tres densidades de siembra, variedad Granola. UES-CC. AA. Tesis 2017.



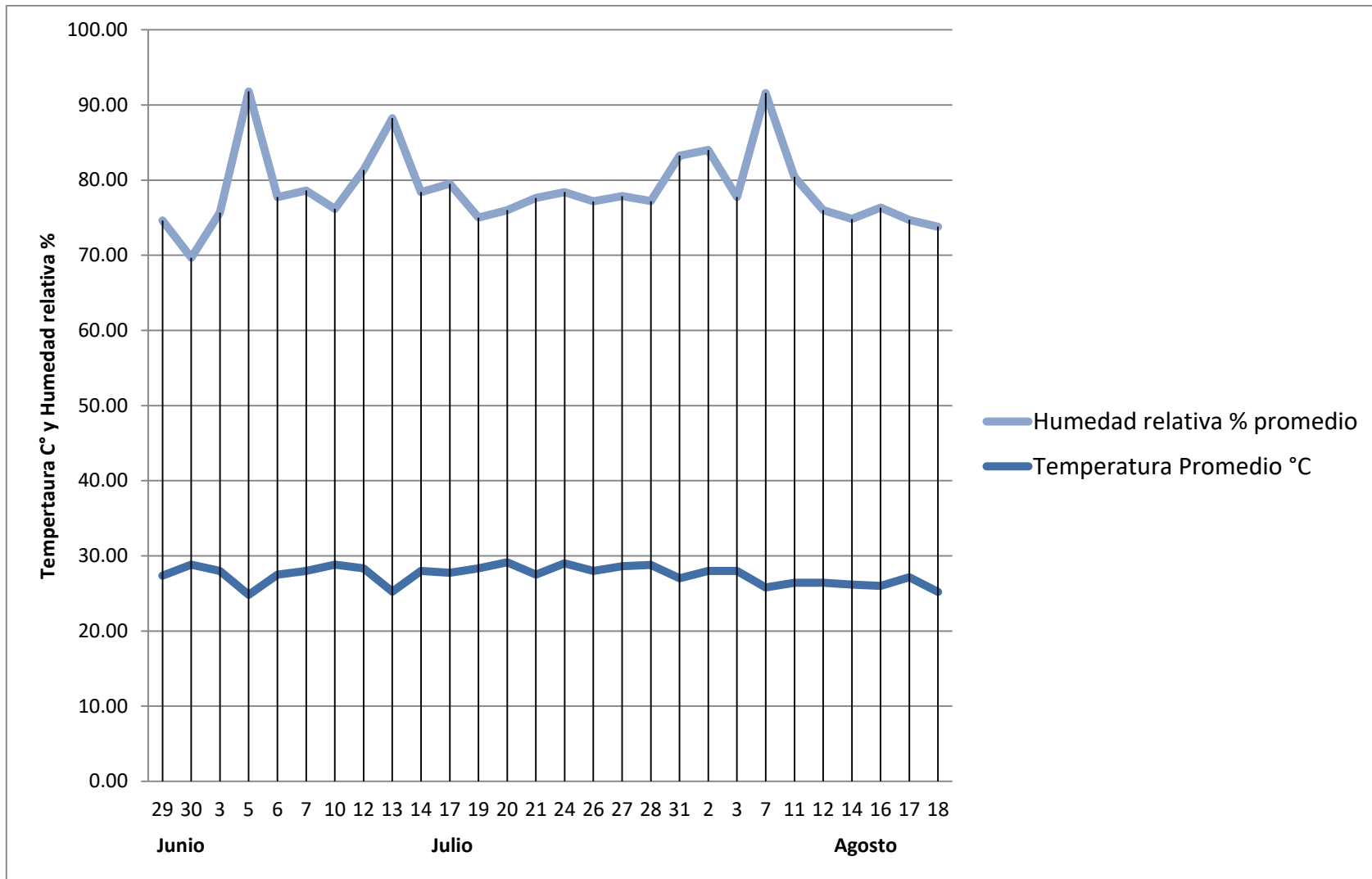
**Figura A-12.** Producción minitubérculos en dos combinaciones de sustrato, variedad Granola. UES-CC. AA. Tesis 2017.



**Figura A-13.** Producción minitubérculos categorización, variedad Granola. UES-CC. AA. Tesis 2017.



**Figura A-14.** Temperaturas y humedad relativa promedios. Datos registrado dentro del invernadero del cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.), UES-CC.AA. Tesis 2017.



**Figura A-15.** Temperaturas y humedad relativa promedios. Datos registrado de ambiente, fuera del invernadero del cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.), UES-CC.AA. Tesis 2017.