

# SISTEMA AEROPÓNICO Y SISTEMA ORGANOPÓNICO, PARA LA PRODUCCIÓN DE SEMILLA PRE-BÁSICA DE PAPA (*SOLANUM TUBEROSUM*) VARIEDAD PAPA BLANCA HOLANDESA, EN EL MUNICIPIO LIBERTADOR EDO. MÉRIDA. 2011

CHUECOS Marcel y MEJÍA Valentina. Tutor: SAN ROMAN G. Mario C.

Unidad Educativa Fundación Colegio "Monseñor Bosset". Mérida. Estado Mérida. 2011

## RESUMEN

Se realizó un estudio descriptivo bajo un diseño de comparación de los sistemas de cultivo aeropónico y organopónico, para la producción de semilla pre-básica de papa (*Solanum tuberosum*), variedad papa blanca holandesa. Se utilizaron treinta (30) plantas en cada sistema de cultivo, totalizando de esta manera una población constituida por sesenta (60) plantas. Las variables estudiadas para establecer la comparación de los dos sistemas fueron el peso de la semilla (gr), el tamaño de la semilla (diámetro mayor, mm) y el número de semillas de papa obtenidas por planta. En el método aeropónico se obtuvo un promedio de producción de 0.3 semillas por planta, 1.58 gr promedio en el peso de las mismas, junto con 4.49 mm de diámetro mayor promedio. Mientras que el método organopónico obtuvo una producción de 1.4 semillas por planta, 22.09 gr de masa promedio de la semilla y 22.34 mm de diámetro mayor en las mismas. Durante las siete (7) semanas de desarrollo de ambos cultivos, se midió adicionalmente el tamaño de las plantas en cada caso. Observándose ventajas en el crecimiento de las plantas del sistema aeropónico, expresadas a través de un promedio en crecimiento de 63.43 cm versus un promedio en crecimiento de 41.93 cm en las plantas organopónicas. Entre la tercera y cuarta semana se observó la aparición de síntomas de marchitez en las plantas de ambos sistemas. Posteriormente se determinó que se trataba de la bacteria *Ralstonia solanacearum*, la cual afectó considerablemente ambos cultivos siendo las consecuencias de mayor envergadura en el caso de aeroponía.

**Palabras claves:** Aeroponía, Organoponía, *Solanum tuberosum*, *Ralstonia solanacearum*

## INTRODUCCIÓN

El cultivo de la papa (*Solanum tuberosum*), especie perteneciente a la familia de las solanáceas, originaria de América del Sur y cultivada en todo el mundo por sus tubérculos comestibles, es de gran importancia para la agricultura de Venezuela, principalmente en la región andina, donde existen condiciones agroecológicas propias para su desarrollo.

La papa es el principal cultivo entre los que se sustenta la economía rural en los estados altos andinos del país como: Mérida, Trujillo, Táchira y Lara. La producción del Edo. Mérida (siendo la mayor) representa el 48,23% de la superficie con una producción promedio de 192,029 t/año. Así mismo se registra el

mayor rendimiento promedio nacional 23,412 Kg/ha. MAT(2004)

Para la producción de tubérculos en el país, se han utilizado diversas modalidades, entre las cuales se tiene la importación de semillas certificadas, la certificación nacional a partir de semillas importadas, la multiplicación certificada de las diferentes clases de semillas en el país, entre otras.

Existen varios problemas que limitan la producción sostenible de papa en el país entre ellos se pueden citar: poca disposición de semilla de buena calidad genética y sanitaria y dependencia de importación, escasas variedades adaptadas a la región, manejo agronómico

inadecuado, altos costos de producción, entre muchos más. (Franco, W. y Salas, J., 2003).

Por otra parte, los métodos convencionales de agricultura, como la organoponia tienen ciertas características físicas, ecológicas y sociales, las cuales hoy en día están llegando a sus límites. Se necesitan adoptar nuevas medidas que sean económicamente sustentables y ambientalmente sanas. El método aeropónico presenta una tecnología ecológica, eficiente y adaptable a los distintos medios, siendo la más reciente creación hasta ahora, en cuanto a la agricultura se trata.

Los cultivos organopónicos, son una técnica de cultivo establecida sobre sustratos preparados mezclando materiales orgánicos con capa vegetal, los cuales se colocan dentro de contenedores, camas, barbacoas o canteros y se instalan en lugares o espacios vacíos en las zonas densamente pobladas, donde el suelo resulta improductivo por diversas razones.

Uno de los principales inconvenientes derivados de la utilización del método organopónico, es la contaminación, dado que el mismo se caracteriza por el uso intensivo de pesticidas y herbicidas para control de patógenos, así como de fertilizantes entre otros agroquímicos, estos contaminan el sustrato donde se encuentran las plantas, conllevando un posible efecto en la salud del consumidor y del productor. Entre algunas de las enfermedades que suelen atacar el cultivo de la papa se encuentra la marchitez bacteriana (*Ralstonia solanacearum*) o pudrición parda, la cual es la enfermedad bacteriana más grave de la papa y que con frecuencia restringe la producción de este cultivo. Dadas estas consideraciones en organoponia, si el sustrato llega a estar muy contaminado, se debe proceder a una futura esterilización del mismo, la cual involucra altos costos, que obligan al productor a buscar otro tipo de sustrato en otra ubicación.

En contraste, la agricultura aeropónica es una tecnología limpia, ecológica, no contaminante, con alta productividad y eficiencia, especialmente adaptable y que ha surgido re-

cientemente como el sistema hidropónico más moderno, relacionado con universidades en la búsqueda de medios para el estudio y el desarrollo de técnicas aplicadas en la agricultura en condiciones de laboratorio. (Díaz et al, 2002)

Para este estudio, se propuso el desarrollo de un sistema aeropónico, ya que el cultivo no utiliza sustratos, sino que las raíces cuelgan en el aire o en niebla dentro de un ambiente aislado, en el cual se controla el riego de las mismas con sustancias nutritivas preestablecidas.

Las principales ventajas ecológicas de aeroponia son la conservación del agua y la energía. En comparación con la hidroponía, la aeroponía ofrece el agua y la energía con más bajos insumos por metro cuadrado de superficie de cultivo.

Investigaciones previas, han comparado el sistema de cultivo hidropónico y aeropónico para la producción de mini tubérculos de papa, pero no se conocen resultados de haber contrastado la producción, de semilla pre-básica de papa, de tipo *Solanum tuberosum*, cultivadas bajo el método organopónico y aeropónico, para determinar cuál es más eficiente. (Factor T. et al, 2007., Ritter, E. et al, 2001)

Córdova, R. 2005, planteó que los cultivos hidropónicos son una alternativa de producción de hortalizas, entre otros productos, por ser los que tienen algunas diferencias, como la ausencia de suelo, menor uso de pesticidas, mayor eficiencia de los fertilizantes. Además, se tiene la opción del sistema recirculante, que permite la reutilización de la solución aprovechando al máximo los nutrientes, y obteniendo una mayor eficiencia en el uso del agua.

Farran I. y Mingo-Castel A. 2006, cultivaron aeropónicamente plántulas de papa del cv Zorba a dos diferentes densidades (60 y 100 plantas por m<sup>2</sup>). Las plantas mostraron un período vegetativo extenso de cinco meses después de la siembra. Se obtuvo un gran número de estolones a baja densidad de plantas. La mayor productividad obtenida en este estudio fue de 800 mini tubérculos por m<sup>2</sup>, en cosechas semanales y a una baja densidad de plantas (60 plantas por m<sup>2</sup>).

Factor T. et al, 2007, evaluaron la producción de mini tubérculos pre-básicos de papa en tres sistemas hidropónicos: aeropónico, DFT (Técnica de flujo de fondo) y NFT (Técnica de la película de nutrientes), utilizando Agata y cultivares de Monalisa. El sistema aeropónico proporcionó la producción de un mayor número de mini tubérculos. Los sistemas de DFT y NFT se mostraron similares entre ellos.

Arias, D. et al, 2009, estudiaron en la Estación Experimental Santa Catalina del INIAP, a 3050 msnm, la producción de semilla pre básica de dos variedades de papa: v1= I-Fripapa; v2= Superchola a tres densidades: d1 = 17 plantas/m<sup>2</sup>; d2 = 30 plantas/m<sup>2</sup>; d3= 42 plantas/ m<sup>2</sup>, en un sistema aeropónico. Del análisis de resultados se determinó que, v2= Superchola fue la que mejor se adaptó al sistema aeropónico, debido, a que presentó rendimientos de 5.85 kg/m<sup>2</sup>, por planta 216.98 g/planta y 27.80 mini-tubérculos/planta, los mismos que son mayores, a los obtenidos por v1= Fripapa. En tanto que, la mejor densidad fue la d2 (30 plantas/m<sup>2</sup>)

El principal aporte de este trabajo de investigación, es determinar si el sistema aeropónico es más eficiente para la producción de la semilla pre-básica de papa de *Solanum tuberosum* en cuanto al peso, número y tamaño, en relación al tradicional sistema organopónico. Y de ser así, podría posteriormente recomendarse su implementación como un sistema alternativo para los productores de este rubro en la región.

#### **Objetivo General**

1. Comparar la técnica de la aeroponía para la producción de la semilla pre-básica de papa (*Solanum tuberosum*) variedad papa blanca holandesa, con el método de organoponía en el Municipio Libertador, Edo. Mérida.

#### **Objetivo Específico**

1. Implementar un sistema de cultivo aeropónico para la determinación de los requerimientos técnicos y ambientales necesarios para su adecuado funcionamiento.

2. Implementar un sistema de cultivo organopónico como sistema base de comparación.
3. Identificar las características del vegetal cultivado bajo el método aeropónico.
4. Identificar las características del vegetal cultivado bajo el método organopónico.
5. Comparar el peso, la cantidad y tamaño de las semillas de papa pre-básica (*Solanum tuberosum*) variedad papa blanca holandesa, producidas con el uso del sistema de cultivo aeropónico y organopónico.
6. Comparar el desarrollo de las plantas de ambos sistemas del cultivo a través del crecimiento de sus tallos

### **HIPÓTESIS**

1. Hipótesis Nula (H0): No existe diferencia entre los cultivos aeropónicos y organopónicos, en cuanto al peso, cantidad y tamaño de las semillas pre-básica de papa (*Solanum tuberosum*) de variedad papa blanca holandesa producidas, ni en cuanto al tamaño de los tallos.
2. Hipótesis Experimental (H1): Si existe diferencia entre los cultivos aeropónico y organopónico, en cuanto al peso, cantidad y tamaño de las semillas pre-básica de papa (*Solanum tuberosum*) y en cuanto al tamaño de los tallos de variedad papa blanca holandesa, producidas.

### **MÉTODO**

El presente estudio es de carácter descriptivo bajo un diseño de comparación. Es descriptivo, ya que se realizó la observación y cuantificación de las semillas obtenidas en los sistemas de cultivo, así como el crecimiento de las plantas cada semana. El diseño es de

comparación, puesto que se realizó una comparación de los sistemas de cultivo aeropónico y organopónico, para la producción de semilla pre-básica de papa (*Solanum tuberosum*) variedad papa blanca holandesa, según la cantidad, peso y tamaño de la misma.

## POBLACIÓN

Las 60 plántulas de papa, correspondientes a la especie "*Solanum tuberosum*" de variedad papa blanca holandesa, que serán plantadas en los dos sistemas a utilizar de la siguiente manera: 30 plántulas en el sistema aeropónico y 30 plántulas en el sistema organopónico.

## MUESTRA

- **Muestra A:** 30 plántulas de papa, correspondientes a la especie "*Solanum tuberosum*" de variedad papa blanca holandesa, que serán sometidas al proceso de cultivo organopónico.
- **Muestra B:** 30 plántulas de papa, correspondientes a la especie "*Solanum tuberosum*" de variedad papa blanca holandesa, que serán sometidas al proceso de cultivo aeropónico.

## PROCEDIMIENTO

### Primera etapa

#### Instalación de la infraestructura requerida por los sistemas de cultivo

Los materiales requeridos para la instalación del sistema aeropónico, se detallan en la lista que se presenta a continuación:

- Base metálica de tubo pulido de 1 pulgada, para la sujeción de las láminas de poliestireno medio del cual colgarán las plantas (ver Anexo 3).
- Bomba hidráulica tipo Hidrocompacto encapsulado de 1/2 hp, 125 watts.

- Módulo de Lógica Inteligente "LOGOI", Siemens Plc Logo 230rc. Dispositivo que controlan de forma programada los ciclos de encendido y apagado de la bomba. (ver Anexo 4).
- Tanque plástico de almacenamiento de la solución nutritiva de 208 litros.
- Siete (7) micro-aspersores. (ver Anexo 5).
- Tuberías de PVC, de 1/2 pulgada.
- Seis (6) metros de manguera cristal de 1/2 pulgada
- Válvula solenoide de dos (2) vías, 12 watts.
- Conexiones PVC (codos, tees, nipples, adaptadores, reductores y conectores).
- Filtro de acero inoxidable de media pulgada.
- Dos (2) llaves de paso plásticas de 1/2 pulgada.
- Cuatro (4) metros de cable eléctrico TH N° 12.
- Tres (3) láminas de poliestireno (anime) de 4cm de espesor.
- Nueve (9) metros de plástico transparente.
- Cinco (5) metros de plástico negro.
- Diez (10) metros de cubierta plástica para techo de invernadero.
- Tres (3) metros de malla sombra 65%.
- 
- Los materiales requeridos para la instalación del sistema organopónico fueron los siguientes:
- 
- Base metálica o contenedor del sustrato, elaborada con tubos pulidos y una pipa metálica de 200 litros cortada longitudinalmente. (ver Anexo 6)
- Sustrato (tierra abonada o compost).

Ambos sistemas fueron regados con la misma solución nutritiva (Solución Hoagland), la cual estaba compuesta por:

- 400 ml de  $MgSO_4 \cdot H_2O$  (Sulfato de Magnesio) a una concentración de 500x.
- 1l de  $KNO_3$  (Nitrato de Potasio), a una concentración de 200x.

- 200 ml de  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4(\text{H}_2\text{O})$  (Nitrato de Calcio), a una concentración de 1000x.
- 200 ml de  $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$  (Fosfato Monoamónico), a una concentración de 1000x.
- 200 ml de  $\text{FeSO}_4 \cdot 7(\text{H}_2\text{O})$  (Sulfato de Hierro), a una concentración de 1000x.
- 200 ml de Micronutrientes, a una concentración de 1000x.

### **Funcionamiento del sistema aeropónico.**

El funcionamiento del sistema se inició con la extracción de la solución nutritiva que se encontraba en el tanque de almacenamiento, mediante la bomba hidráulica encargada de impulsar dicha solución a través de la tubería de PVC que conectaba a su vez con la línea de micro-aspersores, cuyos chorros bañaban las raíces con la solución, las cuales se encontraban suspendidas de las láminas de poliestireno en un ambiente cerrado por plásticos transparentes, los cuales a la vez que ofrecían aislamiento del exterior e impedían la pérdida de la solución, permitían la observación de las raíces. El aislamiento lumínico de las raíces se logró mediante la colocación de plásticos negros sujetos a la base metálica. El ciclo de encendido y apagado de la bomba se controló por el dispositivo "LOGOI" el cual se programó para ciclos de 10 segundos de encendido cada 10 minutos, mediante la conexión de la válvula solenoide.

Al escurrir las raíces, la solución fue recolectada por una bandeja metálica dispuesta en la base del sistema que conectada a una manguera de retorno, conducía la solución nuevamente al tanque de almacenamiento, lo cual permitía el riego continuado y sostenido del cultivo.

La solución Hoagland se renovó cada treinta (30) días, para mantener la concentración y pureza de la misma.

### **Funcionamiento del sistema organopónico.**

En el sistema organopónico el riego de las plantas se realizó de manera manual con la misma solución nutritiva Hoagland, extraída del tanque de almacenamiento mediante una derivación de tubería PVC con llave de chorro, dejada exclusivamente con este propósito. El riego en este sistema se efectuó una vez al día, con un volumen suficiente de solución para mantener el sustrato permanentemente húmedo. La solución, producto del escurrimiento del cultivo, se recolectó en una bandeja metálica en la base del sistema, y se desechó.

### **Plantación**

Las plántulas objeto del presente estudio, fueron grelos extraídos de semillas provenientes de micro plantas, sembradas en casas de cultivo con sustrato estéril. Las cuales fueron donadas por el Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA).

Teniendo en cuenta los datos de población y muestra idónea, se sembraron 30 plántulas en cada sistema, las cuales tenían su espacio preestablecido.

### **Segunda etapa**

#### **Seguimiento de los cultivos**

Posteriormente a la siembra de las plántulas en ambos sistemas, se llevó a cabo el seguimiento, supervisión y documentación fotográfica del crecimiento de las mismas a lo largo del estudio. Periódicamente (cada semana), se tomaron medidas del tallo de las plantas, para llevar de esta manera, un registro sistemático de su desarrollo.

Alrededor del décimo día se empezó a notar la marchitez de dos plantas, cultivadas bajo el sistema organopónico. En el catorceavo día, se extrajeron ambas plantas debido a su muerte. Ante la sospecha de marchitez por causa bacteriana, se realizó una prueba de observación a fin de constatar la presencia del fluido filamentoso de color blanco lechoso

típico, que emana de los haces vasculares al cortar y sumergir un pedazo del tallo en agua limpia, cuando la bacteria *Ralstonia Solanacerum* está presente.

Efectivamente, a los pocos minutos de la introducción del tallo en el agua, se pudo observar con facilidad dicho flujo. Dado el resultado positivo de esta prueba física, se prescribieron pruebas fitopatológicas de laboratorio posteriores, a fin de determinar categóricamente la existencia de la bacteria.

Durante el transcurso de la tercera semana, se observó la aparición de flores en las plantas en ambos sistemas de cultivo, la cantidad de flores fue mayor en las plantas aeropónicas que en las organopónicas, de tal manera que la relación era de 23 a 3 plantas con flores, respectivamente. Las flores debían ser cortadas del tallo (castradas), para que la planta enfocara su desarrollo en las semillas y no en la flor.

En el transcurso de las semanas siguientes, se observó que la marchitez progresaba a paso diferente en ambos sistemas, siendo ésta más acelerada en el aeropónico que en el organopónico. Especialmente, a partir de la cuarta semana, durante la cual se experimentó aumento de la temperatura ambiental. Llegando a alcanzar 35 °C dentro del ambiente donde se desarrollaban las raíces del sistema aeropónico, mientras que el sustrato donde se desarrollaban las raíces del sistema organopónico, se encontraba a 23 °C.

Se continuó con el seguimiento y supervisión de las plantas hasta la semana número siete (7), a los cuarenta y ocho (48) días de la siembra. Allí se determinó que el sistema aeropónico en el cual no se observaban semillas, difícilmente sobreviviría al ataque de la enfermedad bacteriana. Se decidió entonces, proceder a la cosecha, por lo cual a partir de esa fecha se suspendió el riego en el sistema organopónico a fin de que las plantas enfocaran sus últimos nutrientes en el desarrollo de semillas.

#### **Recolección de las semillas**

Al llegar el tiempo establecido para la cosecha, a los cincuenta y seis (56) días, las

plantas cultivadas de forma aeropónica, no habían producido semilla alguna, pero si se observaba que los estolones de estas plantas habían comenzado el "llenado" para la formación de la misma. Luego de ser cosechadas las semillas del sistema organopónico, se procedió a registrar el número, peso (gr) y diámetro mayor (mm).

Seis (6) días después de la recolección de las semillas, se realizó un estudio a las plantas de ambos sistemas para determinar experimentalmente la causa de muerte de las plantas. Cuando se desmontó el sistema aeropónico para la extracción de sus plantas, se recolectaron las semillas que estas habían producido. Siendo las características de las mismas (número de semillas, peso y diámetro mayor) registradas de igual forma en las tablas de recolección de datos.

### **Tercera etapa**

#### **Estudio fitopatológico**

El estudio fitopatológico que se le realizó a las muestras se llevó a cabo siguiendo los pasos establecidos en el "Kit ELISA-NCM para la detección de *Ralstonia Solanacerum* papa" del Centro Internacional de la Papa, 2001. Este consistía en cortar un trozo de tallo, esterilizarlo y colocarlo en un medio de Citrato de Sodio en una bolsa. Después, este trozo de tallo se maceraba y se extraían 50 µL de esta solución y se colocaban en un pequeño recipiente con 450 µL de un caldo de enriquecimiento SMSA, el cual contenía 7 antibióticos distintos (ver Anexo 15). Se procedió a incubar dichas soluciones por cinco días, para luego colocar 25 µL en placas con una membrana de agar para permitir la proliferación de las colonias de bacterias. Dichas placas se incubaron por 2 días, para proceder a la observación de las bacterias presentes en las plantas del estudio, por medio del uso de microscopios (ver Anexo 16).

### **Cuarta etapa**

#### **Metodología estadística**

Posteriormente se procedió a realizar el

análisis y discusiones de los resultados. Para ello se establecieron comparaciones, similitudes y diferencias entre los datos de cada cultivo, aeropónico y organopónico.

Como paso final, se elaboraron conclusiones y se hicieron recomendaciones acerca de la aplicación o no de la técnica de aeroponía en la región.

## RESULTADOS

### CANTIDAD DE SEMILLAS PRODUCIDAS.

TABLA N° 1.  
SEMILLAS PRODUCIDAS POR PLANTA MEDIANTE LA APLICACIÓN DE AMBOS SISTEMAS.

Número de planta	Organoponía	Aeroponía
Planta 1	3	0
Planta 2	2	0
Planta 3	3	0
Planta 4	1	0
Planta 5	1	0
Planta 6	1	0
Planta 7	2	4
Planta 8	2	0
Planta 9	2	0
Planta 10	2	1
Planta 11	1	1
Planta 12	1	0
Planta 13	2	0
Planta 14	0	0
Planta 15	0	0
Planta 16	2	0
Planta 17	0	0
Planta 18	1	0
Planta 19	2	0
Planta 20	2	0
Planta 21	2	0
Número de planta	Organoponía	Aeroponía
Planta 22	2	1
Planta 23	1	0
Planta 24	1	2
Planta 25	0	0
Planta 26	2	0
Planta 27	3	0
Planta 28	2	0
Planta 29	1	0
Planta 30	0	0

La mayor cantidad de semillas pre-básicas de papa (*Solanum tuberosum*), variedad papa blanca holandesa, se produjo en el sistema de cultivo organopónico.

FIGURA N° 1. COMPARACIÓN DE LAS SEMILLAS PRODUCIDAS POR PLANTA MEDIANTE LA APLICACIÓN DE AMBOS SISTEMAS.



FIGURA N° 2. HISTOGRAMA DE FRECUENCIA DE LA CANTIDAD DE SEMILLAS PRODUCIDAS POR PLANTA EN EL SISTEMA AEROPÓNICO.

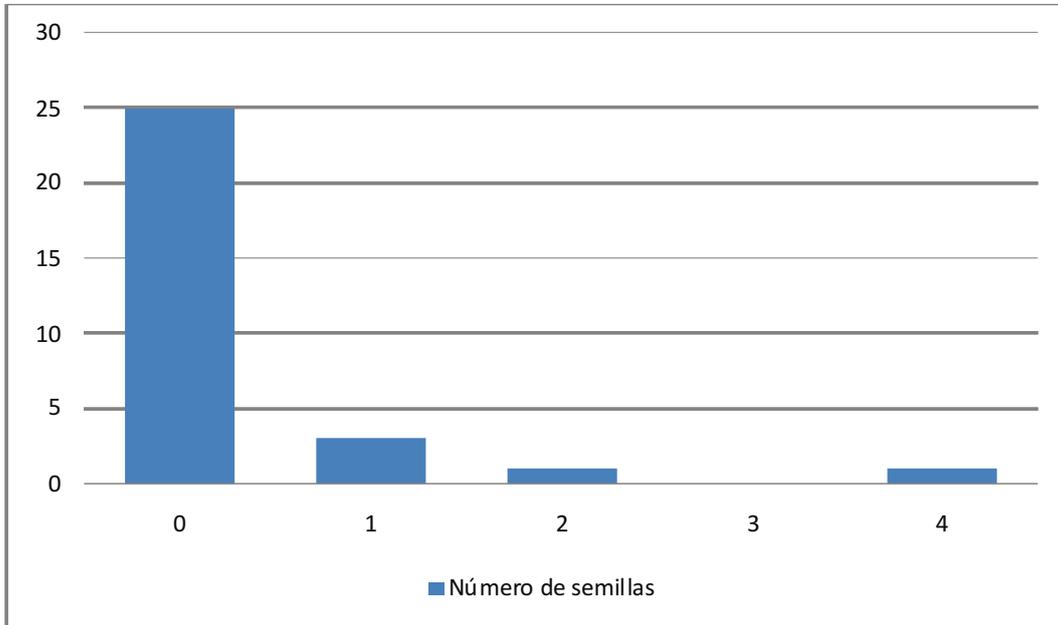
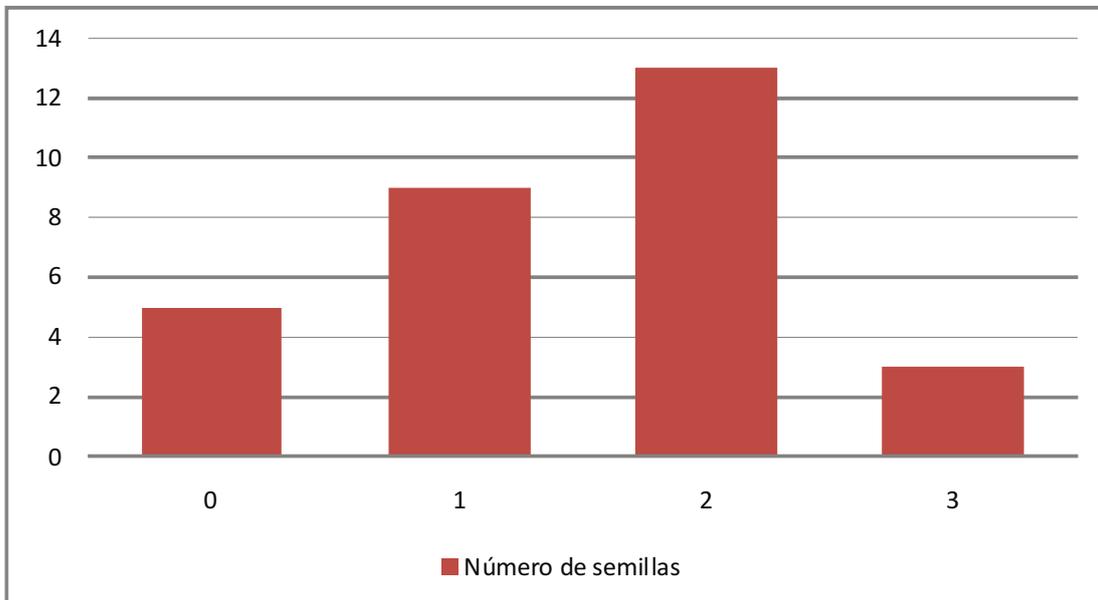


FIGURA N° 3. HISTOGRAMA DE FRECUENCIA DE LA CANTIDAD DE SEMILLAS PRODUCIDAS POR PLANTA EN EL SISTEMA ORGANOPÓNICO.



**PESO DE LAS SEMILLAS PRODUCIDAS.**

TABLA N° 2. PESO TOTAL DE LAS SEMILLAS PRODUCIDAS POR PLANTA MEDIANTE LA APLICACIÓN DE AMBOS SISTEMAS.

Número de planta	Organoponía	Aeroponia
Planta 1	57.2	0
Planta 2	46.5	0
Planta 3	15.9	0
Planta 4	23.6	0
Planta 5	16	0
Planta 6	23	0
Planta 7	2.6	25.1
Planta 8	33.1	0
Planta 9	41.1	0
Planta 10	33.7	8.4
Planta 11	45.1	5.8
Planta 12	11.8	0
Planta 13	18.1	0
Planta 14	0	0
Planta 15	0	0
Planta 16	36.6	0
Planta 17	0	0
Planta 18	16	0
Planta 19	51	0
Planta 20	24	0
Planta 21	17.7	0
Planta 22	27.2	6.3
Número de planta	Organoponía	Aeroponia
Planta 23	8.8	0
Planta 24	26.5	1.8
Planta 25	0	0
Planta 26	11	0
Planta 27	53.9	0
Planta 28	16.9	0
Planta 29	5.5	0
Planta 30	0	0

El mayor peso de las semillas pre-básicas de papa (*Solanum tuberosum*), variedad papa blanca holandesa, se produjo en el sistema de cultivo organopónico.

FIGURA N° 4. COMPARACIÓN DEL PESO TOTAL DE LAS SEMILLAS PRODUCIDAS POR PLANTA MEDIANTE LA APLICACIÓN DE AMBOS SISTEMAS.



FIGURA 5. HISTOGRAMA DE FRECUENCIA DEL PESO TOTAL DE LAS SEMILLAS PRODUCIDAS POR PLANTA EN EL SISTEMA AEROPÓNICO

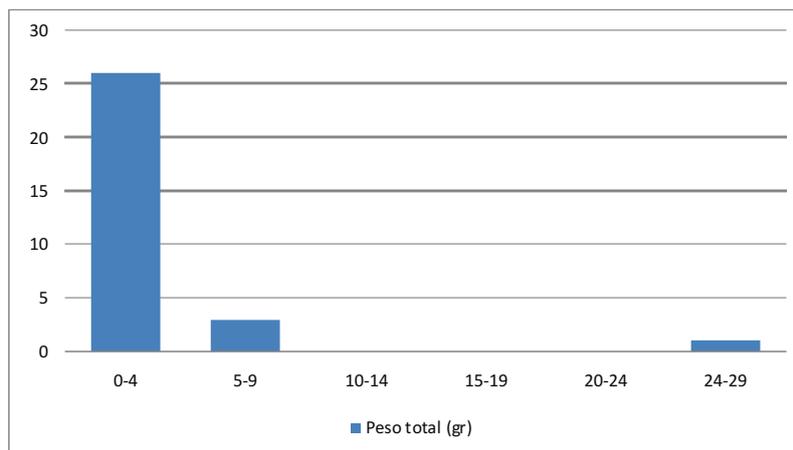
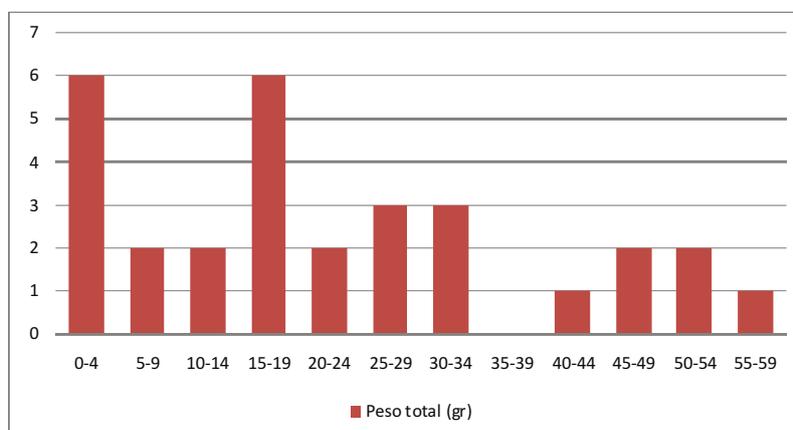


FIGURA N° 6. HISTOGRAMA DE FRECUENCIA DEL PESO TOTAL DE LAS SEMILLAS PRODUCIDAS POR PLANTA EN EL SISTEMA ORGANOPÓNICO.



**TAMAÑO DE LAS SEMILLAS PRODUCIDAS.**

TABLA N° 3 TAMAÑO PROMEDIO DE LAS SEMILLAS PRODUCIDAS POR PLANTA MEDIANTE LA APLICACIÓN DE AMBOS SISTEMAS.

<b>Número por planta</b>	<b>Organoponia</b>	<b>Aeroponía</b>
Planta 1	35.4	0
Planta 2	38.35	0
Planta 3	22	0
Planta 4	40.6	0
Planta 5	33.8	0
Planta 6	39.3	0
Planta 7	12.4	19.97
Planta 8	27.65	0
Planta 9	38.1	0
Planta 10	35.25	29
Planta 11	50.8	36
Planta 12	32.6	0
Planta 13	28.05	0
Planta 14	0	0
Planta 15	0	0
Planta 16	36.65	0
Planta 17	0	0
Planta 18	36.5	0
Planta 19	41.55	0
Planta 20	26.7	0
Planta 21	29.3	0
Planta 22	33.75	35.2
<b>Número por planta</b>	<b>Organoponia</b>	<b>Aeroponía</b>
Planta 23	28.3	0
Planta 24	43	12.7
Planta 25	0	0
Planta 26	20.8	0
Planta 27	37.06	0
Planta 28	29.3	0
Planta 29	23	0
Planta 30	0	0

El mayor tamaño promedio de las semillas pre-básicas de papa (*Solanum tuberosum*), variedad papa blanca holandesa, se alcanzó en el sistema de cultivo organopónico.

FIGURA N° 7: COMPARACIÓN DEL TAMAÑO PROMEDIO DE LAS SEMILLAS PRODUCIDAS POR PLANTA MEDIANTE LA APLICACIÓN DE AMBOS SISTEMAS.



FIGURA N° 8. HISTOGRAMA DE FRECUENCIA DEL TAMAÑO PROMEDIO DE LAS SEMILLAS PRODUCIDAS POR PLANTA EN EL SISTEMA AEROPÓNICO.

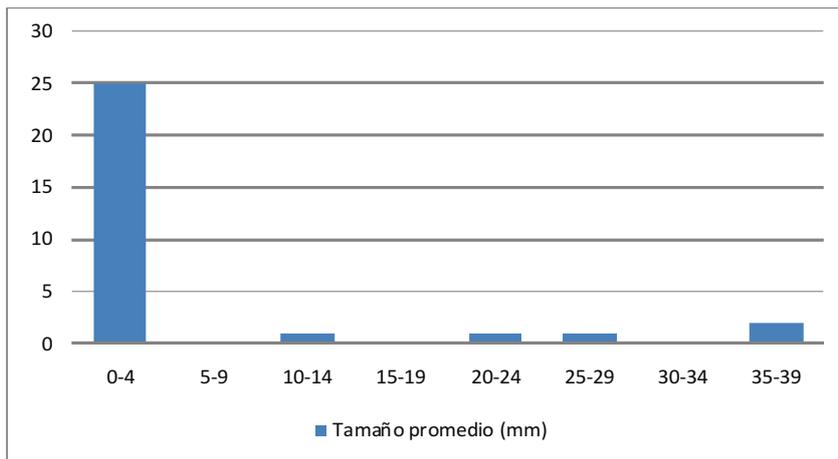
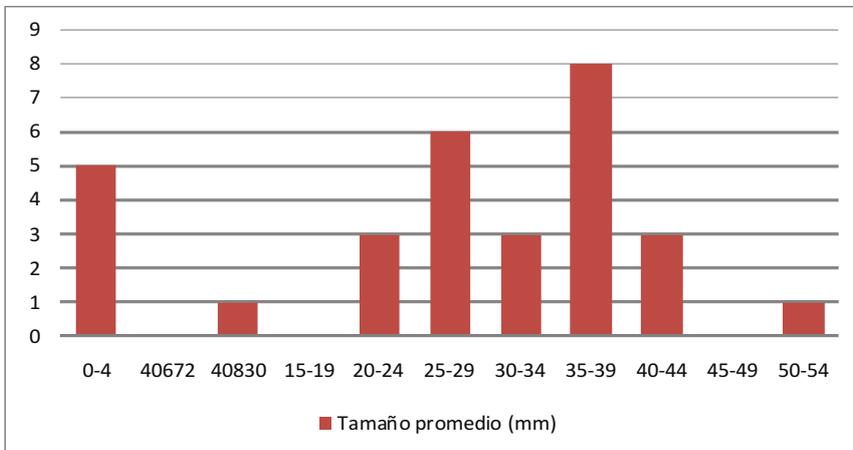


FIGURA N° 9. HISTOGRAMA DE FRECUENCIA DEL TAMAÑO PROMEDIO DE LAS SEMILLAS PRODUCIDAS POR PLANTA EN EL SISTEMA AEROPÓNICO.



CRECIMIENTO ACUMULADO DE CADA PLANTA

TABLA N° 4. CRECIMIENTO ACUMULADO DE CADA PLANTA MEDIANTE LA APLICACIÓN DE AMBOS SISTEMAS.

<b>Número de planta</b>	<b>Organoponía</b>	<b>Aeroponía</b>
Planta 1	51	58
Planta 2	51	61
Planta 3	38	53
Planta 4	53	73
Planta 5	60	77
Planta 6	56	75
Planta 7	48	68
Planta 8	51	73
Planta 9	41.5	84
Planta 10	49	76
Planta 11	47	76
Planta 12	38	74
Planta 13	31	62
Planta 14	27	73
Planta 15	23	57
Planta 16	53	48
Planta 17	46	54
Planta 18	51	55
Planta 19	52	38
Planta 20	53	67
Planta 21	35	51
Planta 22	37	64
<b>Número de planta</b>	<b>Organoponía</b>	<b>Aeroponía</b>
Planta 23	43	76
Planta 24	23	68
Planta 25	8	74
Planta 26	48	70
Planta 27	48	73
Planta 28	42	48
Planta 29	45	37
Planta 30	9.5	40

El mayor crecimiento final de cada planta se alcanzó en el sistema de cultivo aeropónico.

FIGURA N° 10: COMPARACIÓN DEL CRECIMIENTO ACUMULADO DE CADA PLANTA MEDIANTE LA APLICACIÓN DE AMBOS SISTEMAS.

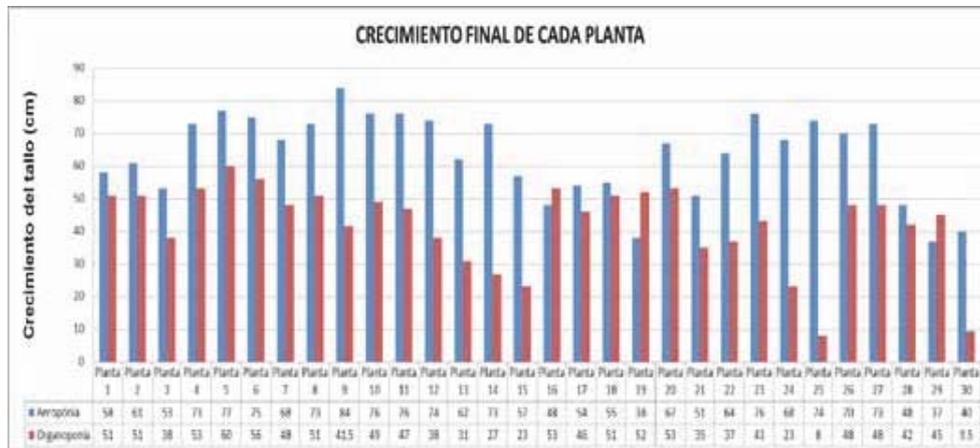


FIGURA N° 11. HISTOGRAMA DE FRECUENCIA DEL CRECIMIENTO ACUMULADO DE CADA PLANTA EN EL SISTEMA AEROPÓNICO.

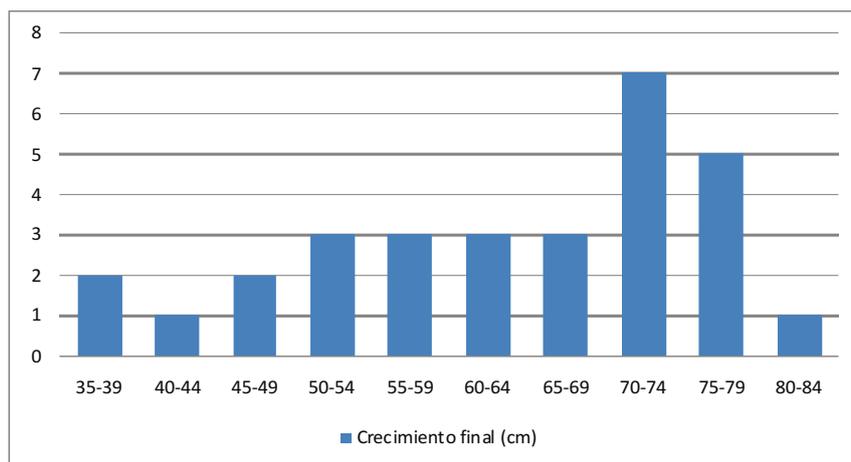


FIGURA N° 12. HISTOGRAMA DE FRECUENCIA DEL CRECIMIENTO ACUMULADO DE CADA PLANTA EN EL SISTEMA ORGANOPÓNICO.

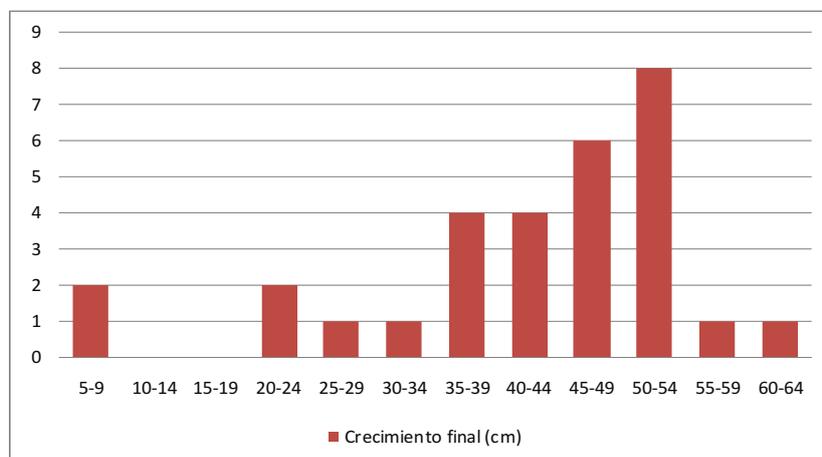
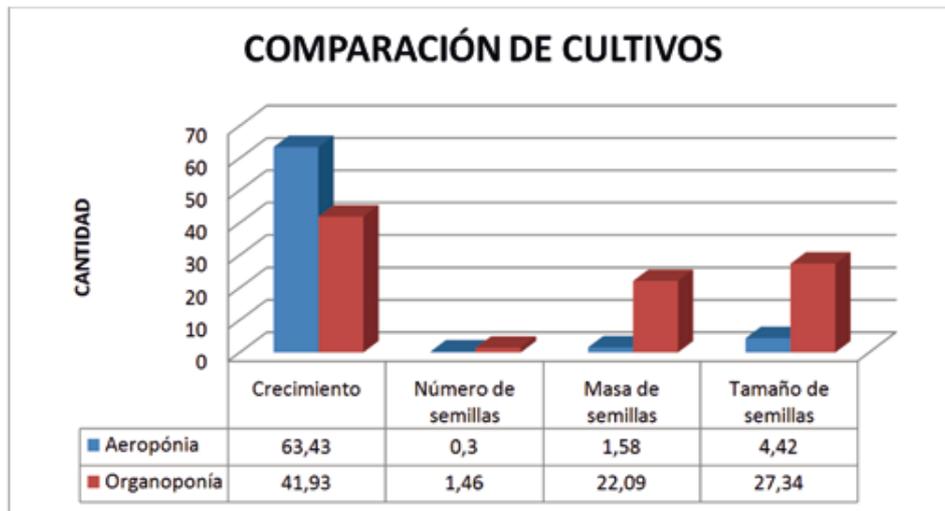


FIGURA N° 13: COMPARACIÓN DE DATOS PROMEDIO DE LAS VARIABLES ESTUDIADAS.



**Determinación de las muestras independientes a través de la t de student, utilizando como dato el crecimiento acumulado de cada planta.**

Se realizó la correlación estadística t de Student, para determinar si los dos sistemas utilizados son independientes uno del otro o no.

Donde:

$$t - Student = \frac{(\bar{X} - \bar{Y})}{\sqrt{\frac{Sx^2}{n} + \frac{Sy^2}{m}}}$$

$\bar{X}$  : Promedio de la altura final de los tallos de las plantas cultivadas mediante el sistema aeropónico.

$\bar{Y}$  : Promedio de la altura final de los tallos de las plantas cultivadas mediante el sistema organopónico.

$n$  : Números de plantas cultivadas mediante el sistema aeropónico.

$m$  : Números de plantas cultivadas mediante el sistema organopónico.

Procedimiento:

$$\bar{X}: 63.43$$

$$\bar{Y}: 41.93$$

$$n: 30$$

$$S\bar{x} = \frac{1}{23} * \sum(63.43 - xi)^2 m: 30$$

$$S\bar{x} = \frac{1}{n} * \sum(\bar{x} - xi)^2$$

$$S\bar{y} = \frac{1}{m} * \sum(\bar{y} - yi)^2$$

TABLA N° 5. SUMATORIA DE Sx

$(63.43 - 58)^2 = 29.48$	$(63.43 - 84)^2 = 423.12$	$(63.43 - 54)^2 = 88.92$
$(63.43 - 61)^2 = 5.9$	$(63.43 - 76)^2 = 158$	$(63.43 - 55)^2 = 71.06$
$(63.43 - 53)^2 = 108.78$	$(63.43 - 76)^2 = 158$	$(63.43 - 38)^2 = 646.68$
$(63.43 - 73)^2 = 91.58$	$(63.43 - 74)^2 = 111.72$	$(63.43 - 67)^2 = 12.74$
$(63.43 - 77)^2 = 184.14$	$(63.43 - 62)^2 = 2.04$	$(63.43 - 51)^2 = 154.5$
$(63.43 - 75)^2 = 133.86$	$(63.43 - 73)^2 = 91.58$	$(63.43 - 64)^2 = 0.32$
$(63.43 - 68)^2 = 20.88$	$(63.43 - 57)^2 = 41.34$	$(63.43 - 76)^2 = 158$
$(63.43 - 73)^2 = 91.58$	$(63.43 - 48)^2 = 238.08$	$(63.43 - 68)^2 = 20.88$
$(63.43 - 74)^2 = 111.72$	$(63.43 - 73)^2 = 91.58$	$(63.43 - 37)^2 = 698.54$
$(63.43 - 70)^2 = 43.16$	$(63.43 - 48)^2 = 238.08$	$(63.43 - 40)^2 = 648.96$
<b>Total: 4775.22</b>		

$$S\bar{x} = \frac{3220,45}{30}$$

$$S\bar{x} = 159.174$$

$$S\bar{x} = \sqrt{159.174}$$

$$S\bar{x} = 12.61$$

$$S\bar{y} = \frac{1}{23} * \sum (41.93 - x_i)^2$$

TABLA N° 6. SUMATORIO DE Sx

$(41.93 - 51)^2 = 82.26$	$(41.93 - 47)^2 = 25.7$	$(41.93 - 35)^2 = 48.02$
$(41.93 - 51)^2 = 82.26$	$(41.93 - 38)^2 = 15.44$	$(41.93 - 37)^2 = 24.3$
$(41.93 - 38)^2 = 15.44$	$(41.93 - 31)^2 = 119.46$	$(41.93 - 43)^2 = 1.14$
$(41.93 - 53)^2 = 122.54$	$(41.93 - 27)^2 = 222.9$	$(41.93 - 23)^2 = 358.34$
$(41.93 - 60)^2 = 326.52$	$(41.93 - 23)^2 = 358.34$	$(41.93 - 8)^2 = 1151.24$
$(41.93 - 56)^2 = 197.96$	$(41.93 - 53)^2 = 122.54$	$(41.93 - 48)^2 = 36.84$
$(41.93 - 48)^2 = 36.84$	$(41.93 - 46)^2 = 16.56$	$(41.93 - 48)^2 = 36.84$
$(41.93 - 51)^2 = 82.26$	$(41.93 - 51)^2 = 82.26$	$(41.93 - 42)^2 = 0.0049$
$(41.93 - 41.5)^2 = 0.18$	$(41.93 - 52)^2 = 101.40$	$(41.93 - 45)^2 = 9.42$
$(41.93 - 49)^2 = 49.98$	$(41.93 - 53)^2 = 122.54$	$(41.93 - 9.5)^2 = 1051.7$
<b>Total: 4501.22</b>		

$$S\bar{y} = \frac{4501.22}{30}$$

$$S\bar{y} = 163.37$$

$$S\bar{y} = \sqrt{163,37}$$

$$S\bar{y} = 12.78$$

$$t - student = \frac{(63.43 - 41.93)}{\sqrt{\frac{63.43}{30} + \frac{41.93}{30}}}$$

$$t - student = \frac{21.5}{\sqrt{0.42 + 0.42}}$$

$$t - student = \frac{21.5}{\sqrt{0.84}}$$

$$t - student = \frac{21.5}{0.91}$$

$$t - student = 23.62$$

#### Cálculos de grados de libertad:

Dónde:  $t-student=23.62$

$F$ : Grados de libertad

$m$ : Números de plantas cultivadas mediante el sistema aeropónico.

$n$ : Números de plantas cultivadas mediante el sistema organopónico.

Procedimiento:

$$F=(30+30)-2$$

$$F=60-2$$

$$F=58$$

Para determinar la  $t$  – crítica necesaria para la comparación entre las dos muestras, se utiliza una tabla  $t$  de Student, en donde se tomará el 0.05 de probabilidad que representa el 5% de igualdad entre ambos sistemas, y 58 grados de libertad.

TABLA 7. TABLA T DE STUDENT.

Grados de libertad	0.25	0.1	0.05	0.025	0.01	0.005
1	1.0000	3.0777	6.3137	12.7062	31.8210	63.6559
2	0.8165	1.8856	2.9200	4.3027	6.9645	9.9250
3	0.7649	1.6377	2.3534	3.1824	4.5407	5.8408
4	0.7407	1.5332	2.1318	2.7765	3.7469	4.6041
5	0.7267	1.4759	2.0150	2.5706	3.3649	4.0321
6	0.7176	1.4398	1.9432	2.4469	3.1427	3.7074
7	0.7111	1.4149	1.8946	2.3646	2.9979	3.4995
8	0.7064	1.3968	1.8595	2.3060	2.8965	3.3554
9	0.7027	1.3830	1.8331	2.2622	2.8214	3.2498
10	0.6998	1.3722	1.8125	2.2281	2.7638	3.1693
11	0.6974	1.3634	1.7959	2.2010	2.7181	3.1058
12	0.6955	1.3562	1.7823	2.1788	2.6810	3.0545
13	0.6938	1.3502	1.7709	2.1604	2.6503	3.0123
14	0.6924	1.3450	1.7613	2.1448	2.6245	2.9768
15	0.6912	1.3406	1.7531	2.1315	2.6025	2.9467
16	0.6901	1.3368	1.7459	2.1199	2.5835	2.9208
17	0.6892	1.3334	1.7396	2.1098	2.5669	2.8982
18	0.6884	1.3304	1.7341	2.1009	2.5524	2.8784
19	0.6876	1.3277	1.7291	2.0930	2.5395	2.8609
20	0.6870	1.3253	1.7247	2.0860	2.5280	2.8453
21	0.6864	1.3232	1.7207	2.0796	2.5176	2.8314
22	0.6858	1.3212	1.7171	2.0739	2.5083	2.8188
23	0.6853	1.3195	1.7139	2.0687	2.4999	2.8073
24	0.6848	1.3178	1.7109	2.0639	2.4922	2.7970
25	0.6844	1.3163	1.7081	2.0595	2.4851	2.7874
26	0.6840	1.3150	1.7056	2.0555	2.4786	2.7787
27	0.6837	1.3137	1.7033	2.0518	2.4727	2.7707
28	0.6834	1.3125	1.7011	2.0484	2.4671	2.7633
29	0.6830	1.3114	1.6991	2.0452	2.4620	2.7564
30	0.6828	1.3104	1.6973	2.0423	2.4573	2.7500
31	0.6825	1.3095	1.6955	2.0395	2.4528	2.7440
32	0.6822	1.3086	1.6939	2.0369	2.4487	2.7385
33	0.6820	1.3077	1.6924	2.0345	2.4448	2.7333
34	0.6818	1.3070	1.6909	2.0322	2.4411	2.7284
35	0.6816	1.3062	1.6896	2.0301	2.4377	2.7238
36	0.6814	1.3055	1.6883	2.0281	2.4345	2.7195
37	0.6812	1.3049	1.6871	2.0262	2.4314	2.7154
38	0.6810	1.3042	1.6860	2.0244	2.4286	2.7116
39	0.6808	1.3036	1.6849	2.0227	2.4258	2.7079
40	0.6807	1.3031	1.6839	2.0211	2.4233	2.7045
41	0.6805	1.3025	1.6829	2.0195	2.4208	2.7012
42	0.6804	1.3020	1.6820	2.0181	2.4185	2.6981
43	0.6802	1.3016	1.6811	2.0167	2.4163	2.6951
44	0.6801	1.3011	1.6802	2.0154	2.4141	2.6923
45	0.6800	1.3007	1.6794	2.0141	2.4121	2.6896
46	0.6799	1.3002	1.6787	2.0129	2.4102	2.6870
47	0.6797	1.2998	1.6779	2.0117	2.4083	2.6846
48	0.6796	1.2994	1.6772	2.0106	2.4066	2.6822
49	0.6795	1.2991	1.6766	2.0096	2.4049	2.6800
50	0.6794	1.2987	1.6759	2.0086	2.4033	2.6778
51	0.6793	1.2984	1.6753	2.0076	2.4017	2.6757
52	0.6792	1.2980	1.6747	2.0066	2.4002	2.6737
53	0.6791	1.2977	1.6741	2.0057	2.3988	2.6718
54	0.6791	1.2974	1.6736	2.0049	2.3974	2.6700
55	0.6790	1.2971	1.6730	2.0040	2.3961	2.6682
56	0.6789	1.2969	1.6725	2.0032	2.3948	2.6665
57	0.6788	1.2966	1.6720	2.0025	2.3936	2.6649
58	0.6787	1.2963	1.6716	2.0017	2.3924	2.6633
59	0.6787	1.2961	1.6711	2.0010	2.3912	2.6618
60	0.6786	1.2958	1.6706	2.0003	2.3901	2.6603

A partir de esta tabla se determinó que la  $t$  crítica era 1.6716, por lo tanto se puede determinar que:

$$t\text{-Student} > t\text{-Crítica}$$

## ANÁLISIS Y DISCUSIÓN

La comparación de los valores promedio obtenidos por planta para las variables dependientes estudiadas, número de semillas, peso de semillas y tamaño de semillas, indican que el cultivo organopónico con 1.46 semillas, 22.09 gr y 27.34 mm respectivamente, superó en cada una de ellas, a los obtenidos mediante el cultivo aeropónico, que por su parte produjo 0.3 semillas, 1.58 gr y 4.42 mm. Lo que evidencia la mayor efectividad del cultivo organopónico para la producción de semillas pre-básica de papa, bajo las variables intervinientes actuantes.

Por otra parte, se observan diferencias resaltantes con los resultados obtenidos en experiencias aeropónicas precedentes, Factor T. et al, 2007, con una producción de 6.0 mini-tubérculos/planta y Arias, D. et al, 2009, con una producción de 27.80 mini-tubérculos/planta y 216.98 gr/planta. Lo anterior conduce a pensar que el presente estudio estuvo afectado por las incidencias de variables intervinientes, según se constata en los histogramas de frecuencia, los cuales evidencian para el caso de la aeroponía, la influencia de una variable de manera predominante, como en efecto fue, el ataque del agente bacteriano *Ralstonia solanaceum* que devastó el cultivo, una vez que en el ambiente interno del sistema, se registraron altas temperaturas, superiores a los 30° C, dándose entonces las condiciones propicias para la prolífica reproducción de la bacteria. Condición ésta validada por CIP, 1996. El cual explica que “la infección latente del tubérculo ocurre cuando se siembran semillas infectadas en lugares fríos, o cuando los tubérculos son infectados al final de la temporada. La marchitez bacteriana evoluciona rápidamente bajo altas temperaturas.”

Contrariamente a lo observado en aeroponía, del análisis de los histogramas obtenidos para el caso organopónico, puede observarse que fueron varias las variables intervinientes que influyeron en los resultados en este caso, entre las cuales se encuentra el mismo agente bacteriano, pero no fue la variable de mayor en-

vergadura que afectó el cultivo, determinándose así, que la organoponía resultó ser un medio en el cual la enfermedad encontró peores condiciones para su avance, lo cual efectivamente se comprobó al verificarse temperaturas promedio en el sustrato de alrededor de 25° C. De tal manera que se obtuvo una cosecha de mini-tubérculos de mayores proporciones a la obtenida en aeroponía, pero gran dispersión de resultados para las variables dependientes estudiadas.

A partir de la correlación estadística *t* de student para crecimiento acumulado de las plantas, se pudo determinar que los dos sistemas de cultivo empleados en el presente estudio, son independiente uno del otro, es decir, no se obtendrán los mismos resultados para dicha variable mediante la aplicación de ambos sistemas. Por ende se acepta la Hipótesis Experimental (H1) y se rechaza la Hipótesis Nula (H0).

En cuanto al desarrollo de las plantas y su relación con la producción de semillas, es importante señalar que el hecho de haber obtenido un mayor y significativo desarrollo tanto en la parte aérea (tallo) como en la parte subterránea (raíces), en el sistema aeropónico, permite deducir que de no haber estado la semilla infectada con la bacteria *Ralstonia solanaceum* y de no haberse alcanzado temperaturas superiores a los 30 °C consideradas óptimas para el desarrollo de la bacteria, las plantas pertenecientes al cultivo aeropónico hubiesen arrojado mayor cantidad de semillas, de mayor peso y tamaño. Lo anterior se explica, si se considera que las plantas, independientemente de su especie, requieren de dos procesos vitales conocidos como fotosíntesis (a través del cual producen sus propios alimentos, carbohidratos que son la fuente principal de energía) y respiración celular (proceso que permite a las plantas utilizar los carbohidratos fotosintetizados para obtener la energía necesaria para su desarrollo). Ambos procesos metabólicos, están relacionados además con la nutrición vegetal a través de las raíces, ya que

se requieren también para el buen desarrollo de las plantas, ciertos elementos que toman del suelo o del medio en el que crezcan.

Según los resultados obtenidos, las plantas que crecieron en el sistema aeropónico, presentaron condiciones nutritivas superiores que conllevaron a un crecimiento acelerado en comparación con las que crecieron en el medio organopónico; esto a su vez genera un aumento en la tasa fotosintética y respiratoria, ya que mientras mayor es el crecimiento de la planta, mayor será la elaboración de carbohidratos en sus hojas y la obtención de energía en todos sus tejidos.

Además hay que resaltar, que parte de esa energía producida en la respiración celular es, en muchos casos, almacenada en los llamados órganos de reserva de las plantas, como por ejemplo en los tubérculos, de hecho la papa es considerado uno de los principales órganos de reserva, y que es en parte a esta función, que sirve de alimento para los seres vivos. Por lo tanto, si las tasas fotosintética y respiratoria fueron superiores en las plantas del sistema aeropónico (evidenciado en el crecimiento de las mismas a través de la medida de la longitud de los tallos), la formación de semillas y posteriores frutos, papas, como órganos de reserva, se infiere debió ser mayor en este sistema que en el organopónico (Azcón, 2000). Por esta razón, se consideró el desarrollo del tallo como método de comparación estadístico para las muestras independientes.

## CONCLUSIONES

- La implementación del cultivo aeropónico, permitió identificar la temperatura como una variable de estricto control en el sistema para su adecuado funcionamiento.
- La implementación del cultivo , permitió establecer temperaturas promedio del medio de cultivo (sustrato), bajo las cuales fue posible obtener semillas pre-básica de papa.
- Las semillas pre-básica de papa por planta obtenidas mediante la aplicación del sistema aeropónico, se caracterizaron por ser muy inferiores a esperados, escaso número (0.3 semillas), bajo peso (1.58 gr) y reducido tamaño (4.42 mm).
- Las semillas pre-básica de papa por planta obtenidas mediante la aplicación del sistema organopónico, produjo semilla pre-básica de papa caracterizada por 1.46 semillas, 22.09 gr y 27.34 mm.
- El sistema organopónico, produjo semillas de papa pre-básica (*Solanum tuberosum*) variedad papa blanca holandesa, en mayor número, peso y tamaño que el sistema aeropónico.
- Se determinó la independencia de los sistemas de cultivo aeropónico y organopónico.
- El crecimiento acumulado de las plantas cultivadas bajo el sistema aeropónico, fue superior al registrado por las plantas cultivadas mediante el sistema organopónico.
- El cultivo aeropónico resultó ser más susceptible al ataque bacteriano, ya que el sistema de medio compartido por sus raíces, bajo la acción de altas temperaturas, se comportó como un vector prolífico para el desarrollo de la enfermedad.
- Los resultados obtenidos para los parámetros estudiados, número de semillas, peso de las semillas y tamaño de semillas, así como la resistencia a la enfermedad demostrada por el cultivo organopónico, conducen a pensar que este sistema es el más adecuado para obtención de semilla pre-básica de papa bajo las condiciones estudiadas.

## RECOMENDACIONES

- Mantener un estricto control sobre los diversos factores ambientales presentes, en las características del sembrado y de las plantas.
- Realizar estudios económicos posteriores a ambos sistemas, para ponderar los costos de inversión versus la rentabilidad en cada caso.
- Promover a través de la Universidad de los Andes (ULA) y de los Institutos de Investigación Agrícolas, tanto públicos como privados, la investigación de sistemas aeropónicos a nivel local y regional, especialmente en los Páramos Merideños en donde la temperatura es propicia para la implementación de este tipo de tecnología, a fin de minimizar los costos de inversión inicial asociados, con miras a generalizar su uso.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arias, D., Montesdeoca, F. y Lalama, M. (2009). **Estudio Agronómico y económico de la producción de tubérculo semilla categoría pre-básica de dos variedades de papa y tres densidades en un sistema aeropónico.** Tesis de Grado para la obtención del título de Ingeniero Agrónomo, Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad Central de Ecuador, Ecuador.
- Azcón, B. J. y Talón, M. (2000). **Fundamentos de Fisiología Vegetal.** Barcelona, España.
- Centro Internacional de la Papa, CIP. (1996). **Principales Enfermedades, Nematodos a Insectos de la Papa.** Lima, Perú.
- Córdova, R. (2005). **Evaluación técnica y económica de la producción de lechugas hidropónicas bajo invernadero en la Comuna de Calbuco, X Región.** Tesis para la obtención del título de Licenciado en Agronomía, Escuela de Agronomía Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Austral de Chile, Valdivia, Chile.
- Díaz, B., León, M., Narváez, M. y Díaz, A. (2002). **El Sistema Autogestionario Aeropónico para el Desarrollo Local.** Un Caso de Promoción de Empresas Asociativas Accediendo a Recursos para Proyectos Comunitarios del Fondo Intergubernamental para la Descentralización en la Isla de Margarita, Venezuela. *Cayapa*, 3.
- Factor, T., Araujo, J., Kawakami, F. y Lunck, V. (2007). **Producción de mini tubérculos de papa en tres sistemas básicos hidropónicos.** Sao Paulo, Brasil: Universidad Estadual Paulista, Facultad de Ciencias Agrarias y Veterinarias.
- Farran, I. y Mingo-Castel, A. (2006). **Producción de mini tubérculos de papa usando Aeroponía: Efecto de la densidad de plantación e intervalos de recolección.** Navarra, España: Departamento de Producción Vegetal, Instituto de Agrobiotecnología.
- Franco, W. y Salas, J. (2003). **Plan Nacional de Semilla de papa** (Mimeografiado).
- Ministerio de Agricultura y Tierra, MAT (2004). **Estadística de producción del cultivo papa.** En archivos (Mimeografiado).

## ANEXOS

ANEXO 1. TABLA PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS PARA EL CRECIMIENTO ACUMULADO DE CADA PLANTA, EN AMBOS SISTEMAS DE CULTIVO.

00/00/2011	Aeroponía	Organoponía
Planta 1		
Planta 2		
Planta 3		
Planta 4		
Planta 5		
Planta 6		
Planta 7		
Planta 8		
Planta 9		
Planta 10		
Planta 11		
Planta 12		
Planta 13		
Planta 14		
Planta 15		
Planta 16		
Planta 17		
Planta 18		
Planta 19		
Planta 20		
Planta 21		
Planta 22		
Planta 23		
Planta 24		
Planta 25		
Planta 26		
Planta 27		
Planta 28		
Planta 29		
Planta 30		

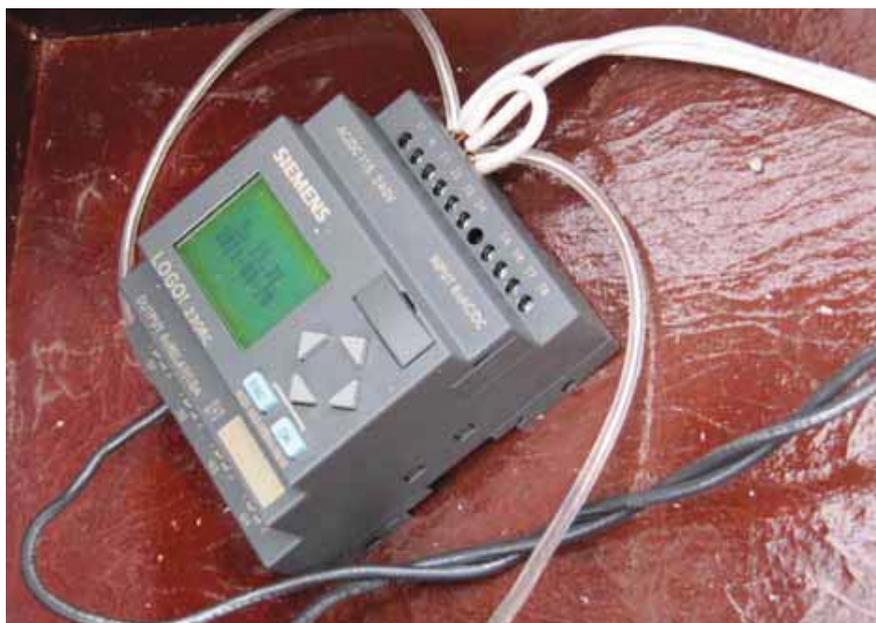
ANEXO 2. TABLA PARA LA RECOLECCIÓN DE LOS DATOS PARA LA CANTIDAD, PESO, Y TAMAÑO DE LAS SEMILLAS PRE-BÁSICAS PRODUCIDAS POR PLANTA MEDIANTE LA APLICACIÓN DE AMBOS SISTEMAS

Organoponía	Semillas	Peso (gr)	Suma de Pesos	Diámetro mayor (mm)
Planta 1				
Planta 2				
Planta 3				
Planta 4				
Planta 5				
Planta 6				
Planta 7				
Planta 8				
Planta 9				
Planta 10				
Planta 11				
Planta 12				
Planta 13				
Planta 14				
Planta 15				
Planta 16				
Planta 17				
Planta 18				
Planta 19				
Planta 20				
Planta 21				
Planta 22				
Planta 23				
Planta 24				
Planta 25				
Planta 26				
Planta 27				
Planta 28				
Planta 29				
Planta 30				

### ANEXO 3. BASE METÁLICA REQUERIDA POR EL SISTEMA AEROPÓNICO



### ANEXO 4. MÓDULO DE LÓGICA INTELIGENTE "LOGO!".



ANEXO 5. MICROASPERSORES UTILIZADOS PARA EL RIEGO PROGRAMADO DEL SISTEMA AEROPONICO.



ANEXO 6. CONTENEDOR DEL SUSTRATO REQUERIDO POR EL SISTEMA ORGANOPÓNICO



**ANEXO 7. CRECIMIENTO RADICULAR DE LAS PLANTAS CULTIVADAS MEDIANTE EL SISTEMA AEROPÓNICO AL CABO DE LA TERCERA SEMANA DE DESARROLLO.**



**ANEXO 8. DESARROLLO DE LAS PLANTAS CULTIVADAS MEDIANTE EL SISTEMA AEROPÓNICO AL CABO DE LA TERCERA SEMANA.**



**ANEXO 9. CRECIMIENTO DE LAS PLANTAS CULTIVADAS MEDIANTE EL SISTEMA AEROPÓNICO AL CABO DE QUINTA SEMANA DE DESARROLLO.**



**ANEXO 10. CRECIMIENTO ACUMULADO DE LAS PLANTAS CULTIVADAS BAJO EL MÉTODO ORGANOPÓNICO AL CABO DE LA TERCERA SEMANA DE DESARROLLO.**



**ANEXO 11. RECOLECCIÓN DE SEMILLAS PRE-BÁSICA DE PAPA OBTENIDAS MEDIANTE EL SISTEMA ORGANOPÓNICO.**



**ANEXO 12. SEMILLAS PRE-BÁSICA DE PAPA (*SOLANUM TUBEROSUM*) VARIEDAD PAPA BLANCA HOLANDESA OBTENIDAS MEDIANTE EL SISTEMA DE CULTIVO ORGANOPÓNICO.**



**ANEXO 13. SEMILLAS PRE-BÁSICA DE PAPA (SOLANUM TUBEROSUM) VARIEDAD PAPA BLANCA HOLANDESA OBTENIDAS MEDIANTE EL SISTEMA DE CULTIVO AEROPÓNICO.**



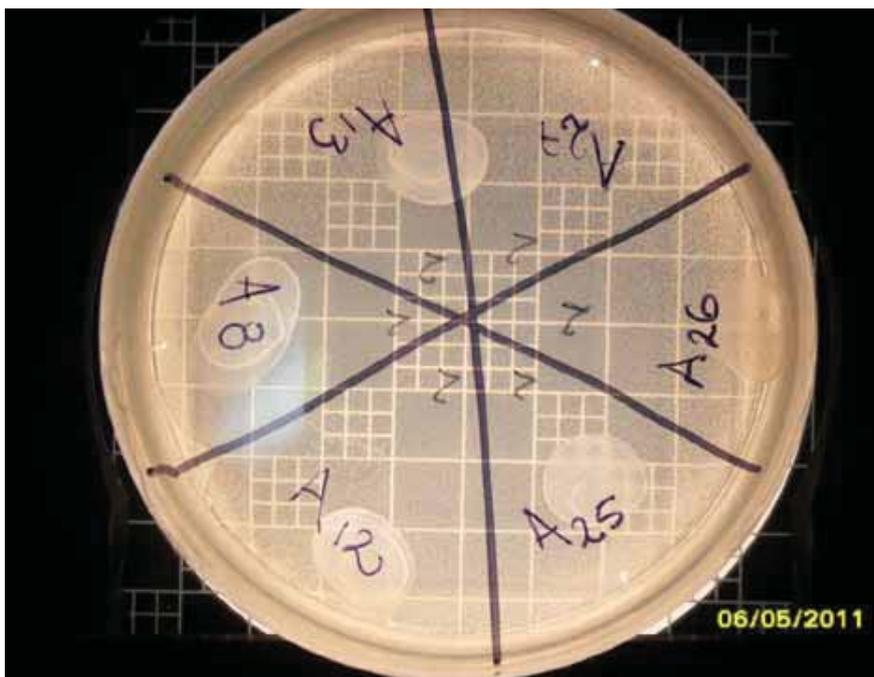
**ANEXO 14. FLUIDO FILAMENTOSO DE COLOR BLANCO LECHOSO, EMANANDO DE LOS HACES VASCULARES DE UN CORTE TRANSVERSAL DE UN PEDAZO DE TALLO SUMERGIDO EN AGUA**



**ANEXO 15. RECIPIENTE CONTENEDOR DEL SMSA.**



**ANEXO 16. PLACA CON MEMBRANA DE AGAR QUE PERMITE LA PROLIFERACIÓN DE LAS COLONIAS BACTERIANAS.**



**ANEXO 17. COLONIA DE BACTERIAS DE *RALSTONIA SOLANARECUM*.**

