

PRODUCCIÓN DE TUBÉRCULO SEMILLA DE PAPA (*Solanum tuberosum*), CATEGORÍA PREBÁSICA UTILIZANDO BIOL EN UN SISTEMA AEROPÓNICO EN EL CANTÓN MEJÍA, PROVINCIA DE PICHINCHA

SANDRA JACKELINE SAQUINGA CHANGO

TRABAJO DE INVESTIGACIÓN ESTRUCTURADO DE MANERA INDEPENDIENTE COMO REQUISITO PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERA AGRÓNOMA

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÓNOMICA**



AMBATO - ECUADOR

2012

La suscrita **SANDRA JACKELINE SAQUINGA CHANGO**, portadora de cédula de identidad número: 1804247235, libre y voluntariamente declara que el trabajo de investigación titulado “PRODUCCIÓN DE TUBÉRCULO SEMILLA DE PAPA (*Solanum tuberosum*), CATEGORÍA PREBÁSICA UTILIZANDO BIOL EN UN SISTEMA AEROPÓNICO EN EL CANTÓN MEJÍA, PROVINCIA DE PICHINCHA” es original, auténtico y personal. En tal virtud, declaro que el contenido será de mi sola responsabilidad legal y académica.

Sandra Jackeline Saquina Chango

DERECHO DE AUTOR

Al presentar esta tesis como uno de los requisitos previos para la obtención del título de Tercer Nivel en la Universidad Técnica de Ambato, autorizo a la Biblioteca de la Facultad, para que haga de esta tesis un documento disponible para su lectura, según las normas de la Universidad.

Estoy de acuerdo en que se realice cualquier copia de esta tesis dentro de las regulaciones de la Universidad, siempre y cuando esta reproducción no suponga una ganancia económica potencial.

Sin perjuicio de ejercer mi derecho de autor, autorizo a la Universidad Técnica de Ambato la publicación de esta tesis, o de parte de ella.

Sandra Jackeline Saquina Chango

Fecha:

**PRODUCCIÓN DE TUBÉRCULO SEMILLA DE PAPA (*Solanum tuberosum*),
CATEGORÍA PREBÁSICA UTILIZANDO BIOL EN UN SISTEMA
AEROPÓNICO EN EL CANTÓN MEJÍA, PROVINCIA DE PICHINCHA**

REVISADO POR:

Ing. Zoot. Mg. Roberto Fiallos L.
TUTOR

Ing. Agr. Mg.Sc. Giovanni Velástegui E.
ASESOR DE BIOMETRÍA

APROBADO POR LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL DE GRADO:

Fecha

Ing. Agr. Mg. Hernán Zurita V.
PRESIDENTE

Ing. Agr. Mg.Sc. Eduardo Cruz T.

Ing. Agr. Mg.. Fidel Rodríguez A.

DEDICATORIA

El presente trabajo de investigación lo dedico a:

A mis padres Manuel Saquina y María Chango quienes con su esfuerzo, amor y sacrificio me apoyaron para culminar mi carrera profesional.

A mi hija Evelyn Dayana que es lo más hermoso que Dios me ha regalado, quien me dio la fuerza para seguir adelante y cumplir las metas que me propuse cuando ingrese a esta Facultad para obtener el título de Ingeniera Agrónoma.

AGRADECIMIENTOS

A la Facultad de Ingeniería Agronómica de la Universidad Técnica de Ambato, quien me abrió las puertas para continuar con mis estudios superiores. A cada uno de los profesores y maestros quienes compartieron sus conocimientos durante toda mi carrera estudiantil.

Mi mas sincero agradecimiento al Ing. Agr. Eduardo Fiallos C, tutor de este trabajo de investigación, al Ing. Mg.Sc. Giovanni Velástegui E., asesor de biometría, y al Ing. M.Sc. Eduardo Cruz Tobar, asesor de redacción técnica quienes me guiaron y me colaboraron para que este trabajo sea posible.

A la hacienda San José, propietario Ing. Diego Cobo quien me permitió y colaboró para realizar este trabajo de investigación.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

	Pág.
CAPÍTULO 1	01
PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	01
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	01
1.2. ANÁLISIS CRÍTICO DEL PROBLEMA	01
1.3. JUSTIFICACIÓN	02
1.4. OBJETIVOS	03
1.4.1. Objetivo general	03
1.4.2. Objetivos específicos	03
CAPÍTULO 2	04
MARCO TEÓRICO E HIPÓTESIS	04
2.1. ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS	04
2.2. MARCO CONCEPTUAL	04
2.2.1. Cultivo de papa	04
2.2.1.1. Descripción	04
2.2.1.2. Descripción taxonómica	05
2.2.1.3. Variedad Superchola	05
2.2.1.4. Pedigrí	05
2.2.1.5. Características morfológicas	06
2.2.1.6. Características agronómicas	07
2.2.1.7. Factores que afectan la producción del cultivo	07
2.2.2. Sistemas de producción y multiplicación de semilla pre básica	08
2.2.2.1. Multiplicación convencional utilizando plantas libres de virus	08
2.2.2.2. Multiplicación acelerada modelo “INIAP”	10
2.2.2.3. Multiplicación de tubérculo semilla prebásica en camas con plantas <i>in-vitro</i>	11
2.2.2.4. Multiplicación en camas con plantas del método autotrófico-hidropónico	11
2.2.2.5. Sistema hidropónico	12
2.2.2.6. Sistema aeropónico	13
2.2.3. Características generales sobre el sistema aeropónico	13
2.2.4. Solución nutritiva	15

	Pág.
2.2.4.1. Soluciones estáticas	15
2.2.4.2. Soluciones dinámicas	15
2.2.4.3. Soluciones para fertirrigación	15
2.2.5. Fertilización	16
2.2.5.1. Nitrógeno	16
2.2.5.2. Fósforo	17
2.2.5.3. Potasio	17
2.2.5.4. Calcio	18
2.2.5.5. Magnesio	18
2.2.5.6. Azufre	18
2.2.5.7. Micronutrientes	18
2.2.6. Biol	19
2.2.6.1. Uso del biol	19
2.2.6.2. Ventajas del biol	19
2.3. HIPÓTESIS	20
2.4. VARIABLES DE LA HIPÓTESIS	20
2.5. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	20
CAPÍTULO 3	22
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	22
3.1. ENFOQUE, MODALIDAD Y TIPO DE INVESTIGACIÓN	22
3.2. UBICACIÓN DEL ENSAYO	22
3.3. CARACTERÍSTICAS DEL LUGAR	22
3.4. FACTORES EN ESTUDIO	23
3.5. DISEÑO EXPERIMENTAL	23
3.6. TRATAMIENTOS	23
3.7. MEMORIA TÉCNICA	24
3.8. DATOS TOMADOS	26
3.9. MANEJO DE LA INVESTIGACIÓN	27
CAPÍTULO 4	30
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	30
4.1. RESULTADOS, ANÁLISIS ESTADÍSTICOS Y DISCUSIÓN	30
4.1.1. Días a la tuberización	30
4.1.2. Altura de planta	31

	Pág.
4.1.3. Porcentaje de sobrevivencia	37
4.1.4. Días a la primera cosecha	38
4.1.5. Número de tubérculos por planta	41
4.1.6. Rendimiento	46
4.1.7. Porcentaje de tubérculos de segunda, tercera y cuarta categoría	49
4.2. RESULTADOS, ANÁLISIS ECONÓMICO Y DISCUSIÓN	54
4.3. VERIFICACIÓN DE HIPÓTESIS	58
CAPÍTULO 5	59
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	59
5.1. CONCLUSIONES	59
5.2. RECOMENDACIONES	60
CAPÍTULO 6	62
PROPUESTA	62
6.1. TÍTULO	62
6.2. FUNDAMENTACIÓN	62
6.3. OBJETIVO	62
6.4. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA	62
6.5. IMPLEMENTACIÓN	63
BIBLIOGRAFÍA	66
APÉNDICE	68

ÍNDICE DE CUADROS

	Pág.
CUADRO 1. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	21
CUADRO 2. TRATAMIENTOS	24
CUADRO 3. ANÁLISIS DE VARIANCIA PARA DÍAS A LA TUBERIZACIÓN	30
CUADRO 4. ANÁLISIS DE VARIANCIA PARA ALTURA DE PLANTA	31
CUADRO 5. PRUEBA DE TUKEY AL 5% PARA TRATAMIENTOS EN LA VARIABLE ALTURA DE PLANTA	32
CUADRO 6. PRUEBA DE DIFERENCIA MÍNIMA SIGNIFICATIVA AL 5% PARA PRODUCTOS ORGÁNICOS, EN LA VARIABLE ALTURA DE PLANTA	33
CUADRO 7. PRUEBA DE TUKEY AL 5% PARA DOSIS DE APLICACIÓN, EN LA VARIABLE ALTURA DE PLANTA	33
CUADRO 8. PRUEBA DE TUKEY AL 5% PARA FRECUENCIAS DE APLICACIÓN, EN LA VARIABLE ALTURA DE PLANTA	35
CUADRO 9. PRUEBA DE TUKEY AL 5% PARA LA INTERACCIÓN DOSIS POR FRECUENCIAS DE APLICACIÓN, EN LA VARIABLE ALTURA DE PLANTA	36
CUADRO 10. ANÁLISIS DE VARIANCIA PARA PORCENTAJE DE SOBREVIVENCIA	37
CUADRO 11. ANÁLISIS DE VARIANCIA PARA DÍAS A LA PRIMERA COSECHA	38
CUADRO 12. PRUEBA DE TUKEY AL 5% PARA TRATAMIENTOS EN LA VARIABLE DÍAS A LA PRIMERA COSECHA	39
CUADRO 13. PRUEBA DE DIFERENCIA MÍNIMA SIGNIFICATIVA AL 5% PARA PRODUCTOS ORGÁNICOS, EN LA VARIABLE DÍAS A LA PRIMERA COSECHA	40
CUADRO 14. ANÁLISIS DE VARIANCIA PARA NÚMERO DE TUBÉRCULOS POR PLANTA	41
CUADRO 15. PRUEBA DE TUKEY AL 5% PARA TRATAMIENTOS EN LA VARIABLE NÚMERO DE TUBÉRCULOS POR PLANTA	42

CUADRO 16.	PRUEBA DE DIFERENCIA MÍNIMA SIGNIFICATIVA AL 5% PARA PRODUCTOS ORGÁNICOS, EN LA VARIABLE NÚMERO DE TUBÉRCULOS POR PLANTA	43
CUADRO 17.	PRUEBA DE TUKEY AL 5% PARA DOSIS DE APLICACIÓN, EN LA VARIABLE NÚMERO DE TUBÉRCULOS POR PLANTA	43
CUADRO 18.	PRUEBA DE TUKEY AL 5% PARA FRECUENCIAS DE APLICACIÓN, EN LA VARIABLE NÚMERO DE TUBÉRCULOS POR PLANTA	45
CUADRO 19.	ANÁLISIS DE VARIANCIA PARA RENDIMIENTO	47
CUADRO 20.	PRUEBA DE TUKEY AL 5% PARA TRATAMIENTOS EN LA VARIABLE RENDIMIENTO	48
CUADRO 21.	PRUEBA DE DIFERENCIA MÍNIMA SIGNIFICATIVA AL 5% PARA PRODUCTOS ORGÁNICOS, EN LA VARIABLE RENDIMIENTO	48
CUADRO 22.	ANÁLISIS DE VARIANCIA PARA PORCENTAJE DE TUBÉRCULOS DE SEGUNDA, TERCERA Y CUARTA CATEGORÍA	50
CUADRO 23.	PRUEBA DE TUKEY AL 5% PARA TRATAMIENTOS EN LA VARIABLE PORCENTAJE DE TUBÉRCULOS DE SEGUNDA, TERCERA Y CUARTA CATEGORÍA	51
CUADRO 24.	PRUEBA DE DIFERENCIA MÍNIMA SIGNIFICATIVA AL 5% PARA PRODUCTOS ORGÁNICOS, EN LA VARIABLE PORCENTAJE DE TUBÉRCULOS DE SEGUNDA, TERCERA Y CUARTA CATEGORÍA	52
CUADRO 25.	PRUEBA DE TUKEY AL 5% PARA DOSIS DE APLICACIÓN, EN LA VARIABLE PORCENTAJE DE TUBÉRCULOS DE TERCERA CATEGORÍA	52
CUADRO 26.	PRUEBA DE TUKEY AL 5% PARA LA INTERACCIÓN PRODUCTOS ORGÁNICOS POR DOSIS DE APLICACIÓN, EN LA VARIABLE PORCENTAJE DE TUBÉRCULOS DE SEGUNDA Y CUARTA CATEGORÍA	53
CUADRO 27.	COSTOS DE INVERSIÓN DEL ENSAYO (Dólares)	55

	Pág.
CUADRO 28. COSTOS DE INVERSIÓN DEL ENSAYO POR TRATAMIENTO	56
CUADRO 29. INGRESOS TOTALES DEL ENSAYO POR TRATAMIENTO	57
CUADRO 30. CÁLCULO DE LA RELACIÓN BENEFICIO COSTO DE LOS TRATAMIENTOS CON TASA DE INTERÉS AL 11%	57

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

	Pág.
FIGURA 1. Regresión lineal y cuadrática para dosis de productos orgánicos versus altura de planta	34
FIGURA 2. Regresión lineal para frecuencias de aplicación versus altura de planta	35
FIGURA 3. Regresión lineal y cuadrática para dosis de productos orgánicos versus número de tubérculos por planta	44
FIGURA 4. Regresión lineal para frecuencias de aplicación versus número de tubérculos por planta	45
FIGURA 5. Regresión lineal y cuadrática para dosis de productos orgánicos versus porcentaje de tubérculos de tercera categoría.....	53

RESUMEN EJECUTIVO

El ensayo se llevó a cabo en el en el invernadero de la hacienda San José, ubicado en el cantón Mejía de la provincia de Pichincha, cuyas coordenadas geográficas son 00° 02' 36" de latitud Sur y 78° 08' 28" de longitud Oeste, a la altitud de 2 920 msnm, con el propósito de: evaluar el efecto de dos tipos de biol (biol 50% de P (P1) y biol 60% de K (P2), aplicados en tres dosis (2 l/20 l de agua (10%) (D1), 4 l/20 l de agua (20%) (D2) y 6 l/20 l de agua (30%) (D3) y tres frecuencias: a los 60 días (F1), a los 90 días (F2) y a los 120 días del trasplante (F3) y un testigo, en la producción de tubérculos semilla de papa variedad Superchola, cultivados en un sistema aeropónico.

Los tratamientos fueron 19. Se efectuó el análisis de variancia (ADEVA), pruebas de significación de Tukey al 5%, pruebas de Diferencia Mínima Significativa al 5% y polinomios ortogonales con cálculo de correlación y regresión para los factores dosis y frecuencias de aplicación. El análisis económico de los tratamientos se realizó aplicando el método de la relación beneficio costo (RBC).

La aplicación de biol 60% de K (P2), produjo los mejores resultados con mayor crecimiento en altura de planta (143,60 cm), mayor número de tubérculos por planta (7,91), consecuentemente se obtuvo el mejor rendimiento (7,82 kg/tratamiento), siendo tubérculos en su mayoría de segunda categoría (37,03%) y de tercera categoría (47,99%), acortando los días a la primera cosecha (179,81).

La aplicación de biol en la dosis de 4 l/20 l de agua (20%) (D2), produjo la mayor altura de planta (142,66 cm), como mayor número de tubérculos por planta (8,07) y el mayor porcentaje de tubérculos de tercera categoría (49,38%).

La aplicación de los bioles a los 60 días del trasplante (F1), produjo mayor crecimiento en altura de planta (142,63 cm) y el mayor número de tubérculos por planta (8,03).

Del análisis económico se concluye que, el tratamiento P2D2F2 (Biol 60% de K, 4 l/20 l, a los 90 días del trasplante), alcanzó la mayor relación beneficio costo de 0,87 en donde los beneficios netos obtenidos fueron 0,87 veces lo invertido.

CAPÍTULO 1

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El desconocimiento por parte de los agricultores en el uso de biol y del sistema aeropónico en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum*), no permite la producción de mini tubérculos de semilla en la hacienda San José, cantón Mejía, provincia de Pichincha.

1.2. ANÁLISIS CRÍTICO DEL PROBLEMA

El uso del biol en la producción de mini tubérculos de semilla puede ayudar a mejorar la producción de tubérculos, así como para fomentar una agricultura amigable con el medio ambiente, orgánica y sostenible. Así, el uso de biol permite incrementar la producción y productividad de los cultivares de papa, disminuir el ataque de plagas, enfermedades y contrarrestar los daños causados por factores ambientales como heladas y granizadas (Infoagro, 2010).

Según el Instituto Nacional de Estadísticas y Censo (2003), la superficie cultivada es de 47.494 ha de papa, por lo que se deduce que se usan alrededor de 71.241 t/año de semilla por año (1.5 t/ha); sin embargo, no se presenta una demanda efectiva por ese volumen de semilla porque entre los agricultores existe poca cultura de uso de semilla de calidad procedente de fuentes confiables y prefieren guardar tubérculos de su propia cosecha para sembrar en el siguiente ciclo; así, cuando los precios de la papa son altos, el agricultor deja para si mismo los tubérculos más pequeños, mientras que cuando bajan los precios prefieren guardar los tubérculos más grandes y de mejor calidad. De esta manera, en varios ciclos de estas semillas "malas y buenas", se va erosionando genéticamente la variedad, y se van perdiendo sus cualidades de rendimiento y resistencia a enfermedades (

Actualmente el uso de semillas certificadas en el país es bajo, como ejemplo podemos mencionar que aproximadamente el 1,5% del área sembrada con papa, está cubierta con semilla certificada. Sin embargo, de este bajo índice de utilización de semilla, se ha podido observar en varias regiones en que existe una reacción positiva de los agricultores al uso de semilla de calidad, porque han comprendido que la utilización de

semilla de variedades mejoradas, conjuntamente con una aplicación adecuada de tecnología, les permite elevar los rendimientos por unidad de superficie, logrando consecuentemente una mayor rentabilidad (Velásquez, J.; Quevedo, R.; Paula, N., 1998).

El INIAP, viene impulsando la implementación de Proyectos Compartidos con socios de la cadena agroalimentaria, en cuatro provincias de la sierra central. Una de las limitantes encontradas durante el primer año de funcionamiento de este esquema de trabajo, es la falta de oportunidad en la oferta de semilla, y en algunos casos, la mala calidad de la misma (INIAP, 1987).

Para superar estos limitantes, al interior de los Proyectos Compartidos se selecciona y se capacita a agricultores como promotores semilleros; es decir que, productores seleccionados por su capacidad y experiencia, implementan lotes y ofertan semilla a los miembros de sus comunidades en cantidad, calidad y oportunidad adecuadas, de acuerdo a las necesidades de siembras planificadas, para de esta manera, responder a los mercados en forma oportuna y con papa de calidad (INIAP, 1987).

1.3. JUSTIFICACIÓN

El sistema aeropónico es un sistema de cultivo, basado en la sustentación de las raíces de las plántulas en el aire, suministrando agua y nutrientes, mediante un sistema de riego por nebulización y utilizando como soporte de las plantas estructuras de madera, forradas en su interior con plástico negro, para simular las condiciones del suelo (Arias, D., 2009).

Ecuador presenta una productividad promedio de aproximadamente 10 Tm/ha de papa, considerado relativamente bajo al ser comparado con productividades de otros países, como Holanda con 39 Tm/ha, Estados Unidos 32 Tm/ha y Argentina 22 Tm/ha (Infoagro, 2010).

Hasta antes de la publicación de los resultados censales del año 2000, las proyecciones y estimaciones sobre el cultivo de la papa, se realizaban considerando a la provincia del Carchi como la de mayor superficie sembrada y cosechada; la publicación de estos resultados refleja cambios importantes en estos supuestos: se

encuentra que es la provincia de Chimborazo la que registra mayor número de hectáreas sembradas, 10 681, seguida por las provincias de Cotopaxi con 9 672 ha; Tungurahua con 7 380 ha y Carchi con 6 179 ha (INEC, 2000).

Al analizar la producción de papa a nivel provincial, encontramos que es Tungurahua la provincia que concentra mayor número de productores, 19 414, seguida por las provincias de Chimborazo con 18 376 productores; Cotopaxi con 14 541; Pichincha con 7 186; Azuay con 6 521; Cañar con 4 435 y Carchi con 4 166 productores de papa.

Siendo el tubérculo semilla, un factor fundamental para garantizar la producción y la calidad del cultivo de papa, la siembra de tubérculos semilla de mala calidad, puede perjudicar la producción, aún cuando las demás condiciones sean favorables al cultivo. Así la obtención de tubérculos semilla de calidad, está directamente relacionada con la mejor aplicación de las técnicas de cultivo y con la calidad sanitaria, física, genética y fisiológica de la semilla (Arias, D., 2009).

1.4. OBJETIVOS

1.4.1 Objetivo general

Determinar una alternativa tecnológica para la adecuada aplicación de biol en el cultivo de papa que permita mejorar la producción de semilla en un sistema aeropónico en la hacienda San José, cantón Mejía, provincia de Pichincha.

1.4.2. Objetivos específicos

Evaluar el efecto de dos tipos de biol en la producción semilla de papa aplicados en un sistema aeropónico.

Establecer las dosis de biol que permita mejorar la producción de semilla de papa en un sistema de cultivo aeropónico.

Medir el efecto de las frecuencias de aplicación de biol en la producción de semilla de papa cultivado en un sistema aeropónico.

Determinar la rentabilidad económica de los tratamientos.

CAPÍTULO 2

MARCO TEÓRICO E HIPÓTESIS

2.1. ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS

Desde 1998, el Programa Nacional de Raíces y Tubérculos Rubro Papa (PNRT-Papa) y el Departamento de Producción de Semillas (DPS), de la Estación Experimental Santa Catalina del INIAP, han desarrollado una serie de sistemas de producción y multiplicación de semilla pre básica de papa. En el año 2001, se implementó la tecnología conocida como aeroponía e hidroponía, técnica que se está utilizando actualmente y consiste en cultivar plantas multiplicadas “*in-vitro*” en sustratos inertes, previamente esterilizados, en condiciones controladas de invernadero, suministrando agua y nutrientes, mediante fertirrigación.

En el sistema aeropónico, la producción de mini tubérculos se incrementa durante el desarrollo del cultivo, alcanzando un pico de producción, ya que este sistema permite realizar varias cosechas, hasta que las plantas cumplan con su ciclo, las primeras cosechas presentan tubérculos con calibres ideales > 8 gramos; esta condición permite que, estos tubérculos puedan ser sembrados directamente en campo, para su posterior multiplicación. Cuando la finalización del ciclo biológico de las plantas está próxima, el calibre de cosecha ideal disminuye y se cosechan los mini tubérculos que, tienen un calibre menor pero que son perfectamente válidos para la plantación en campo, con el fin de aumentar el rendimiento (Arias, 2009).

2.2. MARCO CONCEPTUAL

2.2.1. Cultivo de papa

2.2.1.1. Descripción

La papa es una dicotiledónea herbácea, con hábitos de crecimiento rastrero o erecto, generalmente de tallos gruesos y con entrenudos cortos. Los tubérculos son tallos carnosos que, se originan en el extremo del estolón y tiene yemas y ojos. Los tallos son huecos o medulosos, excepto en los nudos que

son sólidos, de forma angular y por lo general verdes o rojo púrpura. El follaje normalmente alcanza una altura de entre 0.60 a 1.50 m. Las hojas son compuestas y pignadas. Las flores son pentámeras (poseen cinco pétalos) y sépalos que pueden ser, de varios colores, pero comúnmente blanco, amarillo, rojo y púrpura. El fruto es una baya redonda u ovalada, de color verde amarillento o castaño rojizo; pequeño y carnoso que contiene semillas sexuales (Huamán, 1990).

2.2.1.2. Descripción taxonómica

Según Huamán (1990), la descripción taxonómica de la papa es la siguiente:

Familia:	<i>Solanaceae</i>
Género:	<i>Solanum</i>
Subgénero:	Potatoe
Sección:	Petota
Serie:	Tuberosa
Especie:	<i>Tuberosum</i>

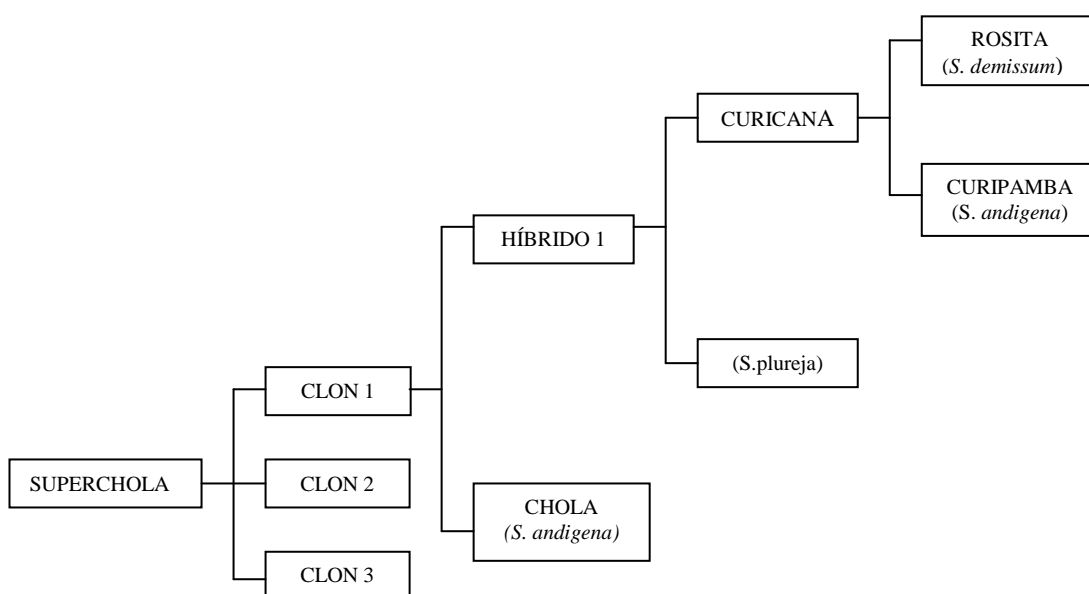
2.2.1.3. Variedad Superchola

La variedad Superchola, mejorada por el Sr. Germán Bastidas Vaca, agricultor del cantón Montufar, Carchi. Fue seleccionada a partir de los cruzamientos entre Rosita x Curipamba Negra en 1968 y dio origen a la Curicana (papa roja, en forma de plancha, con ojos blancos), posteriormente se cruza Curicana x *Solanum phureja* dando un híbrido, este híbrido se cruza con Chola; de esta descendencia se seleccionó a los tres mejores genotipos (clones) que tuvieron características parecidas a Chola, estos tres clones se recombinaron entre sí, el mejor de esta descendencia dio origen a la variedad Superchola, que tiene características superiores en cuanto a calidad, rendimiento y tolerancia a enfermedades y características de calidad culinaria que la variedad Chola (Huamán, 1990).

2.2.1.4. Pedigrí

En 1993, el Programa de Papa del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias, Estación Experimental Santa Catalina, comienza el

trabajo de limpieza de virus; en 1994 fue entregada la variedad libre de virus al Departamento de Producción de Semillas para iniciar el proceso de multiplicación de semilla prebásica, básica y registrada, la misma que fue entregada a los agricultores en 1995. Según el Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (1987), el pedigrí es el siguiente:



2.2.1.5. Características morfológicas

Según el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (1987), las características morfológicas son las siguientes:

- Planta: crecimiento bien desarrollado, con numerosos tallos pubescentes. Hojas de tamaño mediano, color verde oscuro. Tallos verdes con pigmentación púrpura; los nudos son sobresalientes y el tallo principal presenta alas rectas y onduladas. Floración moderada y sus flores caen por falta de fecundación. Bajo porcentaje de frutos.

- Hojas: con tres pares de folíolos primarios con un folíolo terminal y tres pares de folíolos secundarios (entre folíolos) de color verde intenso. Presenta pares de folíolos terciarios o interhojuelos (sobre pecíolos).

- Flores: hermafroditas de color morado con blanco presente en el acumen, haz y envés de los pétalos. Sus anteras son amarillas y su cáliz verde con manchas de color púrpura en la base. Su floración es moderada, usualmente llevadas arriba del follaje con un largo pedúnculo.

- Tubérculos: forma elíptica a ovalada, con ojos superficiales, piel rosada y lisa, con color crema alrededor de los ojos superficiales, pulpa amarilla pálida, sin pigmentación.

- Frutos: son bayas de color verde, con puntos blancos. De, escasa fructificación.

2.2.1.6. Características agronómicas

Según el INIAP (1987), de ensayos en la provincia del Carchi, las características agronómicas de la variedad Superchola, son las siguientes:

Características	Promedio
Zonas de adaptación	2 750 a 2 950 msnm
Días a la floración	120
Días a la cosecha	190
Hábito de crecimiento	Semirrecta
Rendimiento estimado con agricultores	32,69 Tm/ha

2.2.1.7. Factores que afectan la producción del cultivo

Contreras (2006), menciona que la planta de papa está potencialmente capacitada para producir tubérculos a partir de estolones o de yemas axilares; siempre y cuando la planta se encuentre en un ambiente apropiado para la inducción y el desarrollo del tubérculo. Dice también, que la producción de cualquier cultivo, es el resultado del proceso fotosíntesis-respiración, ambos procesos están influenciados por factores ecológicos y fisiológicos de la planta.

El proceso fotosintético o de asimilación, se realiza en las partes verdes de la planta y depende de factores genéticos y del ambiente, como la temperatura, fotoperíodo, intensidad lumínica, cantidad y calidad del follaje, edad de las hojas, concentración de CO₂ en el tejido de las hojas, nutrientes y el aporte de agua. La parte aérea de la planta de la papa, desarrolla este proceso necesario para formar hidratos de carbono, que serán transportados a zonas de crecimiento aéreo (follaje, brotes, flores, fruto) y subterráneo (raíces, estolones y tubérculos).

De igual forma, Contreras (2006), indica que, a partir de la formación del botón floral, todo el proceso fotosintético, debe traducirse en acumulación de hidratos de carbono en los tubérculos y proveer de energía para la respiración. La producción en este período, está determinada por la fotosíntesis, la radiación, la tasa de respiración del cultivo, la concentración de CO₂ en las hojas, el suministro adecuado de la concentración de los elementos en la solución nutritiva y el porcentaje de hidratos de carbono transportados a los tubérculos.

2.2.2. Sistemas de producción y multiplicación de semilla pre básica

La producción de semilla de papa en la Estación Experimental Santa Catalina, empezó en 1968. La Estación Santa Catalina permanece como único lugar del país para producir semilla de papa de categorías iniciales (INIAP, 1987).

2.2.2.1. Multiplicación convencional utilizando plantas libres de virus

El método tradicionalmente usado por el INIAP, para la multiplicación inicial de semilla fue el de unidad tubérculo y surco, el cual comienza con un tubérculo élite. Éste es cortado en segmentos, que son manejados como semillas individuales. El tubérculo élite es la clave de este proceso, el mismo que se obtiene, de la colección de germoplasma; el cual debe ser, un tubérculo sano y libre de enfermedades, para entregar a los agricultores. La producción obtenida es mantenida separadamente y sembrada en un surco; los tubérculos seleccionados cuidadosamente en la unidad de producción, son reservados y utilizados como nueva semilla élite.

En cada estado fisiológico, se efectúa un saneamiento intensivo mediante selección negativa, que consiste en la eliminación de todas las plantas enfermas o mezclas. La cosecha se la realiza por surcos individuales, la que luego se agrupa y se denomina semilla prebásica. La semilla prebásica, es agrupada por variedades y almacenada, para posterior multiplicación. Las categorías de semilla provenientes de la multiplicación de semilla prebásica, básica y registrada se venden a los semilleros o multiplicadores en cantidades limitadas.

Según Crissman y Uquillas (2003), este sistema presenta un sinnúmero de problemas, como son:

- Detección visual de síntomas de enfermedades no dieron resultados confiables.

- Excelentes condiciones de desarrollo del cultivo en el campo semillero, dieron como resultado un crecimiento vegetativo exuberante, el cual enmascaró la expresión de los síntomas.

- Para realizar un saneamiento, se requiere personal calificado, el que normalmente no se lo encuentra en el campo, sobre todo por la inestabilidad del personal, consecuentemente, al no contar con personal calificado, no se hace una buena selección.

- El estado de sanidad de los tubérculos élites, fueron cuestionados y con ello el elemento clave para el mantenimiento del estándar de sanidad se hizo dudoso.

- El excesivo número de ciclos de multiplicación originó un proceso largo y costoso, lo cual resultó en una insuficiente cantidad y calidad de semilla en el país.

El Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias INIAP (1987), tuvo el apoyo por parte del Centro Internacional de la Papa (CIP),

para implementar un sistema que eleve la calidad sanitaria de este insumo. Es así como, durante 1981, se construyó un pequeño laboratorio y dos invernaderos, para cultivos de tejidos de la Estación Experimental Santa Catalina, en donde se dieron los primeros pasos en el cultivo de tejidos, evaluaciones serológicas, obtención de plantas madres y corte de esquejes. A partir de ese año, se comenzaron a desarrollar plantas libres de enfermedades (virus principalmente), mediante técnicas de termoterapia y cultivos de meristemas.

Al obtener una planta libre de virus, se la somete a micro propagación mediante la incisión de nudos desarrollados en un medio de cultivo, provenientes de la siembra de meristemas; generando de esta manera, un número suficiente de plantas, que luego serán utilizadas como plantas madres, para desarrollar los posteriores sistemas de multiplicación de papa.

2.2.2.2. Multiplicación acelerada modelo “INIAP”

En el caso de variedades ecuatorianas que pertenecen a la subespecie *andigena*, debido a su hábito de crecimiento, el método con el cual se ha obtenido el mayor índice de multiplicación, es el de esqueje de tallo secundario o modelo INIAP, que es una combinación de las técnicas de tallo juvenil y tallo lateral. Este modelo desarrollado a partir del año 1987, es una técnica de multiplicación rápida de papa, que a partir de plantas producidas “*in-vitro*” o de tubérculos, procura el crecimiento de una gran cantidad de tallos que se desarrollan en macetas de capacidad reducida, los mismos que al ser cortados periódicamente, sometidos a aporques tardíos y enraizados en un medio apropiado, constituyen plantas vigorosas que soportan con facilidad el trasplante al campo para producir semilla prebásica INIAP (1987).

A pesar de los buenos resultados obtenidos con el modelo INIAP, existieron desventajas como: dependencia del cultivo a condiciones medio ambientales (humedad y temperatura), ataque de plagas y enfermedades y un largo ciclo de producción en invernadero, que se reflejaban en la producción de volúmenes bajos de semilla durante el lapso de seis meses.

2.2.2.3. Multiplicación de tubérculo semilla prebásica en camas con plantas *in-vitro*

Benítez (2002), recomienda que, para la producción de semilla de papa categoría prebásica, se pueden emplear plantas “*in-vitro*”, en un primer ciclo, para que en un segundo ciclo, los tubérculos menores de 5 g sean resembrados en las mismas camas en condiciones de invernadero y los mayores de 5 g sean sembrados en el campo.

A partir del segundo semestre de 1994, el Departamento de Producción de Semillas de la EESC-INIAP, puso en marcha, con buenos resultados durante tres ciclos de cultivo, un esquema de producción de semilla prebásica que se basa en el trasplante de plántulas “*in-vitro*” en camas de producción bajo condiciones controladas de invernadero.

Esta innovación, fue posible gracias al desarrollo de métodos de laboratorio, que facilitaron la producción masiva de plántulas, a partir de segmentos muy pequeños de las plantas “*in-vitro*”, constituidos por un nudo con su yema axilar y puestos en medio de cultivo; haciendo posible la obtención de índices de multiplicación de 15:1 (de un tubo se obtienen 15 tubos más). La juvenilidad del material “*in-vitro*”, generalmente resulta, en una alta capacidad productiva de mini tubérculos de categoría prebásica por unidad de superficie. Los rendimientos se sitúan entre 300 y 800 mini tubérculos por metro cuadrado, pudiéndose obtener hasta tres cosechas por año, sin embargo, la producción masiva de plántulas “*in-vitro*” requiere de instalaciones apropiadas y personal calificado (Arias, 2009).

2.2.2.4. Multiplicación en camas con plantas del método autotrófico-hidropónico

Rigato et al. (2008), mencionan que, en la producción “*in-vitro*” a gran escala, el material vegetal obtenido ha sido considerado siempre como plantas con baja capacidad fotosintética, ya que para su producción se utiliza sucrosa como fuente de carbono. El uso de sucrosa, conlleva a desarrollar uno de los

problemas más comunes en los laboratorios, comerciales y de investigación que es la contaminación, provocando grandes pérdidas económicas.

En los últimos años Kozai (2007), ha establecido que, las plantas “*in-vitro*” tienen habilidad fotosintética y que se pueden desarrollar autotróficamente, si se provee de factores físicos adecuados como, CO₂, luz y recipientes amplios sin adicionar sucrosa al medio.

En base a estos estudios y empleando técnicas de micropropagación semejante a los utilizados en hidroponía, Rigato et al. (2008), han desarrollado un sistema autotrófico-hidropónico que utiliza, mini contenedores desechables, sustrato y soluciones hidropónicas, sin agregar sucrosa ni reguladores de crecimiento, de esta manera se ha logrado obtener plantas autotróficas de papa que tienen una gran capacidad de adaptación a las condiciones de invernadero por sus tallos vigorosos y hojas anchas, reduciendo la mortalidad y disminuyendo considerablemente la contaminación.

2.2.2.5. Sistema hidropónico

El sistema hidropónico consiste en sustituir el suelo por un sustrato natural, artificial y/o sólido líquido. Este sistema no se centra en los cultivos en agua, sino que se extiende en aquellos, que se realizan en medios inertes tales como perlita, vermiculita, material volcánico, arcillas expandidas, etc. De esta forma es posible controlar electrónicamente el riego, determinar la humedad con el fin de evitar el estrés hídrico. Por otra parte, el agua se maneja a voluntad del cultivo (Arias, 2009).

Aún subsiste un concepto erróneo entre los cultivadores, que atribuye al sustrato sólo la tarea de establecer la relación del aire y del agua con el sistema de raíces de sus plantas. En realidad, el sustrato es responsable del 15%; del crecimiento de la planta, el 85%; restante está en manos del propio cultivador.

El sustrato es el medio en el cual la planta puede crecer. Por lo general, es un material o la combinación de materiales que brindan soporte,

aireación, retención y distribución de agua en la planta. Básicamente, en lo relativo a la planta, el sustrato tiene que retener el agua, el oxígeno y el suministro de nutrientes, drenar correctamente y permanecer neutro para no interferir en el desarrollo de la planta. Para el cultivador, el sustrato tiene que responder positivamente a otros factores: tiene que ser fiable, económico, ligero, fácil de manipular, fácil de eliminar y biodegradable (Arias, 2009).

2.2.2.6. Sistema aeropónico

Es un sistema de cultivo, basado en la sustentación de las raíces de las plántulas en el aire, suministrando agua y nutrientes, mediante un sistema de riego por nebulización y utilizando como soporte de las plantas estructuras de madera, forradas en su interior con plástico negro, para simular las condiciones del suelo (Arias, 2009).

Cada uno de los módulos de madera está provisto de un desagüe, el mismo que permita el retorno de la solución nutritiva al tanque de almacenamiento, para que pueda ser utilizada nuevamente, es por esta razón que la aeroponía, es un sistema de recirculación. El sistema que controla el tiempo de riego, desde el depósito central a cada cajón, se denomina programador de riego, este dispositivo electrónico pone en marcha las válvulas selenoides que permiten el paso del agua, en conjunto, con la solución nutritiva para que sea suministrada las 24 horas del día por los nebulizadores, directamente hacia las raíces de las plantas, con una frecuencia de riego de 15 segundos en intervalos de 15 minutos.

2.2.3. Características generales sobre el sistema aeropónico

En el sistema aeropónico, se presenta un crecimiento exuberante del sistema radicular, en relación a la parte aérea, que presenta un crecimiento moderado. Del mismo modo, los estolones sufren un incremento tanto en su longitud, como en su grosor, siendo su longitud igual a la altura del cajón, llegando en algunos casos al doble de su altura (Arias, 2009).

En el sistema aeropónico, la producción de mini tubérculos se incrementa durante el desarrollo del cultivo, alcanzando un pico de producción, ya que este sistema permite realizar varias cosechas, hasta que las plantas cumplan con su ciclo, las primeras cosechas presentan tubérculos con calibres ideales > 8 gramos; esta condición permite que, estos tubérculos puedan ser sembrados directamente en campo, para su posterior multiplicación. Cuando la finalización del ciclo biológico de las plantas está próxima, el calibre de cosecha ideal disminuye y se cosechan los mini tubérculos que, tienen un calibre menor pero que son perfectamente válidos para la plantación en campo, con el fin de aumentar el rendimiento (Arias, 2009).

Las observaciones realizadas durante el desarrollo de las plantas de papa en el sistema aeropónico, han demostrado que, estando los estolones de la parte subterránea de la planta en total oscuridad, las pequeñas hojitas desarrollan al inicio un color verde amarillento en toda la extensión de su desarrollo, tornándose estas hojitas a medida que avanza el ciclo de la planta, en un color amarillento blanquecino, para finalmente darán lugar a los mini tubérculos (Arias, 2009).

Por otro lado, algunos mini tubérculos en el sistema aeropónico paralizan su desarrollo, lo que se nota porque los mismos se muestran rugosos y envejecidos. Algunos reanudan de nuevo su crecimiento diferenciándose dos partes, una vieja y otra nueva, esto se produce cuando los mini tubérculos, no reciben la suficiente aportación hídrica. Se debe mencionar también que, algunos mini tubérculos desarrollan estolones que darán a su vez nuevos mini tubérculos, incrementando de este modo la producción. También hay mini tubérculos que no desarrollan estolones, pero desarrollan otro mini tubérculo de ellos mismos, formando una estructura de rosario (Arias, 2009).

Los mini tubérculos obtenidos en el sistema aeropónico, presentan lenticelas muy abiertas, esto se debe a que el lugar en donde se desarrollan registra una gran humedad relativa, esta condición es favorable, ya que así evitan pérdidas de agua y aprovechan todas las reservas que acumulan para su crecimiento; es por esta característica que, los mini tubérculos después de ser cosechados deben estar un período de tiempo, entre cinco y siete días a temperatura ambiente, a fin de que la

fisiología y el mini tubérculo en sí, no sufra antes de introducirlo en la cámara de conservación a 5°C.

2.2.4. Solución nutritiva

La solución nutritiva se compone de la mezcla de agua y fertilizantes químicos, que se suministran a la planta como fuente de alimentos y que deben cubrir las necesidades de la misma. Para ello se añadirán el agua y los nutrientes minerales necesarios para su óptimo desarrollo. Como se puede suponer, la solución nutritiva estará compuesta por iones (aniones y cationes) en disolución (Arias, 2009).

La composición de la solución nutritiva varía de acuerdo al crecimiento de las plantas, dependiendo de la fase de crecimiento de las mismas.

2.2.4.1. Soluciones estáticas

Están basadas en fórmulas estáticas y son aquellas que no cambian a lo largo del proceso productivo de la planta.

2.2.4.2. Soluciones dinámicas

Están basadas en fórmulas dinámicas y son aquellas que cambian a lo largo del proceso productivo de la planta, de acuerdo a su etapa fenológica.

2.2.4.3. Soluciones para fertirrigación

Samperio (2009), indica que, las soluciones utilizadas en fertirrigación, son soluciones nutritivas que no están completamente balanceadas, ya que son preparadas para suministrar ciertos elementos esenciales a las plantas. Algunas características de las soluciones nutritivas utilizadas en hidroponía pueden ser consideradas en los sistemas de fertirrigación. Algunas condiciones que se deben tener en cuenta son:

2.2.4.3.1. Balance y concentración de nutrientes

Se deberá suministrar todos los elementos esenciales para las plantas. En mayor concentración (milimoles/litro) los elementos N, P, K, Ca, Mg y S. En menor concentración irán los elementos Cu, Zn, Fe, Mn, Mo, Cl, B.

2.2.4.3.2. Formas asimilables de los elementos

Todos los elementos deben estar en solución en forma asimilable por las plantas. Cationes: K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Fe^{2+} , Mn^{2+} , Cu^{2+} , Zn^{2+} , NH_4^+ ; Aniones: NO_3^- , $H_2PO_4^-$, HPO_4^{2-} , $H_2BO_3^-$, MoO_4^{2-} , SO_4^{2-} , Cl^- .

2.2.4.3.3. Intervalo de pH

La mayoría de las plantas, crecen muy bien con soluciones nutritivas de pH 5 a 6,5. Se considera, en términos generales, que el mantener la solución en un pH de 6 a 6,5; favorece un crecimiento vegetal satisfactorio. Esto impide una lesión a la raíz por alta acidez o alta alcalinidad. No se aconseja llegar a un pH de 7 porque la mayoría de fósforo se encuentra como HPO_4^{2-} cuya velocidad de absorción por la planta es menor que la de $H_2PO_4^-$.

2.2.5. Fertilización

Muñoz (2000), indica que, entre mayor sea el rendimiento obtenido mayor es la extracción de nutrientes; por lo tanto, entre mayor sea el rendimiento potencial o esperado del cultivo de papa, mayor será los requerimientos nutricionales, los mismos que se detallan a continuación.

2.2.5.1. Nitrógeno

Las plantas absorben en forma de ión amonio (NH_4^+) o nitrato (NO_3^-). La función más importantes es la de involucrarse en la fotosíntesis, por ser constituyente de la molécula de clorofila. De igual manera, es componente de

vitaminas, sistemas de energía y aminoácidos, los cuales forman proteínas; por tanto, es directamente responsable del contenido de proteínas en las plantas, es por eso que la planta de papa necesita nitrógeno para el crecimiento, el cual debe estar disponible continuamente para nutrir el desarrollo de los tubérculos.

2.2.5.2. Fósforo

Es esencial para el crecimiento de las plantas. Este nutriente es absorbido por las plantas como ión ortofosfato primario (H_2PO_4^-) o como ortofosfato secundario ($\text{HPO}_4^{=}$). Desempeña un papel importante en la fotosíntesis, respiración, almacenamiento y transferencia de energía, la división y crecimiento celular y otros procesos que se llevan a cabo en la planta.

La deficiencia de fósforo retarda la madurez, las raíces y los estolones disminuyen en número, por lo tanto, la planta produce menor número de tubérculos.

2.2.5.3. Potasio

El potasio, es uno de los nutrientes principales para la planta, al igual que el nitrógeno y el fósforo. El orden de requerimiento en la papa es potasio, nitrógeno y fósforo. El potasio es absorbido por las plantas en forma iónica K^+ ; es conocido que el potasio juega un papel importante en la fotosíntesis, transporte de los productos de la fotosíntesis, regulación de los poros de las plantas (estomas), activación de los catalizadores de la planta (enzimas) y muchos otros procesos. Las plantas deficientes en potasio no pueden usar en forma eficiente el agua y otros nutrientes y son menos tolerantes a las sequías y son menos resistentes a plagas y enfermedades.

La necesidad de fertilizar con altos contenidos de potasio, también se explica por los altos requerimientos de la nutrición de la papa y por el equilibrio con el nitrógeno, además, el potasio es el principal elemento responsable de la movilización de almidón desde las hojas al tubérculo, por lo tanto un alto

contenido de potasio, es necesario para obtener altos rendimientos y alta calidad en la producción.

2.2.5.4. Calcio

El calcio, está relacionado con la síntesis de proteínas, la división de la célula y el crecimiento y desarrollo de tejido meristemático. Las concentraciones de calcio en los tubérculos de papa y en el rastrojo son relativamente bajas. El calcio es un elemento inmóvil. Si existe deficiencia llega a manifestarse en la falta de desarrollo de las yemas terminales.

2.2.5.5. Magnesio

El magnesio es absorbido por las plantas como catión Mg^{2+} . El magnesio es el átomo central de la molécula de clorofila, por lo tanto, está involucrado activamente en la fotosíntesis. El nitrógeno y el magnesio, son los únicos nutrientes provenientes del suelo que son parte de la clorofila; además, el magnesio interviene en el metabolismo del fósforo, en la respiración y en la activación de muchos sistemas enzimáticos en las plantas.

2.2.5.6. Azufre

El azufre forma parte de aminoácidos que forman las proteínas, ayuda a desarrollar las enzimas y vitaminas. Es necesario en la formación de clorofila a pesar de no ser constituyente de la misma. Interviene en la formación de compuestos, que imparten resistencia a la sequía y al frío; la necesidad de azufre está muy relacionado con la cantidad de nitrógeno disponible por la plantas. Las deficiencias producen un color verde pálido en las hojas más jóvenes, debido a su baja movilidad en la planta, cuando es severa se vuelve pálida toda la planta.

2.2.5.7. Micronutrientes

Siete de los 16 nutrientes esenciales para la planta se denominan Micronutrientes y son boro (B), cobre (Cu), hierro (Fe), manganeso

(Mn), molibdeno (Mo), zinc (Zn) y cloro (Cl). Los micronutrientes son tan importantes para las plantas como los nutrientes primarios y secundarios, a pesar de que las plantas los requieren en cantidades muy pequeñas.

La ausencia de cualquiera de estos micronutrientes en el suelo, pueden limitar el crecimiento de las plantas, aun cuando todos los demás nutrientes esenciales estén en cantidades adecuadas. El efecto de la deficiencia de los micronutrientes puede no ser tan evidente como los nutrientes mayores, pero la deficiencia de ellos puede existir aunque no haya síntomas visibles.

2.2.6. Biol

El Manual Agropecuario (2002), indica que, el biol es el afluente líquido que se descarga de un digestor como resultado de la descomposición anaeróbica o biodigestión de materia orgánica (Estiércol de animales de granja y leguminosas), el cual aparece como residuo líquido sobrenadante resultantes de la fermentación metanogénica de los desechos orgánicos.

2.2.6.1. Uso del biol

El abono foliar (biol), puede ser utilizado para múltiples cultivos, sean de ciclo corto (algunas hortalizas), anuales (quinua, papa, cañihua, etc), bianuales (maca) o perennes (alfalfa), cultivados, plantas ornamentales, etc, gramíneas (trigo, cebada, avena), raíces (nabo, zanahoria),forrajeras (asociación de pastos cultivados), leguminosas (habas, fréjol), frutales (cítricos, piña, palto), hortalizas (acelga, zanahoria, lechuga, apio), tubérculos (papa, oca, camote), con aplicación dirigidas al follaje. Se emplea biol para la recuperación pronta de las plantas dañadas después de las heladas y granizadas (Manual Agropecuario, 2002).

2.2.6.2. Ventajas del biol

Acelera el crecimiento y desarrollo de la plantas; mejora producción y productividad de las cosechas; aumenta la resistencia a plagas y enfermedades (mejora la actividad de los microorganismos benéficos del suelo y

ocasiona un mejor desarrollo de raíces, en hojas y en los frutos; aumenta la tolerancia a condiciones climáticas adversas (heladas, granizadas, otros); es ecológico, compatible con el medio ambiente y no contamina el suelo; es económico; acelera la floración; en trasplante, se adapta mejor la planta en el campo; conserva mejor el NPK, Ca, debido al proceso de descomposición anaeróbica lo cual nos permite aprovechar totalmente los nutrientes; el N que contiene se encuentra en forma amoniacal que es fácilmente asimilable (Manual Agropecuario, 2002).

2.3. HIPÓTESIS

Ho1. Existe diferencias en la producción aeropónica de mini tubérculos de semilla de papa utilizando dos tipos de biol en tres dosis y tres frecuencias de aplicación?

2.4. VARIABLES DE LA HIPÓTESIS

2.4.1. Variable dependiente

Vigorosidad de las plantas, sobrevivencia, producción y calidad de semilla.

2.4.2. Variables independientes

Utilización de dos bioles orgánicos, aplicados en tres dosis y tres frecuencias.

2.5. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

La operacionalización de variables para los factores en estudio se muestra en el cuadro 1.

CUADRO 1. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Variable	Concepto	Indicadores	Índices
Independiente	Es un abono orgánico líquido, resultado de la descomposición de	Porcentaje de sobrevivencia	%
Fertilizantes foliares (biol)	residuos animales y vegetales. En ausencia de oxígeno. Contiene nutrientes que son fácilmente asimilados por las plantas haciéndolas más vigorosas y resistentes.	Días a la tuberización Altura de planta al inicio de la tuberización	días cm
Dependiente	Es la obtención de semilla de buena calidad libre de plagas y enfermedades para la producción agrícola eficiente tanto económica como ambientalmente.	Días a la primera cosecha. Rendimiento por planta	Días g/planta
Producción de semilla		Número de tubérculos por planta Categorías	m ² %

CAPÍTULO 3

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. ENFOQUE, MODALIDAD Y TIPO DE LA INVESTIGACIÓN

Esta investigación se define por: enfoque cualitativo que se refiere a las cualidades de la investigación; cuantitativo que se refiere a todos los datos que podamos contar, procesarlas y ordenar en el transcurso de la investigación; modalidad de campo, es decir que la investigación se realizó en el campo en parcelas de acuerdo al diseño experimental planteado; con apoyo de información documental, local, nacional e internacional.

3.2. UBICACIÓN DEL ENSAYO

El ensayo se llevó a cabo en el en el invernadero de la hacienda San José, ubicado en el cantón Mejía de la provincia de Pichincha, cuyas coordenadas geográficas son 00° 02' 36" de latitud Sur y 78° 08' 28" de longitud Oeste (Sistema de Posicionamiento Global, GPS), a la altitud de 2 920 msnm.

3.3. CARACTERIZACIÓN DEL LUGAR

Temperatura media anual: 12°C, precipitación acumulada anual: 500 mm, humedad relativa promedio: 50%, textura del suelo: franco, topografía: plana (INAMHI, 2011).

3.3.1. Características del invernadero

Estructura de madera, paredes de bloque con ventanas cubiertas con malla, piso de pavimento, temperatura mínima promedio: 10°C, temperatura máxima promedio: 29,5°C, temperatura promedio: 20°C, humedad relativa: 75%.

3.4. FACTORES EN ESTUDIO

3.4.1. Productos orgánicos

Biol 50% de P	P1
Biol 60% de K	P2

3.4.2. Dosis

2 l/20 l de agua (10%)	D1
4 l/20 l de agua (20%)	D2
6 l/20 l de agua (30%)	D3

3.4.3. Frecuencia de aplicación

A los 60 días del trasplante	F1
A los 90 días del trasplante	F2
A los 120 días del trasplante	F3

3.4.4. Testigo

El testigo no recibió aplicación de biol.

3.5. DISEÑO EXPERIMENTAL

Se utilizó el diseño experimental de bloques completamente al azar (DBCA), en arreglo factorial de $2 \times 3 \times 3 + 1$, con tres repeticiones.

3.6. TRATAMIENTOS

Los tratamientos fueron 19, como consta en el cuadro 2.

CUADRO 2. TRATAMIENTOS

No.	Símbolo	Productos	Dosis (l/20 l de agua)	Frecuencias
1	P1D1F1	Biol 50% de P	2	A los 60 días del trasp.
2	P1D1F2	Biol 50% de P	2	A los 90 días del trasp.
3	P1D1F3	Biol 50% de P	2	A los 120 días del trasp.
4	P1D2F1	Biol 50% de P	4	A los 60 días del trasp.
5	P1D2F2	Biol 50% de P	4	A los 90 días del trasp.
6	P1D2F3	Biol 50% de P	4	A los 120 días del trasp.
7	P1D3F1	Biol 50% de P	6	A los 60 días del trasp.
8	P1D3F2	Biol 50% de P	6	A los 90 días del trasp.
9	P1D3F3	Biol 50% de P	6	A los 120 días del trasp.
10	P2D1F1	Biol 60% de K	2	A los 60 días del trasp.
11	P2D1F2	Biol 60% de K	2	A los 90 días del trasp.
12	P2D1F3	Biol 60% de K	2	A los 120 días del trasp.
13	P2D2F1	Biol 60% de K	4	A los 60 días del trasp.
14	P2D2F2	Biol 60% de K	4	A los 90 días del trasp.
15	P2D2F3	Biol 60% de K	4	A los 120 días del trasp.
16	P2D3F1	Biol 60% de K	6	A los 60 días del trasp.
17	P2D3F2	Biol 60% de K	6	A los 90 días del trasp.
18	P2D3F3	Biol 60% de K	6	A los 120 días del trasp.
19	T			

3.6.1. Análisis

Se efectuó el análisis de variancia (ADEVA), de acuerdo al diseño experimental planteado; pruebas de significación de Tukey al 5%, para diferencias entre tratamientos, factor dosis y frecuencias de aplicación e interacciones; pruebas de Diferencia Mínima Significativa al 5% para el factor productos y polinomios ortogonales con cálculo de correlación y regresión para los factores dosis y frecuencias de aplicación.

El análisis económico de los tratamientos, se realizó aplicando el método de la relación beneficio costo (RBC).

3.7. MEMORIA TÉCNICA

Número total de tratamientos:	19
Número total de parcelas:	57
Ancho de caminos	0,60 m
Superficie del ensayo:	120 m ²
Superficie por parcela:	6,6 m ²
Superficie total de parcelas:	60 m ²
Superficie de la parcela neta:	20 m ²
Superficie de caminos:	4,8 m ²
Número de plantas en el ensayo:	2 160

3.8. DATOS TOMADOS

3.8.1. Días a la tuberización

Se contabilizaron los días transcurridos desde el trasplante hasta el momento en que 10 plantas seleccionadas al azar en la parcela neta se encontraron en el inicio del proceso de tuberización, considerando el inicio de la tuberización cuando las plantas presentaron al menos tres tubérculos de aproximadamente 1 cm de diámetro.

3.8.2. Altura de planta

La altura de planta, se midió con flexómetro desde la base del tallo hasta el ápice del tallo principal, en 10 plantas tomadas al azar de cada parcela neta, cuando se encontraron en el inicio del proceso de tuberización (entre los 134 y 145 días del trasplante).

3.8.3. Porcentaje de sobrevivencia

Se evaluó al final del ensayo (a los 210 días del trasplante), mediante el conteo de las plantas que sobrevivieron al tratamiento y relacionando con el total de plantas trasplantadas, llevando los valores a porcentaje.

3.8.4. Días a la primera cosecha

Para esta evaluación, se contabilizaron los días transcurridos desde el trasplante hasta cuando 10 tubérculos seleccionados al azar de las plantas de la parcela neta, presentaron el diámetro aproximado de 3 cm.

3.8.5. Número de tubérculos por planta

Al momento de la cosecha, dentro de la parcela neta, se registró el número de tubérculos por planta, en 10 plantas tomadas al azar de cada parcela neta.

3.8.6. Rendimiento

El rendimiento se obtuvo mediante el peso total de los tubérculos cosechados en el total de plantas de la parcela (cuatro cosechas en el lapso de treinta días), expresando los valores en kilogramos por tratamiento, haciendo relación con el número de plantas sobrevividas.

3.8.7. Categorización de tubérculos

Después de la cosecha, se clasificaron los tubérculos de acuerdo al peso, tomado como referencia la escala de clasificación de semilla de papa establecida por Pinza (2005):

Categorías	peso (g)
Primera	>60
Segunda	40-60
Tercera	20-40
Cuarta	10-20
Quinta	5-10
Sexta	2-5
Séptima	<2

3.9. MANEJO DE LA INVESTIGACIÓN

3.9.1. Construcción del cajón oscuro

El cajón oscuro fue una estructura de madera, con las siguientes dimensiones (1 m de ancho x 20 m de largo x 0,80 m de altura); los listones de madera que se utilizaron en su implementación, fueron acoplados con clavos.

3.9.2. Instalación de planchas de espumaflex

Una vez que la estructura del cajón oscuro estuvo terminada, se procedió a cubrirlo con planchas de espumaflex, en las partes inferior y superior, así

como también los laterales En la parte inferior se acoplaron las planchas a lo largo de toda la estructura, de igual manera que en las paredes laterales del cajón.

3.9.3. Instalación del plástico

Una vez instaladas las planchas de espumaflex, se cubrió todo el interior del cajón con plástico negro.

3.9.4. Instalación del sistema de riego

El sistema de riego constó de un tanque de 1000 litros de capacidad, el mismo que se conectó a una bomba de medio caballo de potencia, que distribuye la solución nutritiva por medio de los nebulizadores que están acoplados a una distancia de 50 cm a las mangueras distribuidas en cada uno de los cajones, paralelamente se instaló un interruptor horario (timer), con el fin de regular automáticamente el tiempo de la fertirrigación. En los primeros meses el tiempo de riego fue con la frecuencia de cada 15 minutos por el lapso de 15 segundos por riego y cuando empezó la cosecha el riego fue cada 3 horas por el lapso de 15 segundos por riego.

3.9.5. Adquisición de plantas y trasplante

Para el trasplante, se adquirieron plántulas de papa in Vitro, de la variedad Superchola, en los laboratorios Microplant y se efectuó el trasplante cuando las plántulas presentaron una altura de 5 a 6 cm, a un distancia de 0,14 m entre plantas e hileras.

3.9.6. Adquisición de bioles

Los Bioles motivo de la investigación fueron adquiridos en la casa comercial Insumos orgánicos Román, de la ciudad de Quito, sector Cumbayá.

3.9.7. Aplicación de productos orgánicos

La aplicación de los bioles se efectuó de acuerdo a las dosis y frecuencias planteadas para el ensayo. Para tal efecto se utilizó bomba de mochila, cubriendo todo el follaje de la planta. El análisis químico de los bioles se muestra en el anexo 12.

3.9.8. Tutoreo

El tutorado se realizó a los 55 días del trasplante. Para este efecto se colocaron tiras de madera a los lados de cada caja, luego con piola se tejieron tres pisos de malla para evitar que las plantas se viren.

3.9.9. Controles fitosanitarios

Se efectuaron controles preventivos para “Oidio” (*Oidio spp*) utilizando Topas (Penconazol) 12 cc/20 l; para “Lancha” (*Phytophthora infestans*) con Lanchafin (Metaxanil + Mancozeb) 30 g/20 l, Daconil (Clorotalonil) 1 g/l; para “Polilla” (*Symmetrischema tangolias* y *Tecia solanívora*) mediante la aplicación de Polux 5 g/20 l y para la pudrición de la raíz se aplicó al tanque de riego 250 cc de Phyton (Sulfato de cobre pentahidratado).

3.9.10. Fertilización

En el sistema aeropónico la fertilización y el riego se manejaron en conjunto (fertirrigación) y se realizó en base a la solución nutritiva hidropónica para papa recomendada por la Universidad Nacional Agraria la Molina Perú (Anexo 1).

3.9.11. Cosecha

La cosecha se efectuó en forma manual, empezando por cada tratamiento. Luego, los tubérculos fueron contados clasificados por categorías y almacenados en un cuarto frío a la temperatura de 4°C.

CAPÍTULO 4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. RESULTADOS, ANÁLISIS ESTADÍSTICO Y DISCUSIÓN

4.1.1. Días a la tuberización

Los días transcurridos desde el trasplante hasta el inicio de proceso de tuberización en cada tratamiento, sometido a un sistema aeropónico, para la producción de tubérculos semilla prebásica de papa variedad Superchola, se presenta en el anexo 2, con valores que van desde 130,00 días hasta 145,00 días, promedio general de 138,93 días. Sometiendo al análisis de variancia (cuadro 3), no se encontraron diferencias estadísticas significativas para tratamientos. Igualmente los factores productos, dosis y frecuencias de aplicación no reportaron significación, como también las interacciones entre los factores. El testigo versus el resto de tratamientos fue no significativa, en tanto que, el coeficiente de variación fue de 4,25%, que brinda confiabilidad a los resultados presentados.

CUADRO 3. ANÁLISIS DE VARIANCIA PARA DÍAS A LA TUBERIZACIÓN

Fuente de Variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Valor de F
Repeticiones	2	91,614	45,807	1,32 ns
Tratamientos	18	239,719	13,318	0,38 ns
Productos (P)	1	56,019	56,019	1,61 ns
Dosis (D)	2	16,259	8,130	0,23 ns
Frecuencias (F)	2	6,370	3,185	0,09 ns
P x D	2	18,481	9,241	0,27 ns
P x F	2	29,037	14,519	0,42 ns
D x F	4	14,185	3,546	0,10 ns
P x D x F	4	37,963	9,491	0,27 ns
Testigo vs. resto	1	61,404	61,404	1,76 ns
Error experimental	36	1 254,386	34,844	
Total	56	1 585,719		

Coef. de var. 4,25%

ns = no significativo

Los resultados obtenidos permiten observar que, no existieron diferencias estadísticas significativas en los días a la tuberización, tanto entre productos orgánicos, dosis y frecuencias de aplicación, por lo que este tiempo transcurrido fue prácticamente igual entre todos los tratamientos sometidos a un sistema de crecimiento aeropónico. Es posible que, los bioles aplicados al cultivo, no

influyen relevantemente en los días a la tuberización de las plantas, la cual se produjo a los 138,93 días de promedio, lo que si se detectó en el crecimiento de las plantas y en la producción de tubérculos.

4.1.2. Altura de planta

El anexo 3, muestra los valores del crecimiento en altura de planta, registrada al inicio del proceso de tuberización (134-145 días del trasplante), con alturas que van desde 122,10 cm hasta 149,70 cm, promedio general de 139,54 cm. Según el análisis de variancia (cuadro 4), se observaron diferencias estadísticas altamente significativas para tratamientos. El factor productos orgánicos fue significativo a nivel del 1%. El factor dosis de aplicación reportó significación al 1% con tendencia lineal y cuadrática a este mismo nivel. El factor frecuencias de aplicación fue significativo a nivel del 1% con tendencia lineal altamente significativa. La interacción entre dosis y frecuencias de aplicación reportó significación a nivel del 5% y el testigo se diferenció del resto de tratamientos a nivel del 1%. El coeficiente de variación fue de 2,65%, cuyo valor es aceptable para conferir validez a los resultados.

CUADRO 4. ANÁLISIS DE VARIANCIA PARA ALTURA DE PLANTA

Fuente de Variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Valor de F
Repeticiones	2	7,205	3,602	0,26 ns
Tratamientos	18	1 922,259	106,792	7,81 **
Productos (P)	1	593,418	593,418	43,38 **
Dosis (D)	2	334,291	167,146	12,22 **
Tendencia lineal	1	180,947	180,947	13,23 **
Tendencia cuadrática	1	153,344	153,344	11,21 **
Frecuencias (F)	2	155,807	77,904	5,70 **
Tendencia lineal	1	140,067	140,067	10,24 **
Tendencia cuadrática	1	15,740	15,740	1,15 ns
P x D	2	36,801	18,401	1,35 ns
P x F	2	15,128	7,564	0,55 ns
D x F	4	173,138	43,285	3,16 *
P x D x F	4	44,070	11,018	0,81 ns
Testigo vs. resto	1	569,605	569,605	41,64 **
Error experimental	36	492,403	13,678	
Total	56	2 421,867		

Coef. de var. 2,65%

ns = no significativo

* = significativo al 5%

** = significativo al 1%

Aplicando la prueba de significación de Tukey al 5% para tratamientos, en el crecimiento en altura de planta, se detectaron seis rangos de significación (cuadro 5). La mayor altura de planta reportó el tratamiento D2D1F1 (Biol 60% de P, 2 l/20 l, a los 60 días del trasplante), con el mayor promedio de 147,76 cm, ubicado en el primer rango; seguido de los tratamientos P2D2F1 (Biol 60% de K, 4 l/20 l, a los 60 días del trasplante), P2D2F2 (Biol 60% de K, 4 l/20 l, a los 90 días del trasplante) y P2D1F2 (Biol 60% de K, 2 l/20 l, a los 90 días del trasplante) que compartieron el primero y segundo rangos, con promedios que van desde 146,61 cm hasta 144,34 cm y de varios tratamientos que compartieron el primer rango con rangos inferiores. El menor crecimiento en altura de planta, por su parte, registró el testigo, con promedio de 126,12 cm, ubicado en el sexto rango y último lugar en la prueba.

CUADRO 5. PRUEBA DE TUKEY AL 5% PARA TRATAMIENTOS EN LA VARIABLE ALTURA DE PLANTA

Tratamientos		Promedio (cm)	Rango
No.	Símbolo		
10	P2D1F1	147,76	a
13	P2D2F1	146,41	ab
14	P2D2F2	145,67	ab
11	P2D1F2	144,34	ab
18	P2D3F3	143,10	abc
16	P2D3F1	142,73	abad
12	P2D1F3	142,65	abad
15	P2D2F3	142,50	abad
4	P1D2F1	141,83	abcd
1	P1D1F1	140,82	abcd
2	P1D1F2	140,81	abcd
5	P1D2F2	140,03	abcde
6	P1D2F3	139,53	abcde
17	P2D3F2	137,20	abcdef
7	P1D3F1	136,25	bcdef
9	P1D3F3	132,75	cdef
3	P1D1F3	131,61	def
8	P1D3F2	129,05	ef
19	T	126,12	f

La prueba de Diferencia Mínima Significativa al 5% para productos orgánicos, en la evaluación del crecimiento en altura de planta, separó los promedios en dos rangos de significación bien definidos (cuadro 6). La mayor altura de planta se obtuvo en los tratamientos que recibieron aplicación de Biol 60% de K (P2), con promedio de 143,60 cm, ubicado en el primer rango; mientras que, los tratamientos

que recibieron aplicación de Biol 50% de P (P1), experimentaron menor crecimiento, con promedio de 136,97 cm, ubicado en el segundo rango.

CUADRO 6. PRUEBA DE DIFERENCIA MÍNIMA SIGNIFICATIVA AL 5% PARA PRODUCTOS ORGÁNICOS, EN LA VARIABLE ALTURA DE PLANTA

Productos orgánicos	Promedio (cm)	Rango
Biol 60% de K (P2)	143,60	a
Biol 50% de P (P1)	136,97	b

En relación al factor dosis de aplicación de productos orgánicos, mediante la prueba de significación de Tukey al 5%, para el crecimiento en altura de planta, se establecieron dos rangos de significación bien definidos (cuadro 7). La mayor altura de planta se alcanzó en los tratamientos que recibieron aplicación de productos orgánicos en la dosis de 4 l/20 l de agua (20%) (D2), con el mayor promedio de 142,66 cm, ubicado en el primer rango; seguido de los tratamientos de la dosis de 2 l/20 l de agua (10%) (D1), que compartió el primer rango, con promedio de 141,33 cm. El menor crecimiento en altura de planta reportaron los tratamientos que se aplicó la dosis de 6 l/20 l de agua (30%) (D3), al ubicarse en el segundo rango el promedio de 136,85 cm.

CUADRO 7. PRUEBA DE TUKEY AL 5% PARA DOSIS DE APLICACIÓN, EN LA VARIABLE ALTURA DE PLANTA

Dosis	Promedio (cm)	Rango
4 l/20 l de agua (20%) D2	142,66	a
2 l/20 l de agua (10%) D1	141,33	a
6 l/20 l de agua (30%) D3	136,85	b

La figura 1, muestra la regresión lineal y cuadrática entre dosis de productos orgánicos versus altura de planta, en donde las tendencias de la recta y de la parábola ubican los mejores resultados en los tratamientos que recibieron aplicación de productos orgánicos en la dosis de 4 l/20 l de agua (D2), con correlación lineal significativa de -0,74 * y cuadrática altamente significativa de -0,98 **, por lo que al ser éste último el valor más alto, la tendencia cuadrática explica mejor el comportamiento de las dosis de aplicación.

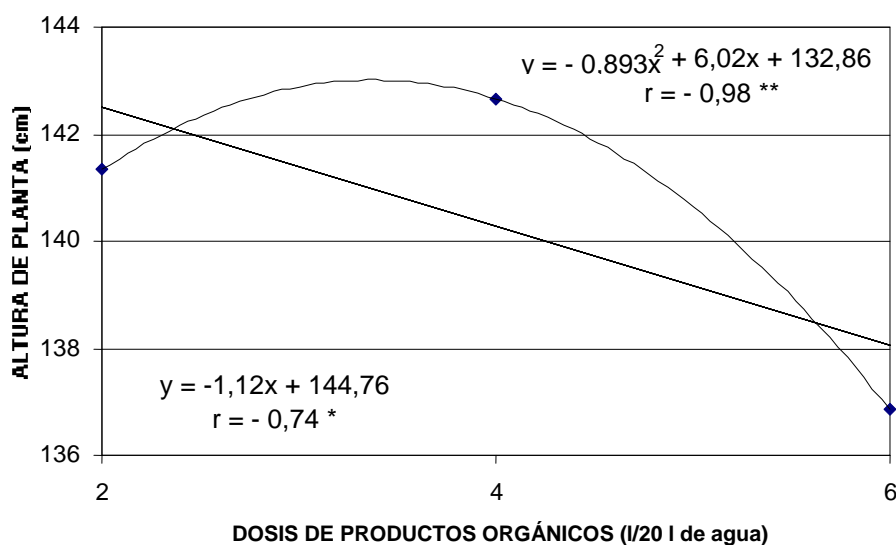


FIGURA 1. Regresión lineal y cuadrática para dosis de productos orgánicos versus altura de planta

Con respecto al factor frecuencias de aplicación de productos orgánicos, en la altura de planta, la prueba de significación de Tukey al 5%, separó los promedios en dos rangos de significación bien definidos (cuadro 8). El mayor crecimiento en altura de planta registraron los tratamientos que recibieron aplicación de productos orgánicos a los 60 días del trasplante (F1), con el mayor promedio de 142,63 cm, ubicado en el primer rango. La altura de planta fue menor, por su parte, en los tratamientos que se aplicaron los productos orgánicos a los 90 días del trasplante (F2) y a los 120 días del trasplante (F3), con promedios de 139,52 cm y 138,69 cm, para cada lectura, respectivamente, al compartir el segundo rango, en su orden.

CUADRO 8. PRUEBA DE TUKEY AL 5% PARA FRECUENCIAS DE APLICACIÓN, EN LA VARIABLE ALTURA DE PLANTA

Frecuencias		Promedio (cm)	Rango
A los 60 días del trasplante	F1	142,63	a
A los 90 días del trasplante	F2	139,52	b
A los 120 días del trasplante	F3	138,69	b

Mediante la figura 2, se ilustra la regresión lineal entre frecuencias de aplicación de productos orgánicos versus el crecimiento en altura de planta, en donde las tendencias negativa de la recta, ubica los mejores resultados en los tratamientos que se aplicó los productos orgánicos a los 60 días del trasplante (F1), con correlación lineal altamente significativa de -0,95**.

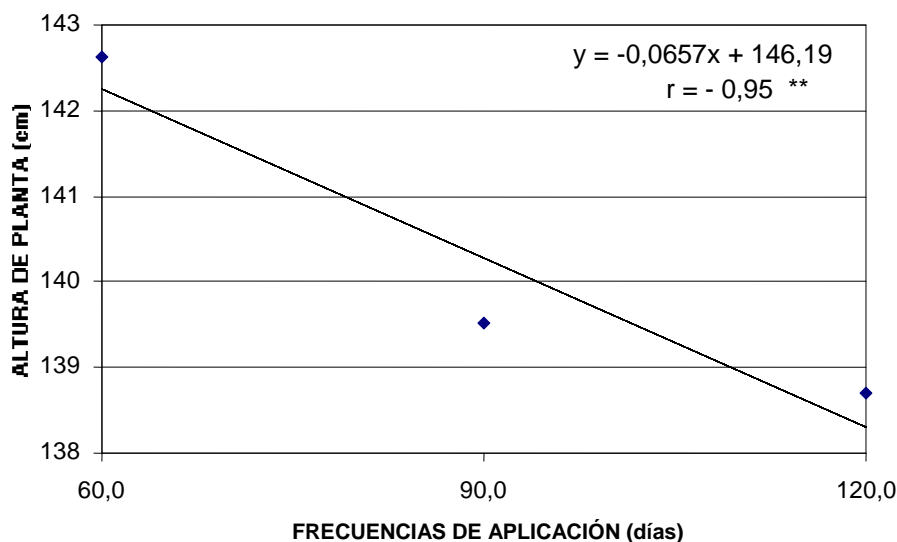


FIGURA 2. Regresión lineal para frecuencias de aplicación versus altura de planta

Aplicando la prueba de significación de Tukey al 5%, para la interacción dosis por frecuencias de aplicación, en la altura de planta, se reportaron dos rangos de significación (cuadro 9). La mayor altura de planta se obtuvo en las

interacciones D1F1 (1/20 l, a los 60 días del trasplante), D2F1 (4 l/20 l, a los 60 días del trasplante), D2F2 (4 l/20 l, a los 90 días del trasplante), D1F2 (2 l/20 l, a los 90 días del trasplante) y D2F3 (4 l/20 l, a los 120 días del trasplante), que compartieron el primer rango, con promedios que van desde 144,29 cm hasta 141,02 cm; seguido del resto de interacciones que compartieron el primero y segundo rangos. La menor altura de planta, reportó la interacción D3F2 (6 l/20 l, a los 90 días del trasplante), con promedio de 133,13 cm, al ubicarse en el segundo rango y último lugar en la prueba.

CUADRO 9. PRUEBA DE TUKEY AL 5% PARA LA INTERACCIÓN DOSIS POR FRECUENCIAS DE APLICACIÓN, EN LA VARIABLE ALTURA DE PLANTA

D x F	Promedio (cm)	Rango
D1F1	144,29	a
D2F1	144,12	a
D2F2	142,85	a
D1F2	142,57	a
D2F3	141,02	a
D3F1	139,49	ab
D3F3	137,92	ab
D1F3	137,13	ab
D3F2	133,13	b

Analizando los resultados del crecimiento en altura de planta, es posible deducir que, la aplicación de bioles al cultivo de papa variedad Superchola, para la producción de tubérculos semilla categoría prebásica, en un sistema aeropónico, influyó favorablemente en este crecimiento, por cuanto los tratamientos que recibieron aplicación, reportaron mayores alturas que lo observado en el testigo. En este sentido, los mejores resultados se obtuvieron con la aplicación de Biol 60% de K (P2), con el cual la altura de planta superó en promedio de 6,63 cm, que lo obtenido en los tratamientos de Biol 50% de P (P1). Igualmente, con la utilización de la dosis de 4 l/20 l de agua (D2), se alcanzaron plantas de mayor desarrollo, incrementándose en promedio de 5,81 cm, al comparar con los tratamientos de la dosis (D3); y, al aplicar los productos a los 60 días del trasplante (F1), la altura de planta se incrementó en promedio de 3,94 cm, que lo reportado por la frecuencia (F3); lo que permite inferir que, la aplicación de Biol 60% de K, en dosis de 4 l/20 l de agua, aplicado a los 60 días del trasplante, es el tratamiento

apropiado para mejorar el crecimiento y desarrollo de las plantas, como lo manifestado por El biol (2009), que permite aprovechar el estiércol de los animales, sometidos a un proceso de fermentación anaerobia, obteniendo una fuente orgánica de fitorreguladores, que es capaz de promover actividades fisiológicas y estimular el desarrollo de las plantas, sirviendo para actividades agronómicas como acción sobre el follaje y activa el vigor, traduciéndose todo esto en aumento significativo de las cosechas.

4.1.3. Porcentaje de sobrevivencia

Mediante la relación del número de plantas por tratamiento y el número de plantas al final de ensayo (anexo 4) se obtuvo el porcentaje de sobrevivencia, cuyos valores para cada tratamiento se indican en el anexo 5, con porcentajes que van desde 69,44% hasta 97,22%, promedio general de 84,70%. El análisis de variancia (cuadro 10), no reportó diferencias estadísticas significativas para tratamientos. Así mismo, los factores productos, dosis y frecuencias de aplicación no mostraron significación alguna, como también las interacciones entre los factores. El testigo versus el restos de tratamientos se diferenció a nivel del 5%, en tanto que, el coeficiente de variación fue de 7,07%, valor que confiere alta confiabilidad en la validez de estos resultados.

CUADRO 10. ANÁLISIS DE VARIANCIA PARA PORCENTAJE DE SOBREVIVENCIA

Fuente de Variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Valor de F
Repeticiones	2	149,660	74,830	2,09 ns
Tratamientos	18	629,084	34,949	0,98 ns
Productos (P)	1	41,295	41,295	1,15 ns
Dosis (D)	2	56,013	28,006	0,78 ns
Frecuencias (F)	2	103,166	51,583	1,44 ns
P x D	2	18,290	9,145	0,26 ns
P x F	2	139,175	69,587	1,94 ns
D x F	4	6,573	1,643	0,05 ns
P x D x F	4	70,016	17,504	0,49 ns
Testigo vs. Resto	1	194,556	194,556	5,43 *
Error experimental	36	1 290,715	35,853	
Total	56	2 069,459		

Coef. de var. 7,07%

ns = no significativo

* = significativo al 5%

Evaluando los resultados obtenidos en el porcentaje de sobrevivencia de las plantas, permiten deducir que, no existieron diferencias estadísticas significativas tanto entre productos orgánicos, dosis y frecuencias de aplicación, por lo que los porcentajes obtenidos fueron prácticamente iguales entre todos los tratamientos, en condiciones de crecimiento de un sistema aeropónico para la producción de tubérculos. Este comportamiento puede deberse a que los bioles aplicados al cultivo, no influyen relevantemente en la sobrevivencia de las plantas, por lo que la muerte de un número no significativo de plantas no se puede atribuir exclusivamente al efecto de los bioles, lo que se corrobora con el menor porcentaje de sobrevivencia reportado por testigo.

4.1.4. Días a la primera cosecha

En el anexo 6, se registran los valores de los días transcurridos desde el trasplante hasta cuando se inició la primera cosecha de los tubérculos, con valores que fluctuaron entre 175,00 días y 195,00 días, con promedio general de 182,11 días. Aplicando el análisis de variancia (cuadro 11), se establecieron diferencias estadísticas significativas para tratamientos. El factor productos orgánicos fue significativo a nivel del 1%, sin mostrar significación los factores dosis y frecuencias de aplicación, como también las interacciones entre factores. Además, el testigo fue diferente del resto de tratamientos a nivel del 1%. El coeficiente de variación fue de 2,32%, demostrando la alta confiabilidad en los resultados.

CUADRO 11. ANÁLISIS DE VARIANCIA PARA DÍAS A LA PRIMERA COSECHA

Fuente de Variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Valor de F
Repeticiones	2	23,684	11,842	0,66 ns
Tratamientos	18	680,702	37,817	2,12 *
Productos (P)	1	167,130	167,130	9,36 **
Dosis (D)	2	89,815	44,907	2,51 ns
Frecuencias (F)	2	14,815	7,407	0,41 ns
P x D	2	56,481	28,241	1,58 ns
P x F	2	3,704	1,852	0,10 ns
D x F	4	7,407	1,852	0,10 ns
P x D x F	4	51,852	12,963	0,73 ns
Testigo vs. Resto	1	289,498	289,498	16,21 **
Error experimental	36	642,982	17,861	
Total	56	1 347,368		

Coef. de var. 2,32%

ns = no significativo

* = significativo al 5%

** = significativo al 1%

La prueba de significación de Tukey al 5% para tratamientos, en la evaluación de los días a la primera cosecha, separó los promedios en dos rangos de significación (cuadro 12). Los tratamientos más precoces a la primera cosecha fueron P2D2F2 (Biol 60% de K, 4 l/20 l, a los 90 días del trasplante), P2D2F3 (Biol 60% de K, 4 l/20 l, a los 120 días del trasplante), P2D1F1 (Biol 60% de K, 2 l/20 l, a los 60 días del trasplante) y P2D2F1 (Biol 60% de K, 4 l/20 l, a los 60 días del trasplante), que compartieron el primer rango, con promedios de 176,67 cm, 176,67 cm, 178,33 cm y 178,33 cm, respectivamente, seguidos del resto de tratamientos que compartieron el primero y segundo rangos, con promedios que van desde 180,00 días hasta 185,00 días. El tratamiento más tardío a la primera cosecha fue el testigo, con promedio de 191,67 cm , ubicado en el segundo rango y último lugar en la prueba.

CUADRO 12. PRUEBA DE TUKEY AL 5% PARA TRATAMIENTOS EN LA VARIABLE DÍAS A LA PRIMERA COSECHA

Tratamientos		Promedio	Rango
No.	Símbolo		
14	P2D2F2	176,67	a
15	P2D2F3	176,67	a
10	P2D1F1	178,33	a
13	P2D2F1	178,33	a
11	P2D1F2	180,00	ab
12	P2D1F3	180,00	ab
16	P2D3F1	180,00	ab
1	P1D1F1	181,67	ab
4	P1D2F1	181,67	ab
2	P1D1F2	183,33	ab
3	P1D1F3	183,33	ab
5	P1D2F2	183,33	ab
8	P1D3F2	183,33	ab
9	P1D3F3	183,33	ab
18	P2D3F3	183,33	ab
6	P1D2F3	185,00	ab
7	P1D3F1	185,00	ab
17	P2D3F2	185,00	ab
19	T	191,67	b

Mediante la prueba de Diferencia Mínima Significativa al 5% para productos orgánicos, en los días a la primera cosecha, se obtuvieron dos rangos de significación bien definidos (cuadro 13). Los tratamientos más precoces a la primera cosecha fueron aquellos que recibieron aplicación de Biol 60% de K (P2), cosechándose a los 179,81 días de promedio, al ubicarse en el primer rango; en tanto

que, los tratamientos que recibieron aplicación de Biol 50% de P (P1), fueron más tardíos a la primera cosecha, con promedio de 183,33 días, ubicado en el segundo rango.

CUADRO 13. PRUEBA DE DIFERENCIA MÍNIMA SIGNIFICATIVA AL 5% PARA PRODUCTOS ORGÁNICOS, EN LA VARIABLE DÍAS A LA PRIMERA COSECHA

Productos orgánicos	Promedio	Rango
Biol 60% de K (P2)	179,81	a
Biol 50% de P (P1)	183,33	b

De la evaluación estadística de los días a la primera cosecha, se puede deducir que, la aplicación de bioles al cultivo de papa variedad Superchola, para la producción de tubérculos semilla categoría prebásica, en un sistema aeropónico, influenció favorablemente en el ciclo del cultivo, debido a que, en general, los tratamientos que recibieron aplicación, acortaron el ciclo, en comparación con el testigo, el cual fue el más tardío. Es así que, los mejores resultados se obtuvieron con la aplicación de Biol 60% de K (P2), con el cual los tratamientos que lo recibieron acortaron los días a la primera cosecha en promedio de 3,52 días, que lo reportado por los tratamientos de Biol 50% de P (P1); lo que permite afirmar que, la aplicación de Biol 60% de K, es el producto orgánico adecuado, con lo cual las plantas a más de incrementar su crecimiento en altura, permite adelantar la cosecha de los tubérculos, por las mejores condiciones de desarrollo. El Manual Agropecuario (2002), corrobora lo manifestado, al citar que el biol, puede ser utilizado para múltiples cultivos, sean de ciclo corto (algunas hortalizas), anuales (quinua, papa, cañihua, etc), bianuales (maca) o perennes (alfalfa), cultivados, plantas ornamentales, etc), gramíneas (trigo, cebada, avena), raíces (nabo, zanahoria),forrajeras (asociación de pastos cultivados), leguminosas (habas, fréjol), frutales (cítricos, piña, palto), hortalizas (acelga, zanahoria, lechuga, apio), tubérculos (papa, oca, camote), con aplicación dirigidas al follaje. Se emplea biol para la recuperación pronta de las plantas dañadas después de las heladas y granizadas.

4.1.5. Número de tubérculos por planta

Los valores correspondientes al número de tubérculos por planta, para cada tratamiento se detallan en el anexo 7, con valores que variaron entre 4,70 tubérculos y 10,20 tubérculos, promedio general de 7,42 tubérculos. Mediante el análisis de variancia (cuadro 14), se detectaron diferencias estadísticas altamente significativas para tratamientos. El factor productos orgánicos fue significativo a nivel del 1%. El factor dosis de aplicación reportó significación al 1% con tendencia lineal al 5% y cuadrática al 1%. El factor frecuencias de aplicación fue significativo a nivel del 1% con tendencia lineal altamente significativa. Las interacciones entre los factores no mostraron significación, mientras que, el testigo se diferenció del resto de tratamientos a nivel del 1%. El coeficiente de variación fue de 11,14%, el mismo que confiere adecuada confiabilidad a los resultados.

CUADRO 14. ANÁLISIS DE VARIANCIA PARA NÚMERO DE TUBÉRCULOS POR PLANTA

Fuente de Variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Valor de F
Repeticiones	2	1,599	0,799	1,17 ns
Tratamientos	18	50,969	2,832	4,15 **
Productos (P)	1	7,556	7,556	11,06 **
Dosis (D)	2	11,263	5,632	8,25 **
Tendencia lineal	1	3,423	3,423	5,01 *
Tendencia cuadrática	1	7,841	7,841	11,48 **
Frecuencias (F)	2	7,503	3,752	5,49 **
Tendencia lineal	1	7,290	7,290	10,67 **
Tendencia cuadrática	1	0,213	0,213	0,31 ns
P x D	2	4,418	2,209	3,23 ns
P x F	2	2,674	1,337	1,96 ns
D x F	4	1,557	0,389	0,57 ns
P x D x F	4	1,822	0,455	0,67 ns
Testigo vs. Resto	1	14,176	14,176	20,76 **
Error experimental	36	24,588	0,683	
Total	56	77,156		

Coef. de var. 11,14%

ns = no significativo

* = significativo al 5%

** = significativo al 1%

Mediante la prueba de significación de Tukey al 5% para tratamientos, en el número de tubérculos por planta, se observaron tres rangos de significación (cuadro 15). El mayor número de tubérculos por planta, se alcanzó en el tratamiento

P2D2F1 (Biol 60% de K, 4 l/20 l, a los 60 días del trasplante), al ubicarse en el primer rango, con promedio de 9,23 tubérculos, seguido de los tratamientos P2D1F1 (Biol 60% de K, 2 l/20 l, a los 60 días del trasplante), P2D2F2 (Biol 60% de K, 4 l/20 l, a los 90 días del trasplante), P2D1F2 (Biol 60% de K, 2 l/20 l, a los 90 días del trasplante), P2D3F1 (Biol 60% de K, 6 l/20 l, a los 60 días del trasplante) y P1D2F2 (Biol 50% de P, 4 l/20 l, a los 90 días del trasplante), que compartieron el primero y segundo rangos, con promedios que van desde 8,72 tubérculos hasta 7,85 tubérculos y de varios tratamientos que compartieron el primer rango con rangos inferiores. El menor número de tubérculos por planta, por su parte, reportó el tratamiento testigo, con promedio de 5,30 tubérculos, ubicado en el tercer rango y último lugar en la prueba.

CUADRO 15. PRUEBA DE TUKEY AL 5% PARA TRATAMIENTOS EN LA VARIABLE NÚMERO DE TUBÉRCULOS POR PLANTA

Tratamientos		Promedio	Rango
No.	Símbolo		
13	P2D2F1	9,23	a
10	P2D1F1	8,72	ab
14	P2D2F2	8,50	ab
11	P2D1F2	8,37	ab
16	P2D3F1	8,03	ab
5	P1D2F2	7,85	ab
15	P2D2F3	7,77	abc
12	P2D1F3	7,70	abc
6	P1D2F3	7,67	abc
1	P1D1F1	7,50	abc
4	P1D2F1	7,40	abc
7	P1D3F1	7,27	abc
9	P1D3F3	7,07	abc
2	P1D1F2	6,77	abc
17	P2D3F2	6,63	bc
8	P1D3F2	6,51	bc
3	P1D1F3	6,37	bc
18	P2D3F3	6,20	bc
19	T	5,30	c

Sometiendo los promedios del número de tubérculos por planta a la prueba de Diferencia Mínima Significativa al 5% para productos orgánicos, se establecieron dos rangos de significación bien definidos (cuadro 16). El mayor número de tubérculos se obtuvo en los tratamientos que recibieron aplicación de Biol 60% de K (P2), con promedio de 7,91 tubérculos, al ubicarse en el primer rango; en

tanto que, los tratamientos que recibieron aplicación de Biol 50% de P (P1), experimentaron menor número de tubérculos por planta, con promedio de 7,16 tubérculos, al ubicarse en el segundo rango.

CUADRO 16. PRUEBA DE DIFERENCIA MÍNIMA SIGNIFICATIVA AL 5% PARA PRODUCTOS ORGÁNICOS, EN LA VARIABLE NÚMERO DE TUBÉRCULOS POR PLANTA

Productos orgánicos	Promedio	Rango
Biol 60% de K (P2)	7,91	a
Biol 50% de P (P1)	7,16	b

Examinando el factor dosis de aplicación de productos orgánicos, la prueba de significación de Tukey al 5%, para el número de tubérculos por planta, separó los promedios en dos rangos de significación (cuadro 17). El mayor número de tubérculos se obtuvo en los tratamientos que recibieron aplicación de productos orgánicos en la dosis de 4 l/20 l de agua (20%) (D2), con el mayor promedio de 8,07 tubérculos, ubicado en el primer rango; seguido de los tratamientos de la dosis de 2 l/20 l de agua (10%) (D1), que compartió el primero y segundo rangos, con promedio de 7,57 tubérculos. El menor número de tubérculos por planta reportaron los tratamientos que se aplicó la dosis de 6 l/20 l de agua (30%) (D3), al ubicarse en el segundo rango y último lugar en la prueba el promedio de 6,96 tubérculos.

CUADRO 17. PRUEBA DE TUKEY AL 5% PARA DOSIS DE APLICACIÓN, EN LA VARIABLE NÚMERO DE TUBÉRCULOS POR PLANTA

Dosis	Promedio	Rango
4 l/20 l de agua (20%) D2	8,07	a
2 l/20 l de agua (10%) D1	7,57	ab
6 l/20 l de agua (30%) D3	6,96	b

Mediante la figura 3, se ilustra la regresión lineal y cuadrática entre dosis de productos orgánicos versus número de tubérculos por planta, en donde las tendencias de la recta y de la parábola ubican los mejores resultados en los tratamientos que recibieron aplicación de productos orgánicos en la dosis de 4 l/20 l de agua (D2), con correlación lineal significativa de -0,55 * y cuadrática altamente significativa de -0,99 **, por lo que al ser éste último el valor más alto, la tendencia cuadrática se ajusta mejor al comportamiento de las dosis de aplicación.

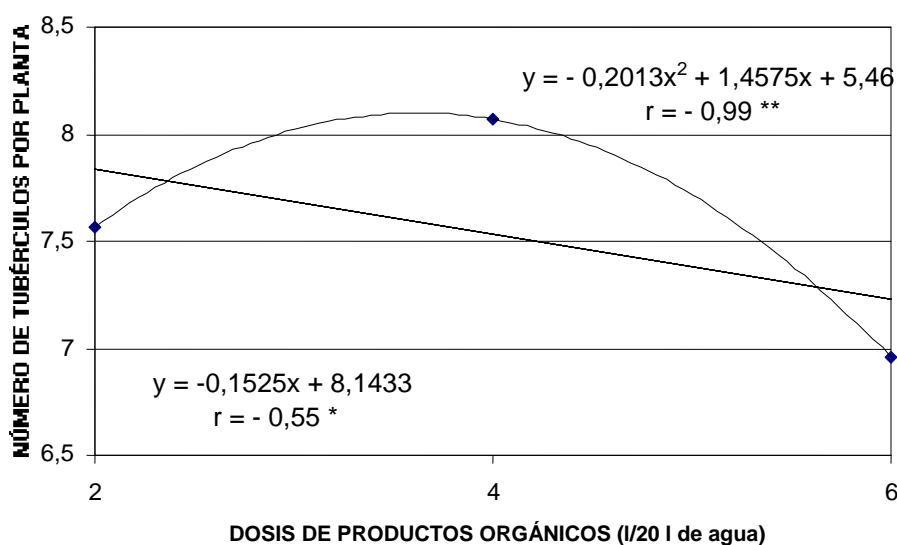


FIGURA 3. Regresión lineal y cuadrática para dosis de productos orgánicos versus número de tubérculos por planta

Analizando el factor frecuencias de aplicación de productos orgánicos, en el número de tubérculos por planta, según la prueba de significación de Tukey al 5%, se registraron dos rangos de significación (cuadro 18). El mayor número de tubérculos por planta reportaron los tratamientos que recibieron aplicación de productos orgánicos a los 60 días del trasplante (F1), con el mayor promedio de 8,03 tubérculos, ubicado en el primer rango; seguido de los tratamientos que se aplicaron los productos orgánicos a los 90 días del trasplante (F2), con promedio de 7,44 tubérculos, que compartió el primero y segundo rangos. El menor número de tubérculos por planta registraron los tratamientos que recibieron aplicación de productos orgánicos a los 120 días del trasplante (F3), con promedios de 7,13 tubérculos, al ubicarse en el segundo rango y último lugar en la prueba.

CUADRO 18. PRUEBA DE TUKEY AL 5% PARA FRECUENCIAS DE APLICACIÓN, EN LA VARIABLE NÚMERO DE TUBÉRCULOS POR PLANTA

Frecuencias	Promedio	Rango
A los 60 días del trasplante F1	8,03	a
A los 90 días del trasplante F2	7,44	ab
A los 120 días del trasplante F3	7,13	b

La figura 4, presenta la regresión lineal entre frecuencias de aplicación de productos orgánicos versus el número de tubérculos por planta, en donde las tendencias negativa de la recta, ubica los mejores resultados en los tratamientos que se aplicó los productos orgánicos a los 60 días del trasplante (F1), con correlación lineal altamente significativa de -0,98**.

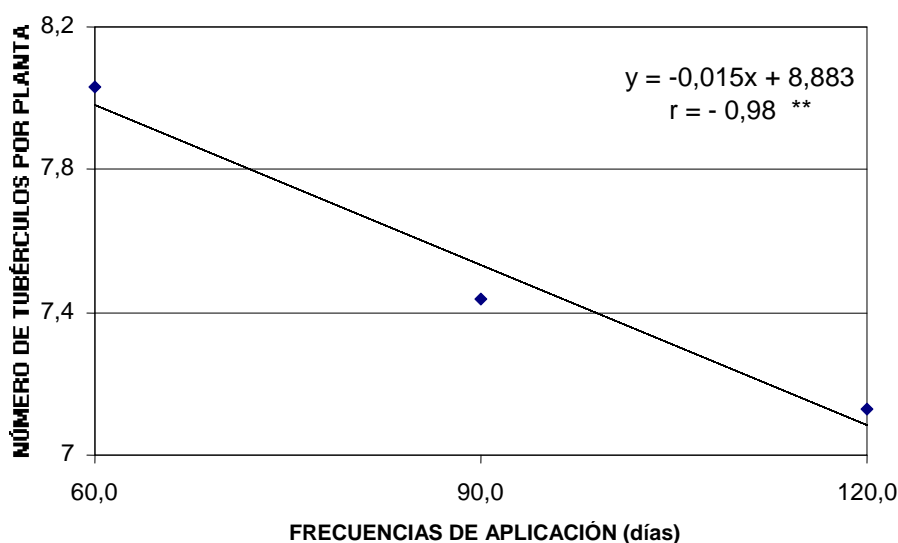


FIGURA 4. Regresión lineal para frecuencias de aplicación versus número de tubérculos por planta

Los resultados obtenidos en la evaluación estadística del número de tubérculos por planta, permiten confirmar que, la aplicación de bioles al cultivo de papa variedad Superchola, para la producción de tubérculos semilla categoría prebásica, en un sistema aeropónico, influenciaron favorablemente en la producción

de tubérculos, por cuanto, en general, los tratamientos que recibieron aplicación, reportaron mayor número de tubérculos que lo registrado por el testigo, el cual fue el de menor número. Los mejores resultados se obtuvieron con la aplicación de Biol 60% de K (P2), con el cual el número de tubérculos por planta se incrementó en promedio de 0,75 tubérculos, que lo observado en los tratamientos de Biol 50% de P (P1). Igual respuesta ocurrió con la utilización de la dosis de 4 l/20 l de agua (D2), que provocó mayor número de tubérculos, superando en promedio de 1,11 tubérculos, al comparar con los tratamientos de la dosis (D3); y, al aplicar los productos a los 60 días del trasplante (F1), el número de tubérculos por planta se incrementó en promedio de 0,90 tubérculos, que lo reportado por los tratamientos de la frecuencia (F3); permitiendo esto inferir que, con la aplicación de Biol 60% de K, en dosis de 4 l/20 l de agua, aplicado a los 60 días del trasplante, se logra incrementar la producción de tubérculos por planta, lo que es bueno por cuanto es sinónimo de mayor producción, como lo señalado por Infoagro (2010), que el uso del biol en la producción de mini tubérculos de semilla, puede ayudar a mejorar la producción de tubérculos, así como para fomentar una agricultura amigable con el medio ambiente, orgánica y sostenible. Así, el uso de biol permitirá incrementar la producción y productividad de los cultivares de papa, disminuir el ataque de plagas, enfermedades y contrarrestar los daños causados por factores ambientales como heladas y granizadas.

4.1.6. Rendimiento

El rendimiento que correspondió al peso total de tubérculos cosechados en cada tratamiento, se presenta en el anexo 8, con rendimientos que van desde 5,16 kg/tratamiento hasta 8,75 kg/tratamiento, promedio general de 7,41 kg/tratamiento. Según el análisis de variancia (cuadro 19), se establecieron diferencias estadísticas altamente significativas para tratamientos. El factor productos orgánicos fue significativo a nivel del 1%. El factor dosis y frecuencias de aplicación no reportaron significación, como también las interacciones entre los factores. El testigo se diferenció del resto de tratamientos a nivel del 1%. El coeficiente de variación fue de 7,49%, el mismo que concede alta confiabilidad a los resultados presentados.

CUADRO 19. ANÁLISIS DE VARIANCIA PARA RENDIMIENTO

Fuente de Variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Valor de F
Repeticiones	2	1,176	0,588	1,91 ns
Tratamientos	18	16,510	0,917	2,97 **
Productos (P)	1	5,632	5,632	18,29 **
Dosis (D)	2	0,414	0,207	0,67 ns
Frecuencias (F)	2	0,321	0,161	0,52 ns
P x D	2	0,513	0,257	0,83 ns
P x F	2	1,070	0,535	1,74 ns
D x F	4	0,049	0,012	0,04 ns
P x D x F	4	0,521	0,130	0,42 ns
Testigo vs. resto	1	7,990	7,990	25,90 **
Error experimental	36	11,104	0,308	
Total	56	28,790		

Coef. de var. 7,49%

ns = no significativo

** = significativo al 1%

Sometiendo los promedios del rendimiento a la prueba de significación de Tukey al 5% para tratamientos, se establecieron dos rangos de significación (cuadro 20). El mayor rendimiento reportaron los tratamientos P2D2F2 (Biol 60% de K, 4 l/20 l, a los 90 días del trasplante), P2D2F1 (Biol 60% de K, 4 l/20 l, a los 60 días del trasplante), P2D3F2 (Biol 60% de K, 6 l/20 l, a los 90 días del trasplante), P2D3F3 (Biol 60% de K, 6 l/20 l, a los 120 días del trasplante), P2D2F3 (Biol 60% de K, 4 l/20 l, a los 120 días del trasplante), P2D1F2 (Biol 60% de K, 2 l/20 l, a los 90 días del trasplante) y P2D1F3 (Biol 60% de K, 2 l/20 l, a los 120 días del trasplante), en su orden, que compartieron el primer rango, con promedios que van desde 8,24 kg/tratamientos hasta 7,65 kg/tratamiento, seguidos del resto de tratamientos que compartieron el primero y segundo rangos, con promedios que van desde 7,47 kg/tratamiento hasta 6,93 kg/tratamiento. El menor rendimiento, por su parte, reportó el tratamiento testigo, con promedio de 5,82 kg/tratamiento, ubicado en el segundo rango y último lugar en la prueba.

Según la prueba de Diferencia Mínima Significativa al 5% para productos orgánicos, en la evaluación del rendimiento, se registraron dos rangos de significación bien definidos (cuadro 21). El rendimiento fue mayor en los tratamientos que se aplicó Biol 60% de K (P2), con promedio de 7,82 kg/tratamiento, ubicado en el primer rango; mientras que, los tratamientos que se aplicó Biol 50%

CUADRO 20. PRUEBA DE TUKEY AL 5% PARA TRATAMIENTOS EN LA VARIABLE RENDIMIENTO

Tratamientos		Promedio (kg/tratamiento)	Rango
No.	Símbolo		
14	P2D2F2	8,24	a
13	P2D2F1	7,99	a
17	P2D3F2	7,99	a
18	P2D3F3	7,97	a
15	P2D2F3	7,95	a
11	P2D1F2	7,87	a
12	P2D1F3	7,65	a
1	P1D1F1	7,47	ab
16	P2D3F1	7,41	ab
7	P1D3F1	7,38	ab
10	P2D1F1	7,32	ab
5	P1D2F2	7,26	ab
8	P1D3F2	7,23	ab
4	P1D2F1	7,14	ab
6	P1D2F3	7,09	ab
2	P1D1F2	7,06	ab
3	P1D1F3	7,03	ab
9	P1D3F3	6,93	ab
19	T	5,82	b

de P (P1), reportaron menor rendimiento, con promedio de 7,18 kg/tratamiento, ubicado este valor en el segundo rango.

CUADRO 21. PRUEBA DE DIFERENCIA MÍNIMA SIGNIFICATIVA AL 5% PARA PRODUCTOS ORGÁNICOS, EN LA VARIABLE RENDIMIENTO

Productos orgánicos	Promedio (kg/tratamiento)	Rango
Biol 60% de K (P2)	7,82	a
Biol 50% de P (P1)	7,18	b

Evaluando los resultados del rendimiento de tubérculos, es posible afirmar que, la aplicación de bioles al cultivo de papa variedad Superchola, para la producción de tubérculos semilla prebásica, en un sistema aeropónico, influenciaron favorablemente en la producción de tubérculos, por cuanto, en general, los tratamientos que recibieron aplicación, reportaron mayores rendimientos que lo

establecido por el testigo, en el cual el rendimiento fue menor. Los mejores resultados se obtuvieron con la aplicación de Biol 60% de K (P2), con el cual el rendimiento se incrementó en promedio de 0,64 kg/tratamiento, que lo observado en los tratamientos de Biol 50% de P (P1); lo que permite inferir que, con la aplicación de Biol 60% de K, se incrementa la producción de tubérculos por planta, por lo que los rendimientos del cultivo son mayores. El biol a más de acelerar el crecimiento y desarrollo de la plantas; mejora producción y productividad de las cosechas; aumenta la resistencia a plagas y enfermedades (mejora la actividad de los microorganismos benéficos del suelo y ocasiona un mejor desarrollo de raíces, en hojas y en los frutos; aumenta la tolerancia a condiciones climáticas adversas (heladas, granizadas, otros); es ecológico, compatible con el medio ambiente y no contamina el suelo; es económico; acelera la floración; en trasplante, se adapta mejor la planta en el campo; conserva mejor el NPK, Ca, debido al proceso de descomposición anaeróbica lo cual nos permite aprovechar totalmente los nutrientes; el N que contiene se encuentra en forma amoniacal que es fácilmente asimilable (Manual Agropecuario, 2002).

4.1.7. Porcentaje de tubérculos de segunda, tercera y cuarta categoría

Mediante los anexos 9, 10 y 11, se indican los valores del porcentaje de tubérculos de segunda, tercera y cuarta categoría, en cada tratamiento, cuyos promedios generales fueron de 33,78% para segunda categoría, 45,21% para tercera categoría y 21,01% para cuarta categoría. El análisis de variancia para las tres lecturas (cuadro 22), registró diferencias estadísticas altamente significativas para tratamientos. El factor productos orgánicos fue significativo a nivel del 1%. El factor dosis de aplicación reportó significación al 1% en tercera categoría, con tendencia lineal al 5% y cuadrática al 1%. El factor frecuencias de aplicación no mostró significación. La interacción productos por dosis fue significativa a nivel del 1% en segunda y cuarta categoría; mientras que, el testigo se diferenció del resto de tratamientos a nivel del 1% en las tres lecturas. Los coeficientes de variación fueron de 11,27%, 10,89% y 32,43%, para cada lectura, en su orden.

Según la prueba de significación de Tukey al 5% para tratamientos, en el porcentaje de tubérculos de segunda, tercera y cuarta categoría, se establecieron cuatro rangos de significación para segunda y cuarta categoría y tres rangos para tercera categoría (cuadro 23). El mayor porcentaje de tubérculos de segunda

CUADRO 22. ANÁLISIS DE VARIANCIA PARA PORCENTAJE DE TUBÉRCULOS DE SEGUNDA, TERCERA Y CUARTA CATEGORÍA

Fuente de Variación	Grados de libertad	Segunda categoría		Tercera categoría		Cuarta categoría	
		Cuadrados medios	Valor de F	Cuadrados medios	Valor de F	Cuadrados medios	Valor de F
Repeticiones	2	42,706	2,95 ns	1,164	0,05 ns	37,327	0,80 ns
Tratamientos	18	90,396	6,24 **	88,754	3,66 **	269,012	5,79 **
Productos (P)	1	413,927	28,59**	233,998	9,66 **	1 275,617	27,46 **
Dosis (D)	2	22,960	1,59 ns	239,540	9,98 **	126,024	2,71 ns
T. lineal	1			154,170	6,36 *		
T. cuadrática	1			324,909	13,41 **		
Frecuenc. (F)	2	27,707	1,91 ns	32,186	1,33 ns	114,599	2,47 ns
P x D	2	325,375	22,47**	31,945	1,32 ns	538,017	11,58 **
P x F	2	36,097	2,49 ns	37,165	1,53 ns	78,216	1,68 ns
D x F	4	8,808	0,61 ns	18,005	0,74 ns	26,379	0,57 ns
P x D x F	4	31,603	2,18 ns	25,187	1,04 ns	84,428	1,82 ns
T. vs. Resto	1	224,274	15,49**	509,131	21,01 **	1 409,652	30,35 **
Error experim.	36	14,480		24,233		46,447	
Total	56						
Coef. de var. =		11,27%		10,89%		32,43%	
ns = no significativo							
* = significativo al 5%							
** = significativo al 1%							

categoría registró el tratamiento P2D3F2 (Biol 60% de K, 6 l/20 l, a los 90 días del trasplante), con promedio de 47,75%; en tanto que, el mayor porcentaje de tubérculos de tercera categoría reportó el tratamiento P2D2F3 (Biol 60% de K, 4 l/20 l, a los 120 días del trasplante), con promedio de 54,57%, valores ubicados en el primer rango. El menor porcentaje de tubérculos de segunda y tercera categoría, registró el testigo, con promedios de 25,36% y 32,52%, para cada lectura, respectivamente. En cuarta categoría, el testigo reportó el mayor porcentaje de tubérculos con promedio de 42,12%, ubicado en el primer rango y el tratamiento P2D3F2 (Biol 60% de K, 6 l/20 l, a los 90 días del trasplante), el menor porcentaje, promedio de 5,99%, ubicado el cuarto rango y último lugar en la prueba.

Aplicando la prueba de Diferencia Mínima Significativa al 5% para productos orgánicos, en el porcentaje de tubérculos de segunda, tercera y cuarta categoría, se detectaron dos rangos de significación bien definidos en las tres lecturas (cuadro 24). Los tratamientos que recibieron aplicación de Biol 60% de K (P2), reportaron el mayor porcentaje de tubérculos de segunda categoría, con promedio de 37,03%, como también de tercera categoría, con promedio de 47,99%, ubicados en

CUADRO 23. PRUEBA DE TUKEY AL 5% PARA TRATAMIENTOS EN LA VARIABLE PORCENTAJE DE TUBÉRCULOS DE SEGUNDA, TERCERA Y CUARTA CATEGORÍA

Tratamientos		Promedios (%) y rangos					
No.	Símbolo	Segunda categoría		Tercera categoría		Cuarta categoría	
17	P2D3F2	47,75	a	46,26	abc	5,99	d
18	P2D3F3	41,98	ab	49,48	ab	8,54	d
14	P2D2F2	37,34	abc	51,26	ab	11,39	cd
16	P2D3F1	37,32	abc	39,65	abc	23,02	abad
3	P1D1F3	37,15	abc	47,75	abc	15,10	cd
2	P1D1F2	36,72	abcd	46,38	abc	16,90	bcd
15	P2D2F3	36,08	abcd	54,57	a	9,35	d
10	P2D1F1	34,40	bcd	45,17	abc	20,43	bcd
11	P2D1F2	34,05	bcd	48,23	ab	17,72	bcd
1	P1D1F1	33,78	bcd	42,93	abc	23,29	abad
6	P1D2F3	33,30	bcd	45,52	abc	21,18	abad
13	P2D2F1	32,43	bcd	50,29	ab	17,28	bcd
12	P2D1F3	31,87	bcd	47,00	abc	21,13	abad
7	P1D3F1	30,14	cd	38,71	bc	31,15	abc
5	P1D2F2	29,43	cd	45,15	abc	25,43	abad
4	P1D2F1	29,23	cd	49,48	ab	21,28	abad
9	P1D3F3	26,91	cd	36,55	bc	36,54	ab
8	P1D3F2	26,56	cd	41,98	abc	31,46	abc
19	T	25,36	d	32,52	c	42,12	a

el primer rango, siendo así mismo los tratamientos con menor porcentaje de tubérculos de cuarta categoría, con promedio de 14,98%; mientras que, los tratamientos en que se aplicó Biol 50% de P (P1), reportaron menor porcentaje de tubérculos de segunda y tercera categoría, con promedios de 31,47% y 43,83%, para cada lectura, en su orden, ubicados en el segundo rango, siendo así mismo los tratamientos de mayor porcentaje de tubérculos de cuarta categoría, con promedio de 24,70%.

Con respecto al factor dosis de aplicación de productos orgánicos, en el porcentaje de tubérculos de tercera categoría, la prueba de significación de Tukey al 5%, separó los promedios en dos rangos de significación bien definidos (cuadro 25). El mayor porcentaje de tubérculos de tercera categoría se obtuvo en los tratamientos que recibieron aplicación de productos orgánicos en la dosis de 4 l/20 l de agua (20%) (D2), con el mayor promedio de 49,38%, ubicado en el primer rango; seguido de los tratamientos de la dosis de 2 l/20 l de agua (10%) (D1), que compartió el primer rango, con promedio de 46,25%. El menor porcentaje de tubérculos de tercera categoría reportaron los tratamientos que se aplicó la dosis de 6 l/20 l de agua (30%) (D3), al ubicarse en el segundo rango el promedio de 42,11%.

CUADRO 24. PRUEBA DE DIFERENCIA MÍNIMA SIGNIFICATIVA AL 5% PARA PRODUCTOS ORGÁNICOS, EN LA VARIABLE PORCENTAJE DE TUBÉRCULOS DE SEGUNDA, TERCERA Y CUARTA CATEGORÍA

Productos orgánicos	Promedios (%) y rangos					
	Segunda categoría		Tercera categoría		Cuarta categoría	
Biol 60% de K (P2)	37,03	a	47,99	a	14,98	b
Biol 50% de P (P1)	31,47	b	43,83	b	24,70	a

CUADRO 25. PRUEBA DE TUKEY AL 5% PARA DOSIS DE APLICACIÓN, EN LA VARIABLE PORCENTAJE DE TUBÉRCULOS DE TERCERA CATEGORÍA

Dosis		Promedio	Rango
		(%)	
4 l/20 l de agua (20%)	D2	49,38	a
2 l/20 l de agua (10%)	D1	46,25	a
6 l/20 l de agua (30%)	D3	42,11	b

Gráficamente, mediante la figura 5, se ilustra la regresión lineal y cuadrática entre dosis de productos orgánicos versus el porcentaje de tubérculos de tercera categoría, en donde las tendencias de la recta y de la parábola ubican los mejores resultados en los tratamientos que recibieron productos orgánicos en la dosis de 4 l/20 l de agua (D2), con correlación lineal significativa de $-0,57^*$ y cuadrática altamente significativa de $-0,97^{**}$, por lo que al ser éste último el valor más alto, la tendencia cuadrática explica mejor el comportamiento de las dosis de aplicación.

La prueba de significación de Tukey al 5%, para la interacción productos por dosis de aplicación, en el porcentaje de tubérculos de segunda y cuarta categoría, registró tres rangos de significación en las dos lecturas (cuadro 26). El mayor porcentaje de tubérculos de segunda categoría se obtuvo en la interacción P2D3 (Biol orgánico 60% de K, 6 l/20 l), al ubicarse en el primer rango, con

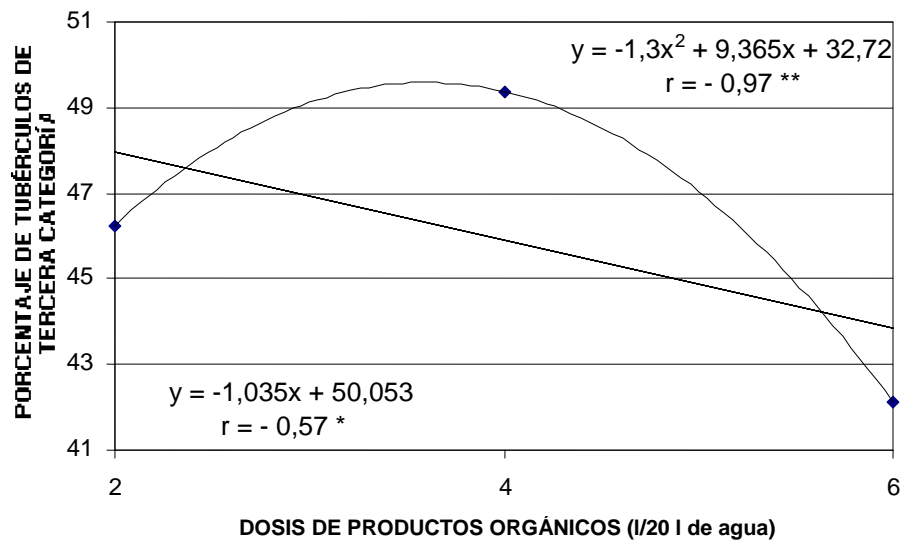


FIGURA 5. Regresión lineal y cuadrática para dosis de productos orgánicos versus porcentaje de tubérculos de tercera categoría

promedio de 42,35%; siendo así mismo la interacción con menor porcentaje de tubérculos de cuarta categoría, con promedio de 12,51%. El menor porcentaje de tubérculos de segunda categoría registró la interacción P1D3 (Biol 50% de P, 6 l/20 l), con promedio de 27,87%, al ubicarse en el tercer rango y último lugar en la prueba, siendo así mismo la interacción con mayor porcentaje de tubérculos de cuarta categoría, con promedio de 33,05%.

CUADRO 26. PRUEBA DE TUKEY AL 5% PARA LA INTERACCIÓN PRODUCTOS ORGÁNICOS POR DOSIS DE APLICACIÓN, EN LA VARIABLE PORCENTAJE DE TUBÉRCULOS DE SEGUNDA Y CUARTA CATEGORÍA

P x D	Promedios (%) y rangos			
	Segunda categoría		Cuarta categoría	
P2D3	42,35	a	12,51	c
P1D1	35,88	b	18,43	bc
P2D2	35,28	b	12,67	c
P2D1	33,44	b	19,76	bc
P1D2	30,65	bc	22,63	b
P1D3	27,87	c	33,05	a

De la evaluación del porcentaje de tubérculos de segunda, tercera y cuarta categoría, es posible informar que, la aplicación de bioles al cultivo de papa variedad Superchola, para la producción de tubérculos semilla categoría prebásica, en un sistema aeropónico, influenciaron significativamente en la calidad de los tubérculos, por cuanto, en general, los tratamientos que recibieron aplicación, reportaron mayor porcentajes de segunda y tercera categoría, que lo registrado por el testigo, el cual fue mayoritariamente de cuarta categoría. Los mejores resultados se obtuvieron con la aplicación de Biol 60% de K (P2), con el cual el porcentaje de tubérculos de segunda categoría se incrementó en promedio de 5,56%, como también el porcentaje de tubérculos de segunda categoría en promedio de 4,16%, que lo observado en los tratamientos de Biol 50% de P (P1). Igual respuesta ocurrió con la utilización de la dosis de 4 l/20 l de agua (D2), que provocó mayor porcentaje de tubérculos de tercera categoría, superando en promedio de 7,27%, al comparar con los tratamientos de la dosis (D3); permitiendo esto inferir que, con la aplicación de Biol 60% de K, en dosis de 4 l/20 l de agua, se obtienen mayores cantidades de tubérculos de segunda y tercera categoría, por lo que la productividad del cultivo se incrementó, obteniendo mayor calidad de tubérculos semillas. El Manual Agropecuario (2002) indica que, el biol es el afluyente líquido que se descarga de un digestor como resultado de la descomposición anaeróbica o biodigestión de materia orgánica (estiércol de animales de granja y leguminosas), el cual aparece como residuo líquido sobrenadante resultantes de la fermentación metanogénica de los desechos orgánicos, por lo que actúa como abono foliar, mejorando el desarrollo de las plantas.

4.2. RESULTADOS, ANÁLISIS ECONÓMICO Y DISCUSIÓN

Para evaluar la rentabilidad de la aplicación de dos bioles orgánicos en tres dosis y tres frecuencias de aplicación, en el cultivo aeropónico para producción de tubérculos semilla categoría prebásica, variedad Superchola, se determinaron los costos de producción del ensayo en 120 m² que constituyó el área de la investigación (cuadro 27), considerando entre otros los siguientes valores: \$ 120,00 para mano de obra, \$ 542,68 para costos de materiales, dando el total de \$ 662,68.

CUADRO 27. COSTOS DE INVERSIÓN DEL ENSAYO (Dólares)

Labores	Mano de obra			Materiales				Costo total \$
	No.	Costo unit. \$	Sub total \$	Nombre	Unid.	Cant.	Costo unit. \$	
Alquiler de invernadero				Invernadero	unid.	1	15	15
				Luz, agua	hora	1	5	5
Construc. cajón oscuro	1	8	8	Madera	unid.	225	0,08	18
				Tornillos	lb	3	0,33	0,99
				Clavos	kg	1	0,5	0,5
Instal. planchas espum.	1	8	8	Planchas espumaf.	unid.	120	0,57	68,4
				Pegamento blanco	frascos	4	3	12
Instalación del plástico	1	8	8	Plástico	rollo	1	7	7
				Cinta plastificada	rollo	6	0,58	3,48
				bomba 0,5				3,48
Inst.del sistema de riego	2	8	16	HP+hidroneumático	unid.	1	7,29	7,29
				Manguera 16 mm	m	125	0,007	0,875
				Nevulizadores	unid.	120	0,1	12
				Tuberia pvc	unid.	4	0,52	2,08
				Válvulas selenoid.	unid.	4	1,12	4,48
				Tanque plástico	unid.	1	8,1	8,1
				Timer horario	unid.	1	5,8	5,8
				Tablero de control	unid.	1	2,9	2,9
Trasplante	4	8	32	Plantas in vitro	plantas	2160	0,12	259,2
				Pinzas	unid.	3	0,1	0,3
				Pedazos de esponja	unid.	2160	0,009	19,44
Aplicac. product. orgán.	1	8	8	Bioles	l	24	0,5	12
				Bomba	unid.	3	0,5	1,5
Tutores	2	8	16	Piola	rollos	6	2,9	8,9
				Tiras de madera	unid.	50	0,07	3,5
Controles fitosanitarios	1	8	8	Lanchafin	g	90	0,01	0,9
				Daconil	g	60	0,02	1,2
				Topas	cc	24	0,06	1,44
				Pitón	cc	250	0,03	7,5
				Pólux	g	10	0,03	0,3
				Bomba	unid.	1	0,5	0,5
Fertilización				Nitrato de calcio	kg	6,5	1	6,5
				Nitrato de potasio	kg	4,5	1,3	5,85
				Sulfato de magnesio	kg	4,5	0,5	2,25
				Muriato de potasio	kg	10	1,1	11
				Nitrato de amonio	kg	2	0,8	1,6
				Ácido fosfórico	l	3	2,5	7,5
				Balanza	unid.	1	5,8	5,8
Cosecha	2	8	16	Canast. plásticas	unid.	3	0,2	0,6
				Sacos	unid.	10	0,1	1
Alquiler de cuarto frío				Cuarto frío	unid.	1	10	10
Total			120					542,68
								662,68

El cuadro 28, indica los costos de inversión del ensayo desglosados por tratamiento. La variación de los costos está dada básicamente por el diferente precio de los bioles orgánicos de acuerdo a las dosis de aplicación. Los costos de producción se detallan en tres rubros que son: costos de mano de obra, costos de materiales y costos de la aplicación de los bioles orgánicos en el ensayo.

CUADRO 28. COSTOS DE INVERSIÓN DEL ENSAYO POR TRATAMIENTO

Tratamiento	Mano de obra (\$)	Materiales (\$)	Aplicación de productos orgánicos (\$)	Costo total (\$)
P1D1F1	6,339	27,85	0,38	34,57
P1D1F2	6,339	27,85	0,38	34,57
P1D1F3	6,339	27,85	0,38	34,57
P1D2F1	6,339	27,85	0,75	34,94
P1D2F2	6,339	27,85	0,75	34,94
P1D2F3	6,339	27,85	0,75	34,94
P1D3F1	6,339	27,85	1,13	35,32
P1D3F2	6,339	27,85	1,13	35,32
P1D3F3	6,339	27,85	1,13	35,32
P2D1F1	6,339	27,85	0,38	34,57
P2D1F2	6,339	27,85	0,38	34,57
P2D1F3	6,339	27,85	0,38	34,57
P2D2F1	6,339	27,85	0,75	34,94
P2D2F2	6,339	27,85	0,75	34,94
P2D2F3	6,339	27,85	0,75	34,94
P2D3F1	6,339	27,85	1,13	35,32
P2D3F2	6,339	27,85	1,13	35,32
P2D3F3	6,339	27,85	1,13	35,32
T	5,895	27,85	0,00	33,75

El cuadro 29, presenta los ingresos totales del ensayo por tratamiento. El cálculo del rendimiento se efectuó de acuerdo al número de tubérculos cosechados de segunda, tercera y cuarta categoría, en el total de plantas sobrevividas, en las tres repeticiones, considerando el precio de un tubérculo semilla de \$ 0,30, \$ 0,20 y \$ 0,10, para cada categoría, en su orden, para la época en que se sacó a la venta.

Los beneficios netos actualizados, presentan valores positivos en todos los tratamientos, en donde los ingresos superaron a los costos, excepto en el testigo, en donde los costos superaron a los ingresos. La actualización de los costos se hizo con la tasa de interés bancaria del 11% anual y considerando los seis meses que duró el ensayo. La relación beneficio costo, presenta valores positivos, encontrando que el tratamiento P2D2F2 (Biol 60% de K, 4 l/20 l, a los 90 días del trasplante), alcanzó la mayor relación beneficio costo de 0,87 en donde los beneficios netos obtenidos fueron 0,87 veces lo invertido, siendo desde el punto de vista económico el tratamiento de mayor rentabilidad (cuadro 30).

CUADRO 29. INGRESOS TOTALES DEL ENSAYO POR TRATAMIENTO

Tratam.	Segunda categoría			Tercera categoría			Cuarta categoría			Ingreso total (\$)
	Núm.	Precio 1 tub.	Sub total	Núm.	Precio 1 tub.	Sub total	Núm.	Precio 1 tub.	Sub total	
P1D1F1	86,45	0,30	25,94	109,2	0,20	21,84	60,29	0,10	6,03	53,80
P1D1F2	82,33	0,30	24,70	104,6	0,20	20,92	38,94	0,10	3,89	49,51
P1D1F3	79,88	0,30	23,96	102,4	0,20	20,48	32,63	0,10	3,26	47,70
P1D2F1	73,43	0,30	22,03	120,2	0,20	24,03	53,40	0,10	5,34	51,40
P1D2F2	77,35	0,30	23,21	119,4	0,20	23,89	71,13	0,10	7,11	54,21
P1D2F3	85,31	0,30	25,59	117,2	0,20	23,43	59,15	0,10	5,92	54,94
P1D3F1	76,38	0,30	22,91	96,35	0,20	19,27	83,43	0,10	8,34	50,53
P1D3F2	60,45	0,30	18,14	95,33	0,20	19,07	71,20	0,10	7,12	44,32
P1D3F3	64,84	0,30	19,45	87,59	0,20	17,52	88,73	0,10	8,87	45,84
P2D1F1	95,63	0,30	28,69	125,4	0,20	25,08	57,01	0,10	5,70	59,46
P2D1F2	99,88	0,30	29,96	142,2	0,20	28,44	52,88	0,10	5,29	63,69
P2D1F3	85,78	0,30	25,73	126,9	0,20	25,38	58,70	0,10	5,87	56,98
P2D2F1	102,4	0,30	30,71	158,7	0,20	31,74	57,50	0,10	5,75	68,20
P2D2F2	114,0	0,30	34,20	156,0	0,20	31,20	36,00	0,10	3,60	69,00
P2D2F3	98,70	0,30	29,61	149,2	0,20	29,85	25,85	0,10	2,59	62,04
P2D3F1	99,00	0,30	29,70	104,5	0,20	20,90	61,60	0,10	6,16	56,76
P2D3F2	112,8	0,30	33,84	109,3	0,20	21,85	14,25	0,10	1,43	57,12
P2D3F3	95,55	0,30	28,67	112,7	0,20	22,54	19,60	0,10	1,96	53,17
T	41,50	0,30	12,45	52,91	0,20	10,58	70,57	0,10	7,06	30,09

CUADRO 30. CÁLCULO DE LA RELACIÓN BENEFICIO COSTO DE LOS TRATAMIENTOS CON TASA DE INTERÉS AL 11%

Tratamiento	Ingreso total	Costo total	Factor de actual.	Costo total actual.	Beneficio neto actual.	RBC
P1D1F1	53,80	34,57	0,9479	36,47	17,34	0,48
P1D1F2	49,51	34,57	0,9479	36,47	13,04	0,36
P1D1F3	47,70	34,57	0,9479	36,47	11,23	0,31
P1D2F1	51,40	34,94	0,9479	36,86	14,54	0,39
P1D2F2	54,21	34,94	0,9479	36,86	17,34	0,47
P1D2F3	54,94	34,94	0,9479	36,86	18,08	0,49
P1D3F1	50,53	35,32	0,9479	37,26	13,27	0,36
P1D3F2	44,32	35,32	0,9479	37,26	7,06	0,19
P1D3F3	45,84	35,32	0,9479	37,26	8,58	0,23
P2D1F1	59,46	34,57	0,9479	36,47	23,00	0,63
P2D1F2	63,69	34,57	0,9479	36,47	27,22	0,75
P2D1F3	56,98	34,57	0,9479	36,47	20,52	0,56
P2D2F1	68,20	34,94	0,9479	36,86	31,33	0,85
P2D2F2	69,00	34,94	0,9479	36,86	32,14	0,87
P2D2F3	62,04	34,94	0,9479	36,86	25,18	0,68
P2D3F1	56,76	35,32	0,9479	37,26	19,50	0,52
P2D3F2	57,12	35,32	0,9479	37,26	19,86	0,53
P2D3F3	53,17	35,32	0,9479	37,26	15,91	0,43
T	30,09	33,75	0,9479	35,60	-5,51	-0,15

$$\text{Factor de actualización } Fa = \frac{1}{(1 + i)^n}$$

Tasa de interés anual $i = 11\%$ a agosto del 2011

Período $n = 6$ meses de duración del ensayo

$$\text{RBC} = \frac{\text{Beneficio neto actualizado}}{\text{Costo total actualizado}}$$

4.3. VERIFICACIÓN DE HIPÓTESIS

Los resultados obtenidos del cultivo de papa variedad Superchola, utilizando un sistema aeropónico, para la producción de tubérculos semilla categoría prebásica, con aplicación de bioles orgánicos en tres dosis y tres frecuencias, permiten aceptar la hipótesis, por cuanto, existieron diferencias significativas tanto en el crecimiento y desarrollo de las plantas, como en la producción de tubérculos, especialmente al utilizar Biol 60% de K, en dosis de 4 l/20 l de agua y aplicado a los 90 días del trasplante, incrementando la productividad del cultivo.

CAPÍTULO 5

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

La aplicación de biol 60% de K (P2), produjo los mejores resultados en el cultivo aeropónico de papa variedad Superchola, para la producción de tubérculos semilla categoría prebásica, por cuanto produjo el mayor crecimiento y desarrollo de las plantas, como también la mejor producción de tubérculos, al reportar éstos tratamientos, mayor crecimiento en altura de planta (143,60 cm), mayor número de tubérculos por planta (7,91), consecuentemente se obtuvo el mejor rendimiento (7,82 kg/tratamiento), siendo los tubérculos en su mayoría de segunda categoría (37,03%) y de tercera categoría (47,99%), acortando así mismo los días a la primera cosecha (179,81); por lo que es el producto orgánico que mejor influenció al cultivo, incrementando los rendimientos, como la calidad de los tubérculos semilla.

La aplicación de biol en la dosis de 4 l/20 l de agua (20%) (D2), fue el tratamiento que produjo los mejores resultados, al influenciar significativamente en el desarrollo de las plantas, obteniéndose mayor crecimiento en altura de planta (142,66 cm), como mayor número de tubérculos por planta (8,07) y el mayor porcentaje de tubérculos de tercera categoría (49,38%), por lo que es la dosis apropiada para mejorar la producción de tubérculos semilla, sin afectar al medio ambiente. La dosis de 2 l/20 l de agua (10%) (D1), se destacó principalmente con la segunda mejor altura de planta (141,33 cm) y el segundo mejor porcentaje de tubérculos de tercera categoría (46,25%).

Aplicar los bioles a los 60 días del trasplante (F1), fue la frecuencia que mejor influenció en el cultivo, obteniéndose en éstos tratamientos, mayor crecimiento en altura de planta (142,63 cm) y el mayor número de tubérculos por planta (8,03), siendo la frecuencia de aplicación apropiada, con el cual se consigue incrementar la producción de tubérculos semilla, fomentando la práctica de agricultura orgánica y mejorando las condiciones de desarrollo de las plantas.

La influencia de las interacciones dosis por frecuencias de aplicación, produjeron buenos resultados con el mayor crecimiento en la variable altura de planta, especialmente D1F1 (144,29 cm), D2F1 (144,12 cm), D2F2 (142,85 cm), D1F2 (142,57 cm), D2F3 (141,02 cm) y la interacción P2D3 con el mayor porcentaje de tubérculos de segunda categoría (42,35%).

En relación al testigo, al no recibir aplicaciones de bioles orgánicos, el crecimiento y desarrollo de las plantas siempre fue menor, ubicándose en los últimos lugares en las pruebas, con altura de planta de 126,12 cm, número de tubérculos por planta de 5,30, rendimiento de 5,82 kg/tratamiento y el mayor porcentaje de tubérculos de cuarta categoría (42,12%), siendo así mismo el tratamiento más tardío a la primera cosecha (191,67 días).

Del análisis económico se concluye que, el tratamiento P2D2F2 (Biol 60% de K, 4 l/20 l, a los 90 días del trasplante), alcanzó la mayor relación beneficio costo de 0,87 en donde los beneficios netos actualizados fueron 0,87 veces lo invertido, siendo desde el punto de vista económico el tratamiento de mayor rentabilidad.

5.2. RECOMENDACIONES

Para obtener mejor crecimiento en altura de planta, como mayor producción de tubérculos, en el cultivo aeropónico de papa variedad Superchola, para la producción de tubérculos semilla categoría prebásica, aplicar al cultivo biol 60% de K, en dosis de 4 l/20 l de agua (20%), a los 60 días del trasplante, por cuanto fue el tratamiento que mejores resultados reportó, con el mayor crecimiento en altura de planta, mayor número de tubérculos por planta y uno de los tratamientos con los mejores rendimientos. Otra alternativa es utilizar biol 60% de K, en dosis de 4 l/20 l de agua (20%), a los 90 días del trasplante, por cuanto fue el tratamiento que reportó el mayor rendimiento y la mayor relación beneficio costo, acortando así mismo los días a la primera cosecha, en las condiciones de manejo que se desarrolló el ensayo, siendo una alternativa para mejorar las condiciones de desarrollo de las plantas, sin afectar el medio ambiente.

Seguir investigando el comportamiento agronómico del cultivo de papa, para la obtención de tubérculos semilla, en otras variedades de papa de importancia económica en el mercado, con la aplicación de bioles de diferentes fuentes orgánicas, buscando siempre alcanzar mejores estándares de calidad de tubérculos semilla y dotar de mejores opciones de material vegetativo al productor, libre de plagas y enfermedades y sin afectar al medio ambiente.

CAPÍTULO 6

PROPUESTA

6.1. TÍTULO

Aplicación de biol 60% de K para la producción de tubérculos semilla categoría básica en el cultivo aeropónico de papa variedad Superchola.

6.2. FUNDAMENTACIÓN

El desconocimiento por parte de los agricultores en el uso de biol en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum*), disminuye la producción de mini tubérculos de semilla.

El uso del biol en la producción de mini tubérculos de semilla puede ayudar a mejorar la producción de tubérculos, así como para fomentar una agricultura amigable con el medio ambiente, orgánica y sostenible. Así, el uso de biol permitirá incrementar la producción y productividad de los cultivares de papa, disminuir el ataque de plagas, enfermedades y contrarrestar los daños causados por factores ambientales como heladas y granizadas (Infoagro, 2010).

6.3. OBJETIVO

Aplicar biol 60% de K orgánico para mejorar la producción de tubérculos semilla de papa cultivado en un sistema aeropónico.

6.4. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA

Actualmente el uso de semillas certificadas en el país es bajo, como ejemplo podemos mencionar que aproximadamente del 1,5% del área sembrada con papa, está cubierta con semilla certificada, Sin embargo de este bajo índice de utilización de semilla, se ha podido observar en varias regiones que existe una reacción positiva de los agricultores al uso de semilla de calidad, porque han comprendido que la utilización de semilla de variedades mejoradas, conjuntamente con una aplicación adecuada de

tecnología, les permite elevar los rendimientos por unidad de superficie, logrando consecuentemente una mayor rentabilidad (Velásquez, J.; Quevedo, R.; Paula, N., 1998).

El sistema aeropónico es un sistema de cultivo, basado en la sustentación de las raíces de las plántulas en el aire, suministrando agua y nutrientes, mediante un sistema de riego por nebulización y utilizando como soporte de las plantas estructuras de madera, forradas en su interior con plástico negro, para simular las condiciones del suelo (Arias, D., 2009).

Hasta antes de la publicación de los resultados censales del año 2000, las proyecciones y estimaciones sobre el cultivo de la papa, se realizaban considerando a la provincia del Carchi como la de mayor superficie sembrada y cosechada; la publicación de estos resultados refleja cambios importantes en estos supuestos: se encuentra que es la provincia de Chimborazo la que registra mayor número de hectáreas sembradas, 10 681, seguida por las provincias de Cotopaxi con 9 672 ha; Tungurahua con 7 380 ha y Carchi con 6 179 ha (INEC, 2000).

6.5. IMPLEMENTACIÓN/PLAN DE ACCIÓN

6.5.1. Construcción del cajón oscuro

El cajón oscuro será una estructura de madera, con las siguientes dimensiones (1 m de ancho x 20 m de largo x 0,80 m de altura); los listones de madera que se utilizarán en su implementación, serán acoplado con clavos.

6.5.2. Instalación de planchas de espumaflex

Una vez que la estructura del cajón oscuro estuviere terminada, se procederá a cubrirlo con planchas de espumaflex, en las partes inferior y superior, así como también los laterales. En la parte inferior se acoplarán las planchas a lo largo de toda la estructura, de igual manera que en las paredes laterales del cajón.

6.5.3. Instalación del plástico

Una vez instaladas las planchas de espumaflex, se cubrirán todo el interior del cajón con plástico negro.

6.5.4. Instalación del sistema de riego

El sistema de riego constará de un tanque de 1000 litros de capacidad, conectado a una bomba de medio caballo de potencia, que distribuirá la solución nutritiva por medio de los nebulizadores que estarán acoplados a una distancia de 50 cm a las mangueras distribuidas en cada uno de los cajones, paralelamente se instalará un interruptor horario (timer), con el fin de regular automáticamente el tiempo de la fertirrigación. En los primeros meses el tiempo de riego será cada 15 minutos por el lapso de 15 segundos por riego y cuando se inicie la cosecha cada 3 horas por el lapso de 15 segundos por riego.

6.5.5. Adquisición de plantas y trasplante

Para el trasplante, se adquirirán plántulas de papa in Vitro, de la variedad Superchola y se efectuará el trasplante cuando las plántulas presenten una altura de 5 a 6 cm, a una distancia de 0,14cm entre plantas e hileras.

6.5.6. Aplicación de productos orgánicos

La aplicación de biol 60% de K se efectuará en la dosis de 4 l/20 l de agua (20%), a los 60 días del trasplante. Para tal efecto se utilizará bomba de mochila, cubriendo todo el follaje de la planta.

6.5.7. Tutoreo

El tutoreo se hará a los 55 días del trasplante. Para este efecto se colocarán tiras de madera a los lados de cada caja, luego con piola se tejerán tres pisos de malla para evitar que las plantas se viren.

6.5.8. Controles fitosanitarios

Se efectuarán controles preventivos para Oidio (*Oidio spp*), Lancha (*Phytophthora infestans*), Polilla”(*Symmetrischema tangolias* y *Tecia solanívora*) y para la pudrición de la raíz.

6.5.9. Fertilización

En el sistema aeropónico la fertilización y el riego se manejarán en conjunto (fertirrigación) y se realizarán en base a la solución nutritiva hidropónica para papa recomendada por la Universidad Nacional Agraria la Molina Perú (Anexo 1).

6.5.10. Cosecha

La cosecha se efectuará en forma manual, empezando por cada tratamiento. Luego, los tubérculos serán contados clasificados por categorías y almacenados en un cuarto frío a la temperatura de 4°C.

6.5.11. Divulgación de los resultados

Con el objeto de que los agricultores se enteren de los beneficios del biol, en el crecimiento y desarrollo de la plantas y la producción de tubérculos, se efectuarán parcelas demostrativas y días de campo, en el lugar del cultivo y conozcan de estas nuevas tecnologías.

BIBLIOGRAFÍA

Arias, D. 2009. Producción de semilla prebásica en el sistema aeropónico en el Ecuador. Tesis Ing. Agr. Quito, Universidad Central del Ecuador. 125 p.

Benítez, P. 2002. Siembra de tres densidades de plantas in vitro esquejes y tubérculos en dos variedades mejoradas de papa, Santa Catalina INIAP. Tesis. Ing. Agr. Quito, Universidad Central del Ecuador, Facultad de Ciencias Agrícolas. 47 p.

Centro Internacional de la Papa-CIP. 1998. La papa en cifras. 95 p.

Contreras, A. 2006. Eco fisiología del rendimiento de la papa. Revista de la papa. Chile. n° :10: 15-16.

Crissman, C.; Uquillas, J. 2003. Seed potato systems in Ecuador; acase study. Quito, EC. Centro Internacional de la Papa. p. 27-32.

Ecuador. Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología. 2011. Registro anual de observaciones meteorológicas del cantón Mejía. Quito. 2 p.

El Biol. 2009. Fitoestimulante orgánico. En línea. Consultado 25 de mayo del 2009. Disponible en www.sica.gov.ec/agronegocios/biblioteca/ing%20rizzo/organicos/biol.htm-8k.

Huamán, Z. 1990. Botánica sistemática y morfología de la papa. 2 ed. Lima, Perú,. Centro Internacional de la Papa,. Boletín de información técnica. n° 6. 20 p.

INFOAGRO.COM, 2010. Cultivo de papa. En línea. Consultas 23 de febrero del 2011. Disponible en www.infoagro.com.

Instituto Nacional de Estadística y Censos. 2003. Superficie de papas cultivada a nivel nacional. Quito. 206 p.

Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias. 1987. Proyecto Fortipapa. Información técnica de la variedad de papa Superchola. Quito, EC. 16.

Kozai, T. 2007. Autotrophic micropropagation. En: Environmental control in micropropagation. Chiba. JP .Chiba. University. s.p.

Manual Agropecuario. 2002. Barcelona, Sintesis 1 020 p

Muñoz, D. 2000. Alternativa de nutrición para el cultivo de papa. Revista papas Colombianas). 3(1): 70-74.

Otazu, V; Chuquillanqui, C . 2007. Alternativas al uso de bromuro de metilo en la producción de semilla de papa de calidad. Producción de semilla de papa de calidad por aeroponía. CIP (Centro Internacional de la Papa).

Pinza, M. 2055. Producción de semilla prebásica de papa (*Solanum tuberosum*) en invernadero con tres orígenes y aporques. Santa Catalina-INIAP. Tesis Ing. Agr. Quito: Universidad Central del Ecuador, Facultad de Ciencias Agrícolas. p 12-13, 16-17 p.

Rigato, S.; Gonzáles, A.; Huarte, M. 2008. Producción de plántulas por el sistema autotrófico-hidropónico, Balcarce AR. Instituto Nacional Tecnológico Argentino. 6 p.

Samperio, G. 2009. Hidroponía básica el cultivo fácil y rentable de las plantas sin tierra. México, Diana. 151 p.

Velásquez, J,; Quevedo, R.; Paula, N. 1998. El Sistema de producción de semillas de papa en el INIAP. *In*. Revista Informativa del Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias-INIAP No. 10, pp 18-22.

APÉNDICE

ANEXO 1. SOLUCIÓN NUTRITIVA HIDROPÓNICA PARA PAPA
(Universidad Nacional Agraria La Molina UNALM)

Producto	Primeros 45 días	Fuente	Riqueza del Fertilizante %	Producto	Después de 45 días	Fuete	Riqueza del Fertilizante %
K	200 ppm	KNO3	38 K	K	260 ppm	Muriato de Potasio	60 K
N	190 ppm	KNO3	13 N	N	150 ppm	NH4NO3	35 N
		CaNO3	15 N			CaNO3	15 N
Ca*	150 ppm	CaNO3	19 Ca	Ca*	150 ppm	CaNO3	19 Ca
S*	70 ppm	MgSO4	13 S	S*	92 ppm	MgSO4	13 S
Mg*	45 ppm	MgSO4	10Mg	Mg*	45 ppm	MgSO4	10Mg
P	35 ppm P	Fosfonato Potásico	30 P2O5	P	35 ppm	Fosfonato Potásico	30 P2O5
			20 K2O				20 K2O
Fe	1,00 ppm			Fe	1.00 ppm		
Mn	0,50 ppm			Mn	0.50 ppm		
B*	0,50 ppm			B*	0.50 ppm		
Zn	0,15 ppm			Zn	0.15 ppm		
Cu	0,10 ppm			Cu	0.10 ppm		
Mo	0,05 ppm			Mo	0.05 ppm		

1 ppm (una parte por millón) = 1 mg/litro

Ph= 5,5–6,5

CE = 1,00 – 1,80 mmhos/cm

ANEXO 2. DÍAS A LA TUBERIZACIÓN

Tratamientos		Repeticiones			Total	Promedio
No.	Símbolo	I	II	III		
1	P1D1F1	140,00	134,00	145,00	419,00	139,67
2	P1D1F2	140,00	140,00	134,00	414,00	138,00
3	P1D1F3	145,00	145,00	134,00	424,00	141,33
4	P1D2F1	140,00	130,00	145,00	415,00	138,33
5	P1D2F2	145,00	145,00	134,00	424,00	141,33
6	P1D2F3	140,00	134,00	145,00	419,00	139,67
7	P1D3F1	140,00	145,00	134,00	419,00	139,67
8	P1D3F2	140,00	145,00	134,00	419,00	139,67
9	P1D3F3	140,00	134,00	145,00	419,00	139,67
10	P2D1F1	134,00	145,00	134,00	413,00	137,67
11	P2D1F2	134,00	145,00	134,00	413,00	137,67
12	P2D1F3	130,00	145,00	134,00	409,00	136,33
13	P2D2F1	140,00	130,00	145,00	415,00	138,33
14	P2D2F2	134,00	140,00	130,00	404,00	134,67
15	P2D2F3	140,00	140,00	130,00	410,00	136,67
16	P2D3F1	145,00	145,00	134,00	424,00	141,33
17	P2D3F2	140,00	134,00	145,00	419,00	139,67
18	P2D3F3	140,00	140,00	130,00	410,00	136,67
19	T	145,00	145,00	140,00	430,00	143,33

ANEXO 3. ALTURA DE PLANTA (cm)

Tratamientos		Repeticiones			Total	Promedio
No.	Símbolo	I	II	III		
1	P1D1F1	140,07	141,10	141,30	422,47	140,82
2	P1D1F2	138,43	142,30	141,70	422,43	140,81
3	P1D1F3	136,72	122,10	136,00	394,82	131,61
4	P1D2F1	141,60	142,20	141,70	425,50	141,83
5	P1D2F2	140,20	140,10	139,80	420,10	140,03
6	P1D2F3	140,40	139,50	138,70	418,60	139,53
7	P1D3F1	139,54	137,90	131,30	408,74	136,25
8	P1D3F2	130,96	131,90	124,30	387,16	129,05
9	P1D3F3	131,54	133,50	133,20	398,24	132,75
10	P2D1F1	149,17	146,60	147,50	443,27	147,76
11	P2D1F2	145,21	144,50	143,30	433,01	144,34
12	P2D1F3	143,35	147,30	137,30	427,95	142,65
13	P2D2F1	142,84	149,70	146,70	439,24	146,41
14	P2D2F2	143,00	148,40	145,60	437,00	145,67
15	P2D2F3	144,20	142,70	140,60	427,50	142,50
16	P2D3F1	137,90	144,80	145,50	428,20	142,73
17	P2D3F2	130,10	140,80	140,70	411,60	137,20
18	P2D3F3	149,40	139,70	140,20	429,30	143,10
19	T	125,27	124,90	128,20	378,37	126,12

ANEXO 4. NÚMERO DE PLANTAS AL FINAL DEL ENSAYO

Tratamientos		Repeticiones			Total	Promedio
No.	Símbolo	I	II	III		
1	P1D1F1	28,00	30,00	33,00	91,00	30,33
2	P1D1F2	31,00	30,00	28,00	89,00	29,67
3	P1D1F3	30,00	31,00	29,00	90,00	30,00
4	P1D2F1	30,00	31,00	28,00	89,00	29,67
5	P1D2F2	29,00	32,00	30,00	91,00	30,33
6	P1D2F3	30,00	32,00	29,00	91,00	30,33
7	P1D3F1	29,00	33,00	32,00	94,00	31,33
8	P1D3F2	32,00	29,00	32,00	93,00	31,00
9	P1D3F3	32,00	27,00	32,00	91,00	30,33
10	P2D1F1	30,00	28,00	27,00	85,00	28,33
11	P2D1F2	32,00	33,00	29,00	94,00	31,33
12	P2D1F3	32,00	33,00	29,00	94,00	31,33
13	P2D2F1	27,00	33,00	32,00	92,00	30,67
14	P2D2F2	33,00	34,00	29,00	96,00	32,00
15	P2D2F3	32,00	33,00	29,00	94,00	31,33
16	P2D3F1	25,00	30,00	33,00	88,00	29,33
17	P2D3F2	31,00	35,00	29,00	95,00	31,67
18	P2D3F3	31,00	34,00	33,00	98,00	32,67
19	T	28,00	27,00	28,00	83,00	27,67

ANEXO 5. PORCENTAJE DE SOBREVIVENCIA

Tratamientos		Repeticiones			Total	Promedio
No.	Símbolo	I	II	III		
1	P1D1F1	77,78	83,33	91,67	252,78	84,26
2	P1D1F2	86,11	83,33	77,78	247,22	82,41
3	P1D1F3	83,33	86,11	80,56	250,00	83,33
4	P1D2F1	83,33	86,11	77,78	247,22	82,41
5	P1D2F2	80,56	88,89	83,33	252,78	84,26
6	P1D2F3	83,33	88,89	80,56	252,78	84,26
7	P1D3F1	80,56	91,67	88,89	261,11	87,04
8	P1D3F2	88,89	80,56	88,89	258,33	86,11
9	P1D3F3	88,89	75,00	88,89	252,78	84,26
10	P2D1F1	83,33	77,78	75,00	236,11	78,70
11	P2D1F2	88,89	91,67	80,56	261,11	87,04
12	P2D1F3	88,89	91,67	80,56	261,11	87,04
13	P2D2F1	75,00	91,67	88,89	255,56	85,19
14	P2D2F2	91,67	94,44	80,56	266,67	88,89
15	P2D2F3	88,89	91,67	80,56	261,11	87,04
16	P2D3F1	69,44	83,33	91,67	244,44	81,48
17	P2D3F2	86,11	97,22	80,56	263,89	87,96
18	P2D3F3	86,11	94,44	91,67	272,22	90,74
19	T	77,78	75,00	77,80	230,58	76,86

ANEXO 6. DÍAS A LA PRIMERA COSECHA

Tratamientos		Repeticiones			Total	Promedio
No.	Símbolo	I	II	III		
1	P1D1F1	180,00	185,00	180,00	545,00	181,67
2	P1D1F2	180,00	180,00	190,00	550,00	183,33
3	P1D1F3	190,00	180,00	180,00	550,00	183,33
4	P1D2F1	185,00	180,00	180,00	545,00	181,67
5	P1D2F2	180,00	185,00	185,00	550,00	183,33
6	P1D2F3	185,00	190,00	180,00	555,00	185,00
7	P1D3F1	185,00	180,00	190,00	555,00	185,00
8	P1D3F2	180,00	190,00	180,00	550,00	183,33
9	P1D3F3	190,00	180,00	180,00	550,00	183,33
10	P2D1F1	175,00	185,00	175,00	535,00	178,33
11	P2D1F2	185,00	175,00	180,00	540,00	180,00
12	P2D1F3	180,00	180,00	180,00	540,00	180,00
13	P2D2F1	180,00	180,00	175,00	535,00	178,33
14	P2D2F2	175,00	180,00	175,00	530,00	176,67
15	P2D2F3	175,00	180,00	175,00	530,00	176,67
16	P2D3F1	180,00	180,00	180,00	540,00	180,00
17	P2D3F2	180,00	185,00	190,00	555,00	185,00
18	P2D3F3	185,00	185,00	180,00	550,00	183,33
19	T	190,00	195,00	190,00	575,00	191,67

ANEXO 7. NÚMERO DE TUBÉRCULOS POR PLANTA

Tratamientos		Repeticiones			Total	Promedio
No.	Símbolo	I	II	III		
1	P1D1F1	6,80	7,80	7,90	22,50	7,50
2	P1D1F2	6,50	6,40	7,40	20,30	6,77
3	P1D1F3	6,20	6,00	6,90	19,10	6,37
4	P1D2F1	6,30	8,20	7,70	22,20	7,40
5	P1D2F2	9,25	6,60	7,70	23,55	7,85
6	P1D2F3	6,80	9,30	6,90	23,00	7,67
7	P1D3F1	8,90	6,90	6,00	21,80	7,27
8	P1D3F2	6,35	6,40	6,77	19,53	6,51
9	P1D3F3	6,20	7,20	7,80	21,20	7,07
10	P2D1F1	8,90	8,15	9,11	26,17	8,72
11	P2D1F2	8,80	7,80	8,50	25,10	8,37
12	P2D1F3	8,20	6,70	8,20	23,10	7,70
13	P2D2F1	10,20	8,00	9,50	27,70	9,23
14	P2D2F2	8,80	7,60	9,10	25,50	8,50
15	P2D2F3	8,10	7,40	7,80	23,30	7,77
16	P2D3F1	7,90	8,60	7,60	24,10	8,03
17	P2D3F2	6,70	6,70	6,50	19,90	6,63
18	P2D3F3	6,10	6,10	6,40	18,60	6,20
19	T	4,80	4,70	6,40	15,90	5,30

ANEXO 8. RENDIMIENTO (kg/tratamiento)

Tratamientos		Repeticiones			Total	Promedio
No.	Símbolo	I	II	III		
1	P1D1F1	6,98	7,45	7,98	22,41	7,47
2	P1D1F2	7,31	7,09	6,79	21,19	7,06
3	P1D1F3	7,04	7,13	6,93	21,10	7,03
4	P1D2F1	7,39	7,38	6,64	21,41	7,14
5	P1D2F2	7,19	7,60	6,99	21,78	7,26
6	P1D2F3	7,03	7,50	6,76	21,28	7,09
7	P1D3F1	6,85	7,84	7,44	22,13	7,38
8	P1D3F2	7,52	6,82	7,34	21,68	7,23
9	P1D3F3	7,29	6,37	7,13	20,79	6,93
10	P2D1F1	7,68	7,12	7,16	21,96	7,32
11	P2D1F2	8,05	8,20	7,35	23,60	7,87
12	P2D1F3	7,84	8,09	7,03	22,95	7,65
13	P2D2F1	6,89	8,46	8,63	23,98	7,99
14	P2D2F2	8,27	8,75	7,71	24,73	8,24
15	P2D2F3	8,12	8,44	7,30	23,86	7,95
16	P2D3F1	6,21	7,60	8,43	22,24	7,41
17	P2D3F2	7,35	8,69	7,94	23,97	7,99
18	P2D3F3	7,45	8,22	8,24	23,91	7,97
19	T	5,16	5,54	6,77	17,47	5,82

ANEXO 9. PORCENTAJE DE TUBÉRCULOS DE SEGUNDA

Tratamientos		Repeticiones			Total	Promedio
No.	Símbolo	I	II	III		
1	P1D1F1	33,82	33,33	34,18	101,33	33,78
2	P1D1F2	38,46	40,63	31,08	110,17	36,72
3	P1D1F3	37,10	36,67	37,68	111,44	37,15
4	P1D2F1	22,22	31,71	33,77	87,70	29,23
5	P1D2F2	23,78	33,33	31,17	88,28	29,43
6	P1D2F3	38,24	26,88	34,78	99,90	33,30
7	P1D3F1	25,84	36,23	28,33	90,41	30,14
8	P1D3F2	18,89	31,25	29,54	79,67	26,56
9	P1D3F3	27,42	26,39	26,92	80,73	26,91
10	P2D1F1	34,83	34,34	34,02	103,19	34,40
11	P2D1F2	31,82	39,74	30,59	102,15	34,05
12	P2D1F3	26,83	35,82	32,95	95,60	31,87
13	P2D2F1	31,37	37,50	28,42	97,29	32,43
14	P2D2F2	40,91	38,16	32,97	112,03	37,34
15	P2D2F3	34,57	36,49	37,18	108,23	36,08
16	P2D3F1	35,44	38,37	38,16	111,97	37,32
17	P2D3F2	49,25	44,78	49,23	143,26	47,75
18	P2D3F3	42,62	44,26	39,06	125,95	41,98
19	T	25,00	27,65	23,44	76,08	25,36

ANEXO 10. PORCENTAJE DE TUBÉRCULOS DE TERCERA CATEGORÍA

Tratamientos		Repeticiones			Total	Promedio
No.	Símbolo	I	II	III		
1	P1D1F1	48,53	41,03	39,24	128,80	42,93
2	P1D1F2	49,23	45,31	44,59	139,14	46,38
3	P1D1F3	50,00	48,33	44,93	143,26	47,75
4	P1D2F1	60,32	42,68	45,45	148,45	49,48
5	P1D2F2	39,99	50,00	45,45	135,44	45,15
6	P1D2F3	51,47	38,71	46,38	136,56	45,52
7	P1D3F1	30,34	39,13	46,67	116,13	38,71
8	P1D3F2	42,49	40,63	42,83	125,95	41,98
9	P1D3F3	40,32	34,72	34,62	109,66	36,55
10	P2D1F1	42,70	47,82	45,00	135,52	45,17
11	P2D1F2	44,32	47,44	52,94	144,70	48,23
12	P2D1F3	46,34	50,75	43,93	141,01	47,00
13	P2D2F1	47,06	57,50	46,32	150,87	50,29
14	P2D2F2	48,86	56,58	48,35	153,79	51,26
15	P2D2F3	50,62	55,41	57,69	163,71	54,57
16	P2D3F1	40,51	33,72	44,74	118,96	39,65
17	P2D3F2	44,78	44,78	49,23	138,78	46,26
18	P2D3F3	50,82	49,18	48,44	148,44	49,48
19	T	35,42	34,03	28,13	97,57	32,52

ANEXO 11. PORCENTAJE DE TUBÉRCULOS DE CUARTA CATEGORÍA

Tratamientos		Repeticiones			Total	Promedio
No.	Símbolo	I	II	III		
1	P1D1F1	17,65	25,64	26,58	69,87	23,29
2	P1D1F2	12,31	14,06	24,32	50,69	16,90
3	P1D1F3	12,90	15,00	17,39	45,29	15,10
4	P1D2F1	17,46	25,61	20,78	63,85	21,28
5	P1D2F2	36,24	16,67	23,38	76,28	25,43
6	P1D2F3	10,29	34,41	18,84	63,54	21,18
7	P1D3F1	43,82	24,64	25,00	93,46	31,15
8	P1D3F2	38,62	28,13	27,63	94,38	31,46
9	P1D3F3	32,26	38,89	38,46	109,61	36,54
10	P2D1F1	22,47	17,84	20,98	61,29	20,43
11	P2D1F2	23,86	12,82	16,47	53,15	17,72
12	P2D1F3	26,83	13,43	23,13	63,39	21,13
13	P2D2F1	21,57	5,00	25,26	51,83	17,28
14	P2D2F2	10,23	5,26	18,68	34,17	11,39
15	P2D2F3	14,81	8,11	5,13	28,05	9,35
16	P2D3F1	24,05	27,91	17,11	69,06	23,02
17	P2D3F2	5,97	10,45	1,54	17,96	5,99
18	P2D3F3	6,56	6,56	12,50	25,61	8,54
19	T	39,58	38,33	48,44	126,35	42,12

ANEXO 12. ANÁLISIS QUÍMICO DE LOS BIOLES

ANEXO 13. ELABORACIÓN DE BIOL

Lavar bien el bidón, luego ubicarlo en un lugar soleado, de donde no se le moverá por dos o tres meses. Debe estar ubicado, preferentemente, cerca al corral, para facilitar el transporte de los insumos.

Picar las leguminosas (alfalfa, haba), el pasto y el follaje de avena con un machete para facilitar su descomposición.

Moler finamente la sal y disolverla en 5 l de agua (de preferencia realizar un día antes para facilitar la homogenización de los insumos).

Llenar con estiércol fresco el tacho o bidón. Si el estiércol se encuentra seco, remojarlo 24 horas para facilitar la mezcla.

Agregar agua y mezclar homogéneamente con la ayuda de un palo de madera.

Agregar ceniza y melaza o azúcar y continuar moviendo la mezcla.

Agregar el porcentaje requerido de fosforo y potasio y también de micro elementos.

Luego, llenar con agua el bidón y remover la mezcla para que se homogenice. Es importante no llenar por completo el bidón, dejando al menos 3 cm de espacio hacia la boca del bidón para proporcionar espacio adecuado para el inicio del proceso de fermentación.

Sellar el bidón. Debe tenerse en cuenta que esta fase es muy importante, porque será eliminado el gas (metano) que resulta de la fermentación de los componentes.

Acoplar en la tapa del bidón un pitón de cámara de llanta, que uniremos con una manguera. Introducir el otro extremo de la manguera en una botella descartable con agua. Este mecanismo facilitará la salida del gas metano que se produce durante el proceso de fermentación.

El tiempo de elaboración del biol, es decir de su descomposición y fermentación, depende del clima local. En climas fríos puede tomar entre 75 y 90 días, mientras que en climas cálidos entre 30 y 45.