



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

**EFFECTO DEL ÁCIDO ABSCÍSICO (ABA) EN LA
TUBERIZACIÓN DE LA PAPA (*Solanum tuberosum* L.)
VARIEDAD INIAP-FRIPAPA EN EL SISTEMA
AEROPÓNICO.**

TRABAJO DE TITULACIÓN

TIPO: Proyecto de investigación

Presentado para optar el grado académico de:

INGENIERA AGRÓNOMA

AUTORA: JESSICA TAMARA CUJANO PILCO

DIRECTOR: Ing. CARLOS CARPIO COBA M.Sc.

RIOBAMBA – ECUADOR

2021

@2021, Jéssica Tamara Cujano Pilco

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

Yo, Jéssica Tamara Cujano Pilco declaro que el presente trabajo de titulación es de mi autoría y que los resultados del mismo son auténticos y originales.

Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autora, asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación; El patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 29 de marzo del 2021



Jéssica Tamara Cujano Pilco

065018868-3

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

El Tribunal del trabajo de titulación certifica que: El trabajo de titulación: Tipo: Proyecto de Investigación, “EFECTO DEL ÁCIDO ABCÍSICO (ABA) EN LA TUBERIZACIÓN DE LA PAPA (*Solanum tuberosum* L.) VARIEDAD INIAP-FRIPAPA EN EL SISTEMA AEROPÓNICO”, realizado por la señorita Jéssica Tamara Cujano Pilco ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del trabajo de titulación el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

NORMA
SOLEDAD
ERAZO
SANDOVAL



Firmado digitalmente
por NORMA SOLEDAD
ERAZO SANDOVAL
Fecha: 2021.06.05
19:53:55 -05'00'

Ing. Norma Soledad Erazo Sandoval Ph.D.

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL



Firmado electrónicamente por:
CARLOS
FRANCISCO
CARPIO COBA

Ing. Carlos Francisco Carpio Coba MsC

**DIRECTOR DEL TRABAJO
DE TITULACIÓN**



Firmado electrónicamente por:
GALO BRIAM
MONTENEGRO
CORDOVA

Ing. Galo Briam Montenegro Córdova, Ph.D.

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

DEDICATORIA

En primer lugar, al ser Supremo que es aquel que me trajo al mundo para una misión, guiándome por el camino de la luz, y brindándome fortaleza para vencer cada uno de los obstáculos en el transcurso de mi vida, mis padres: Luis Cujano y Doraliza Pilco por ser mis pilares fundamentales en el transcurso de mi formación personal y académica, por el apoyo, la comprensión y el amor constante hacia mí, lo que me permitió cumplir con esta etapa de mi vida y en general a toda mi familia, docentes y amig@s por ayudarme a lograr mis metas, por compartir momentos de alegría y tristeza lo que me ha ayudado a ser una persona fuerte, y a todas las personas que estuvieron presentes en todo momento.

Al Ing. Edwin Pallo por su apoyo incondicional a la Ing. Andrea Guapi como técnica docente del invernadero de aeroponía de la ESPOCH.

Agradezco a la Escuela de Ingeniería Agronómica de la ESPOCH en especial a los docentes por haberme preparado durante el transcurso de la carrera. En especial al Ing. Carlos Carpio como director de tesis y al Dr. Galo Montenegro como asesor, quienes colaboraron para la finalización de mi trabajo de titulación.

JÉSSICA TAMARA CUJANO PILCO

AGRADECIMIENTO

A Dios por haberme dado la oportunidad de cumplir un propósito más en la vida, porque en los momentos más difíciles me ha dado la oportunidad de volver al camino de la luz.

A mis hermanos por apoyarme en los momentos más difíciles, que con sus palabras no me han dejado vencer.

A mi sobrina Mayte por ser la luz de mi corazón, a pesar de su corta edad a logrado convertirse en un pilar fundamental en mi vida.

A mis amig@s que me han acompañado durante el transcurso de mi formación personal y académica, por los momentos felices y los momentos difíciles, que en conjunto me han permitido enriquecerme como persona y valorar cada día lo verdaderamente importante.

JÉSSICA TAMARA CUJANO PILCO

INDICE DE CONTENIDO

INDICE DE TABLAS.....	xii
INDICE DE FIGURAS.....	xiii
INDICE DE GRÁFICOS:	xiv
INDICE DE ANEXOS	xv
RESUMEN	xvi
ABSTRAC	xvii
INTRODUCCIÓN	1

CAPITULO I

1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL	4
1.1. Sistema Aeropónico.....	4
1.1.1. <i>Producción de mini tubérculos en aeroponía</i>	5
1.2. Solución nutritiva	5
1.3. Ácido Abscísico	6
1.4. Cultivo de papa.....	7
1.4.1. <i>Origen</i>	7
1.4.2. <i>Clasificación Botánica</i>	7
1.4.3. <i>Morfología</i>	7
1.4.4. <i>Fenología</i>	7
1.4.4.1. Dormancia de la semilla.....	7
1.4.4.2. Brotación	8
1.4.4.3. Emergencia	8
1.4.4.4. Desarrollo de tallos	8
1.4.4.5. Floración y tuberización:	8

1.4.4.6.	Desarrollo de los tubérculos.....	8
1.4.5.	<i>Factores que determinan el proceso de tuberización.</i>	8
1.4.5.1.	Foto período.....	8
1.4.5.2.	Temperatura.....	8
1.4.5.3.	Disponibilidad de agua.....	9
1.4.5.4.	Densidad y edad fisiológica.....	9
1.4.6.	<i>Manejo del cultivo</i>	9
1.4.6.1.	Siembra y preparación de suelo.....	9
1.4.6.2.	Fertilización.....	9
1.4.6.3.	Poda.....	10
1.4.6.4.	Rascadillo.....	10
1.4.6.5.	Medio aporque.....	10
1.4.6.6.	Aporque.....	10
1.4.6.7.	Entutorados.....	10
1.4.6.8.	Cosecha.....	10
1.4.6.9.	Plagas y enfermedades.....	10
1.4.7.	<i>Generalidades de la variedad INIAP Fripapa</i>	13
1.4.8.	<i>Requerimientos edafo climáticos, hídricos y nutricionales.</i>	13
1.4.8.1.	Requerimientos edafo climáticos.....	13
1.4.8.2.	Altitud:.....	13
1.4.8.3.	Temperatura.....	14
1.4.8.4.	Suelo:.....	14
1.4.8.5.	Luz:.....	14
1.4.8.6.	Requerimiento hídrico.....	14
1.4.8.7.	Requerimiento nutricional.....	14
1.4.9.	<i>Semilla de papa</i>	15
1.4.9.1.	Semilla.....	15

1.4.9.2.	Calidad	16
1.4.10.	<i>Control Interno de Calidad (CIC)</i>	16
1.4.11.	<i>Rendimiento</i>	16

CAPITULO II

2.	MARCO METODOLÓGICO	17
2.1.	Caracterización del lugar	17
2.1.1.	<i>Localización</i>	17
2.1.2.	<i>Ubicación geográfica del invernadero</i>	17
2.1.3.	<i>Condiciones climáticas del invernadero</i>	17
2.1.4.	<i>Clasificación ecológica</i>	17
2.2.	Materiales	17
2.2.1.	<i>Material experimental</i>	17
2.2.2.	<i>Materiales y equipos para campo</i>	17
2.2.2.1.	Campo	17
2.2.2.2.	Oficina	17
2.3.	Metodología	18
2.3.1.	<i>Variedades</i>	18
2.3.2.	<i>Características del experimento</i>	18
2.3.3.	<i>Características del invernadero de aeroponía</i>	18
2.3.4.	<i>Especificaciones del campo experimental</i>	18
2.3.5.	<i>Unidad experimental</i>	19
2.3.6.	<i>Distribución del ensayo</i>	19
2.3.7.	<i>Diseño experimental</i>	19
2.3.7.1.	Tipo de diseño	19
2.3.7.2.	Análisis estadístico	19

2.3.7.3.	Análisis funcional.....	19
2.4.	Manejo del ensayo	20
2.4.1.	<i>Obtención de brotes</i>	20
2.4.2.	<i>Preparación de brotes (lavado y desinfección).....</i>	20
2.4.3.	<i>Siembra de brotes</i>	20
2.4.4.	<i>Trasplante de brotes al sistema aeropónico</i>	20
2.4.5.	<i>Solución nutritiva</i>	20
2.4.6.	<i>Aplicación de tratamientos</i>	21
2.4.7.	<i>Manejo del cultivo</i>	22
2.4.8.	<i>Cosecha.....</i>	22
2.5.	Métodos de evaluación y datos registrados.....	22
2.5.1.	<i>Metodología para el objetivo uno</i>	22
2.5.1.1.	Días a la cosecha.....	22
2.5.1.2.	Número de tubérculos por planta	23
2.5.1.3.	Peso de los mini tubérculos por planta	23
2.5.1.4.	Rendimiento en Kg por planta	23
2.5.1.5.	Control Interno de Calidad.....	23
2.5.2.	<i>Metodología para el objetivo dos</i>	23
2.5.3.	<i>Análisis de información.....</i>	23

CAPÍTULO III

3.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE LOS OBJETIVOS	24
3.1.	Resultados del objetivo uno	24
3.1.1.	<i>Días a la cosecha</i>	24
3.1.2.	<i>Número de tubérculos por planta</i>	24
3.1.3.	<i>Determinación del peso de los tubérculos por planta.....</i>	25

3.1.4.	<i>Análisis del rendimiento Kg/ha</i>	26
3.1.4.	<i>Control Interno de calidad</i>	27
3.1.5.	<i>Temperaturas y humedad relativa</i>	28
3.2.	Discusiones	29
3.2.1.	<i>Número de tubérculos por planta</i>	29
3.2.2.	<i>Peso de tubérculos por planta</i>	30
3.2.3.	<i>Rendimiento Kg/ha</i>	30
3.2.4.	<i>Temperaturas y Humedad relativa</i>	31
	CONCLUSIONES	32
	RECOMENDACIONES	33
	GLOSARIO	
	BIBLIOGRAFÍA	
	ANEXOS	

INDICE DE TABLAS

Tabla 1-1: Principales plagas del cultivo de papa.....	10
Tabla 2-1: Principales enfermedades del cultivo de papa.....	12
Tabla 1-2: Características del campo experimental	18
Tabla 2-2: Descripción de tratamientos.....	19
Tabla 3-2: Análisis de varianza.....	19
Tabla 4-2: Solución nutritiva inicial (200 litros)	21
Tabla 5-2: Solución nutritiva final (200 litros).....	21
Tabla 1-3: Análisis de varianza para Días a la cosecha	24
Tabla 2-3: Análisis de varianza para el número de tubérculos por planta.....	24
Tabla 3-3: Análisis de varianza para el peso de los tubérculos por planta.	25
Tabla 4-3: Análisis del rendimiento en Kg/ha	26

INDICE DE FIGURAS

Figura 1-1: Producción de semilla de papa por aeroponía.....	4
Figura 2-1: Fórmulas de soluciones nutritivas, que han sido probadas y utilizadas en diferentes sistemas en la zona andina, para la producción de papa en aeroponía	6
Figura 1-3: Tubérculos muestra de acuerdo a la incidencia y severidad.	27

INDICE DE GRÁFICOS:

Gráfico 1-3: Número de tubérculos por planta.	25
Gráfico 2-3: Peso de tubérculos por planta en gramos (g).....	26
Gráfico 3-3: Peso de los tubérculos en Kg/ha.....	27
Gráfico 1-3: Registro de humedad relativa y temperaturas mensuales	29

INDICE DE ANEXOS

ANEXO A: UBICACIÓN DEL CAMPO EXPERIMENTAL

ANEXO B: CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

ANEXO C: DÍAS A LA COSECHA

ANEXO D: PRUEBA DE TUKEY AL 5% PARA NÚMEROS DE TUBÉRCULOS POR PLANTA

ANEXO E: PRUEBA DE TUKEY AL 5% PARA EL PESO DE TUBÉRCULOS POR PLANTA

ANEXO F: PRUEBA DE TUKEY AL 5% PARA EL RENDIMIENTO Kg/ha

ANEXO G: VALORES PROMEDIO MENSUALES DE H.R., T°

ANEXO H: LIMPIEZA Y DESINFECCIÓN DEL INVERNADERO DE AEROPONÍA

ANEXO I: TANQUE PARA LA SOLUCIÓN NUTRITIVA

ANEXO J: MANEJO DEL SISTEMA AEROPÓNICO

ANEXO K: MANEJO DEL ENSAYO

ANEXO L: MANEJO DEL SISTEMA AEROPÓNICO

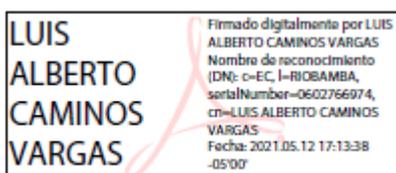
ANEXO M: MANEJO DEL CULTIVO

ANEXO N: CONTROL INTERNO DE CALIDAD (CIC)

RESUMEN

La siguiente investigación propone evaluar el efecto del Ácido Abscísico (ABA) en la tuberización de la papa *Solanum tuberosum* L. variedad INIAP–Fripapa en el sistema aeropónico. Se realizó un diseño completo al azar con tres tratamientos T1= Dosis de ácido Abscísico 0,005 %, T2= Dosis de ácido Abscísico 0,01 % y T3= Dosis de ácido Abscísico 0,02 % y tres repeticiones en total nueve unidades experimentales. Se evaluó parámetros como número de minitubérculos por planta, peso de los mini tubérculos por planta, días a la cosecha, rendimiento Kg/ha, control interno de calidad (CIC), además indicadores ambientales del invernadero como son temperaturas máximas, mínimas y humedad relativa. Los mejores resultados se obtuvieron en el tratamiento T2 (Dosis que corresponde al 0,01 % de ácido Abscísico), en el cual se logró un incremento en los siguientes indicadores: el mayor número de tubérculos por planta con una media de 47 tubérculos, el mayor peso de tubérculos por planta con una media de 165,46 gramos, el rendimiento de 26472,53 Kg/ha comparado con el Tratamiento T1 (Dosis que corresponde al 0,02% de ácido Abscísico) con una media de 40,67 tubérculos por planta, el peso de tubérculos por planta con una media de 146,82 gramos y el rendimiento con una media de 23496,46 Kg/ha mientras que el menor rendimiento corresponde al Tratamiento 3 (Dosis que corresponde al 0,005% de ácido Abscísico) con una media de 31 tubérculos/planta, el peso de tubérculos por planta con una media de 140,48 gramos, el rendimiento con una media de 22480,89 Kg/ha y se determinó el Control Interno de Calidad (CIC). Se concluye que el ácido Abscísico tiene influencia en la tuberización de la papa y un incremento significativo en el rendimiento. Se recomienda desde el punto de vista agronómico realizar siguientes investigaciones de ácido Abscísico en nuevas variedades de papa en el sistema aeropónico.

Palabras clave: <AGRONOMÍA>, <ÁCIDO ABSCÍSIKO (ABA) >, <FITOHORMONA>, <TUBÉRCULO>, <SISTEMA AEROPÓNICO>



1140-DBRA-UTP-2021

ABSTRAC

The present investigation aims to evaluate the effect of Abscisic Acid (ABA) on the tuberization of potato *Solanum tuberosum* L. variety INIAP-Fripapa in the aeroponic system. A complete randomized design with three treatments T1 = dose of Abscisic acid 0.005%, T2 = dose of Abscisic acid 0.01% and T3 = dose of Abscisic acid 0.02% and three replications, in total nine experimental units, was carried out. Parameters as number of mini tubers per plant, weight of mini tubers per plant, days to harvest, yield Kg/ha, internal quality control (CIC), as well as greenhouse environmental indicators such as maximum and minimum temperatures and relative humidity were evaluated. The best results were obtained in treatment T2 (dose corresponding to 0.01% Abscisic acid), in which an increase in the following indicators was achieved: the highest number of tubers per plant with an average of 47 tubers, the highest weight of tubers per plant with an average of 165.46 grams, the yield of 26472.53 kg/ha compared to Treatment T1 (Dose corresponding to 0.02% Abscisic acid) with an average of 40.67 tubers per plant, the weight of tubers per plant with an average of 146, 82 grams and yield with an average of 23496.46 Kg/ha while the lowest yield corresponds to Treatment 3 (Dosage corresponding to 0.005% Abscisic acid) with an average of 31 tubers/plant, weight of tubers per plant with an average of 140.48 grams, yield with an average of 22480.89 Kg/ha and the Internal Quality Control (IQC) was determined. It is concluded that Abscisic acid has an influence on potato tuberization and a significant increase in yield. From the agronomic point of view, it is recommended to carry out further research on Abscisic acid in new potato varieties in the aeroponic system.

Key words: <AGRONOMY>, <ABSCYSSIC ACID (ABA) >, <PHYTOHORMONE>, <TUBERCUBER>, <AEROPONIC SYSTEM>

INTRODUCCIÓN

El cultivo de papa (*Solanum tuberosum*) originaria de la zona Andina es considerada parte de la soberanía alimentaria a nivel mundial, la papa ocupa el noveno lugar en América Latina, y el cuarto lugar de importancia en el Ecuador después del trigo, maíz y arroz. (Velástegui, G *et al.*, 2018: p.2)

El progreso del manejo agronómico permitirá incrementar la producción de la papa, por lo cual es imprescindible iniciar con la elección de la semilla para los agricultores en cuanto a cantidad y calidad apropiada. (Aguilar 2015: p.21)

La escasez de semilla de papa en cuanto a calidad y cantidad es un factor limitante a nivel de América Latina y el Caribe relacionado a su baja disponibilidad y mala calidad de los tubérculos semilla, por lo que la aplicación de nuevas tecnologías es indispensable para incrementar los rendimientos de este cultivo. (Rodríguez 2007: p. 1-2)

La problemática es la disponibilidad de semilla para los agricultores, en cuanto a cantidad, calidad y tiempo.

Una de estas tecnologías es la producción de semilla de papa en el sistema aeropónico ya que se han utilizado en distintas partes del mundo para reemplazar a los sistemas convencionales que no son eficientes. (Aguilar 2015: p.21)

La aeroponía permite que la planta de papa se desarrolle de una mejor manera, por cuanto su sistema radical y la cantidad de tubérculos se incrementa al existir un equilibrio de aire y humedad ya que, al haber un incremento, la parte vegetativa también se desarrolla de una mejor manera, en la papa existen varios mecanismos para promover o retrasar la brotación de tubérculos entre ellos tenemos la utilización del ácido Abscísico (ABA).

El ácido Abscísico que participa en diferentes procesos metabólicos, esto depende de la concentración en el tejido, específicamente en una etapa fenológica de la planta acelerando la producción en la parte reproductiva de la planta. (Flórez Roncancio, *et al.*, 2009: p.3)

Entre los efectos del ABA tenemos regulación y apertura estomática, letargo en yemas y semillas e inhibición de muchas partes de la planta como (coleótilos, sistema radical, hojas, raíces entre otras).

El ácido Abscísico (ABA) promueve diversas funciones fisiológicas en los procesos de tuberización entre estas tenemos: acumulación de reservas, promueve el letargo en la brotación, participa en procesos relacionados con el estrés hídrico. (Moreno 2009: p.192)

El ácido Abscísico es un inhibidor del crecimiento de brotes, existe variabilidad en su utilización y se ve afectados por factores bióticos como abióticos, así como también la cantidad de aplicaciones que se realice. (Velástegui, G *et al.*, 2018: p.2)

Esta investigación tiene como finalidad proporcionar información acerca del efecto del ácido Abscísico (ABA) en la tuberización de la papa en el sistema aeropónico y continuar con más investigaciones que permitan a los agricultores ponerlos en práctica, ya que en este sistema se propaga y se mantiene variedades mejoradas y nativas, además de ello permitirá obtener mayor cantidad de semilla que presente sanidad adecuada, estado fisiológico idóneo y que se pueda obtener en corto plazo y a bajos costos, permitiendo así mantener la soberanía alimentaria y la diversidad en el país.

OBJETIVOS

General

Evaluar el efecto del Ácido Abscísico (ABA) en la tuberización de la papa *Solanum tuberosum* L. variedad INIAP–Fripapa en el sistema aeropónico.

Específicos

Evaluar el efecto de tres dosis de Ácido Abscísico (ABA) en la tuberización de papa (*Solanum tuberosum* L.) en el sistema aeropónico.

Determinar el número de mini tubérculos de papa (*Solanum tuberosum* L.) en el sistema aeropónico.

HIPÓTESIS

Hipótesis nula

Ninguna de las dosis de Ácido Abscísico (ABA) influyen en la producción de mini tubérculos de papa en el sistema aeropónico.

Hipótesis alterna

Una dosis de Ácido Abscísico (ABA) influye en la producción de mini tubérculos de papa en el sistema aeropónico

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

1.1. Sistema Aeropónico

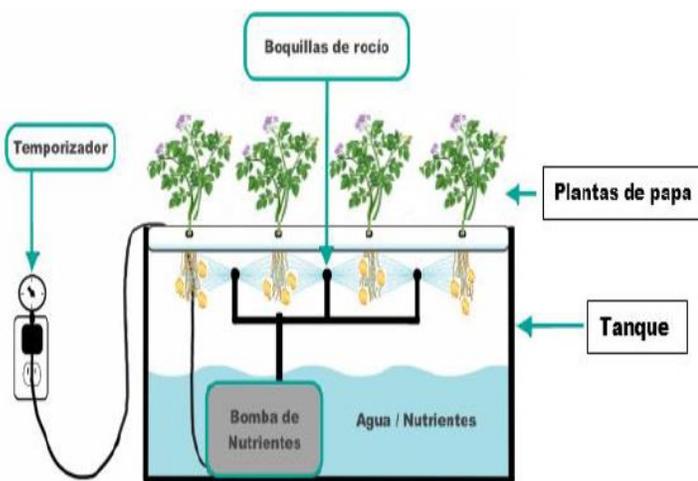


Figura 1-1: Producción de semilla de papa por aeroponía.

Fuente: (Romero 2019: p.54)

La aeroponía es una técnica de cultivo intensiva que permite incrementar el rendimiento debido a que no se utiliza sustratos por lo que se reduce los costos de producción y es amigable con el ambiente. (Caicedo 2016: p.27).

El cultivo de papa en el sistema aeropónico llega a cubrir la mayor superficie del módulo en el transcurso de 35 a 40 días posterior al transplante, dependiendo de los procesos interrelacionados con el follaje.

El sistema aeropónico facilita la aireación en relación a otras técnicas de hidroponía ya que mediante este sistema se favorece un mejor crecimiento radical y de estolonización permitiendo una adecuada absorción de nutrientes y contribuyendo a un incremento en el número de mini tubérculos por planta. (Caicedo 2016: p.27)

La aeroponía facilita la obtención de varias cosechas en el ciclo del cultivo por ende ocurre un aumento de minitubérculos, logrando mayor producción; el material de siembra a utilizarse juega un papel importante ya que si el material es fisiológicamente viejo provocará una disminución en el

número de tubérculos, pero favorecerá el peso de los mismos a diferencia de la utilización de plantas in vitro que produce más número de tubérculos, pero de menor peso.

Sin embargo, los minitubérculos producidos en aeroponía de diferente peso y tamaño son ideales para ser llevados a campo, con la finalidad de aumentar el rendimiento. (Saquina 2012: p.27)

1.1.1. Producción de mini tubérculos en aeroponía

La aeroponía es un sistema cerrado que reemplaza al suelo al utilizar soluciones nutritivas. El sistema radical se mantiene suspendido en el aire dentro de módulos cerrados alimentados de solución nutritiva mediante nebulizaciones constantes manteniendo así el 100% de humedad. (Caicedo 2016: p.27)

1.2. Solución nutritiva

El requerimiento nutricional depende de cada cultivo, la solución nutritiva depende del cultivar también de la composición química del agua, así como de los nutrientes de la solución nutritiva.

La conductividad eléctrica aumenta cuando se añade nutrientes al agua, debemos tomar en cuenta que no se debe exceder de 2,5 Mili Siemens por cm para evitar problemas de fitotoxicidad.

El pH ideal para cultivar papa en aeroponía es ligeramente ácido entre 6,5 – 6,8, si se excede se la puede bajar agregando ácido sulfúrico, nítrico o ácido fosfórico.

En aeroponía en el cultivo de la papa se utilizan dos soluciones nutritivas: la inicial y la final.

La solución inicial se utiliza desde el transplante hasta el aporque es decir a partir de los 35 a 40 días, luego se procede a realizar la solución final que se utiliza desde el aporque hasta la finalización del cultivo. (Andrade 2015: p.267)

Existen fertilizantes que incrementan la conductividad eléctrica, fertilizantes que incrementan o disminuyen el grado de alcalinidad o acidez de la solución nutritiva entre ellos tenemos a los fertilizantes alcalinos Fosfato de Calcio, Carbonato de Potasio, Fosfato de Potasio, Nitrato de Potasio y fertilizantes acidificantes Fosfato de amonio, Sulfato de Amonio, Urea, Nitrato de Amonio.

Las plantas requieren de macro (Nitrógeno (N), Fósforo (P), Potasio (K), Calcio (Ca), Magnesio (Mg) y micro nutrientes (hierro (Fe), azufre (S), manganeso (Mn), cobre (Cu), zinc Zn, boro B, molibdeno (Mo)) para su adecuado crecimiento, los cuales deben ser disueltos en agua para el aprovechamiento de las plantas. (Rafael. 2019: p. 36-38)

Soluciones nutritivas usadas en el cultivo aeropónico de papa

Solución nutritiva		Miligramos por litro (= ppm ^a)											
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	S	Fe	Mn	B	Cu	Zn	Mo
UNALM ^b	Inicial ^c	190	80	240	210	75	70	1,0	0,40	0,13	0,04	0,07	0,04
	Final ^d	150	103	312	210	75	92	1,0	0,40	0,13	0,04	0,07	0,04
CIP-Lima	Inicial	191	82	245	210	71	76	1,1	0,40	0,20	0,04	0,23	0,04
	Final	155	96	373	210	110	88	1,1	0,40	0,20	0,05	0,24	0,05
INIAP, CIP-Quito	Inicial	190	92	240	210	75	140	3,0	0,40	0,13	0,04	0,07	0,04
	Final	150	103	312	210	75	120	3,0	0,40	0,13	0,04	0,07	0,04
CORPOICA	Inicial	250	80	108	196	58	45	3,0	0,50	0,50	0,10	0,15	0,03
	Final	150	92	180	140	42	50	3,0	0,50	0,10	0,15	0,50	0,03

^a Partes por millón.

^b Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú.

^c Solución usada desde el trasplante hasta el aporque.

^d Solución usada desde el aporque hasta la finalización de la cosecha.

Figura 2-1: Soluciones nutritivas utilizadas en aeroponía.

Fuente: (Andrade 2015: p.267)

1.3. Ácido Abscísico

El ABA es la hormona que regula el desarrollo y la supervivencia de las plantas en condiciones de estrés y se considera el principal regulador del inicio y mantenimiento de la dormancia en tubérculos de papa, además participa en los procesos de desarrollo y maduración. Sin embargo, los mecanismos que regulan el contenido de ABA durante la dormancia, así como los lugares de síntesis y catabolismo aún son desconocidos. (Rodríguez 2010: p.4)

Como, en las demás fitohormonas, la respuesta a ABA depende de su concentración en el tejido, así como de la sensibilidad de éste a la hormona. Los procesos de síntesis catabolismo, compartimentación y transporte contribuyen a la concentración de la hormona activa en el tejido, en un determinado estadio de desarrollo de la planta. (Ortiz,L *et al.*, 2016: p.3)

Entre las etapas de desarrollo del ciclo de la papa se encuentra el proceso de tuberización. Este es regulado por las características propias de la variedad, la edad de la semilla, la temperatura del suelo, la humedad, la nutrición, la intensidad y duración de la luz (favorecido en días cortos), la acción de fitorreguladores y por la incidencia de plagas y enfermedades. Todos estos factores, además de afectar el cultivo, influyen directamente en su rentabilidad. (Ortiz 2008: p.2)

La papa (*Solanum tuberosum* L) normalmente es propagada vegetativamente. El método de crecimiento mínimo in vitro es uno de los más utilizados y constituye una alternativa de las técnicas del cultivo de tejidos para mantener plántulas en mejores condiciones sanitarias. (Paez de Casarez 2001: p.122)

1.4. Cultivo de papa

1.4.1. Origen

La papa fue cultivada por primera vez a poca distancia del límite actual de Perú y Bolivia; seguido en Ecuador, las especies de papa evolucionaron a través de dos pares de cromosomas, en el transcurso del tiempo la papa se ha convertido en uno de los alimentos primordiales por su alto valor nutricional. (Pumisacho 2002: p.22)

1.4.2. Clasificación Botánica

REINO: Plantae

DIVISIÓN: Magnoliophyta

CLASE: Magnoliopsida

ORDEN: Solanales

FAMILIA: Solanaceae

GÉNERO: Solanum

ESPECIE: *Solanum tuberosum*. L

Fuente: Caicedo 2016: p.27

1.4.3. Morfología

Es una dicotiledónea, su hábito de crecimiento varía dependiendo de la especie puede ser: rastrero, decumbente, semierecto y erecto. Presenta un sistema radicular débil en comparación con otros cultivos. El tallo consta de tallos, estolones y tubérculos. El follaje generalmente puede alcanzar una altura entre 0.60 a 1.50 m. Las hojas son compuestas, distribuidas en espiral sobre el tallo. Las flores son pentámeras de varios colores dependiendo de la variedad. El tipo de fruto es una baya pequeña, carnosa de forma redondeada u oval que contiene a las semillas sexuales. (Quinteros 2015: p.23)

1.4.4. Fenología

1.4.4.1. Dormancia de la semilla

Es el periodo entre la cosecha y la brotación, tiene una duración en el tubérculo entre dos a tres meses, y para la semilla sexual tiene una duración entre cuatro a seis meses. El tiempo de la brotación puede ser menor debido a que se rompe la dormancia causados por problemas fitopatológicos en el tubérculo. (Román 2002a: p.10)

1.4.4.1. Brotación: Es el periodo en el que comienza a emerger de los tubérculos las yemas; su duración es de 2 a 3 meses, después está en la condición ideal para sembrarse; lo óptimo es que presente por lo menos 3 brotes fuertes, cortos y presente una longitud de 0.5 a 1 cm.

1.4.4.2. Emergencia: En tubérculos la emergencia ocurre de 10-12 días mientras que en semillas sexuales se da de 8-10 días siempre que exista las condiciones adecuadas de humedad y temperatura para su óptimo desarrollo.

1.4.4.3. Desarrollo de tallos: Hay crecimiento de la parte vegetativa y raíces en forma simultánea; con una duración entre 20 a 30 días.

1.4.4.4. Floración y tuberización: Esta etapa ocurre cuando la papa comienza la emisión de estolones o bien se da inicio a la tuberización dependiendo de las variedades; las variedades precoces se dan 30 días después de la siembra seguidas las intermedias de 35 a 45 días y las tardías de 50 a 60 días. (Román 2002b: p.10)

1.4.4.5. Desarrollo de los tubérculos: Logran la madurez fisiológica en los 75 días, en variedades precoces, 90 días para intermedias y 120 días para variedades tardías.

El proceso de tuberización se da inicio en los estolones subterráneos en la que dependen de factores internos y externos. Sin embargo, se desconoce a ciencia cierta un modelo que se relacione con todos los eventos fisiológicos, bioquímicos y moleculares para que se dé inicio a este proceso. (Janet Igarza, *et al.*, 2012: p.4)

1.4.5. Factores que determinan el proceso de tuberización.

La formación de tubérculos es el proceso indispensable para una buena cosecha del cultivo. Existen factores bióticos como mecánicos que dificultan el inicio de la tuberización.

1.4.5.1. Foto período: La papa necesita de días cortos para la tuberización, el fotoperíodo corto es un factor que favorece la entrada de tuberización, pero no determina este proceso. (Gámez 2017a: pp.12-13)

1.4.5.2. Temperatura: En el comienzo de este proceso la disponibilidad de reservas para el inicio de los tubérculos es prescindible. El inicio de la tuberización está relacionado con la disponibilidad de azúcares y la parte vegetativa de la planta. La temperatura afecta esta conexión, influye en la determinación de este proceso. (Gámez 2017b: pp.12-13)

Cuando existe un incremento de temperatura mayor es la producción de biomasa aumentando la capacidad de consumir reservas disponibles mientras esto ocurre se retrasa el comienzo de la tuberización.

1.4.5.3. Disponibilidad de agua: Un estrés de este tipo en la etapa de expansión del follaje detiene el mismo y favorece la partición de asimilados hacia el desarrollo de los tubérculos, este estrés se puede expresar como un adelanto a la formación de tubérculos. Esto puede provocar un adelanto del cultivo que viene asociado a un incremento de la concentración de ácido Abscísico o retraso del crecimiento vegetativo y aumento de reservas en los tubérculos.

1.4.5.4. Densidad y edad fisiológica: El estado avanzado de brotación y las altas densidades de plantación permiten cubrir una mayor cobertura en relación a que si existen bajas densidades la competencia de luz permite que las ramificaciones y aparición de follaje acabe antes y esto agiliza el inicio de la tuberización. (Gámez 2017c: pp 12-13)

1.4.6. Manejo del cultivo

1.4.6.1. Siembra y preparación de suelo

La preparación del suelo se debe realizar con anterioridad para facilitar la descomposición de desechos de residuos de anteriores cosechas, estas prácticas varían de acuerdo a la topografía del suelo. (Román 2002: p.10)

Una adecuada preparación del suelo consiste en remover a una profundidad de 25 a 30 centímetros, mullir e incorporar enmiendas que facilitan la aireación, la presencia de microorganismos y la fertilidad del suelo.

El surcado para la siembra de la papa se realiza a una distancia de 0,90 a 1,10 metros, profundidad de 12 a 15 centímetros y la distancia entre tubérculos de 25 a 30 centímetros dependiendo del tamaño de la semilla.

La semilla a utilizarse debe poseer de 20 a 40 gramos con 2 a 3 brotes con un tamaño de 0,5 a 1 centímetro para obtener un rendimiento adecuado. (Pumisacho 2002: p.22)

1.4.6.2. Fertilización

Previo a la realización de esta práctica es indispensable realizar un análisis de suelo, con el objetivo de realizar una aplicación eficiente de acuerdo a los requerimientos del cultivo.

Las aplicaciones de abonos tanto de origen orgánico como inorgánico brindarán las cantidades ideales de nutrientes que las plantas requieran.

El objetivo es establecer un plan efectivo de fertilización para considerar fuentes, dosis o tipo de fertilizante, época y forma de aplicación. (Vignola Raffaele 2017: p.15-21)

1.4.6.3. Poda

La poda se la realiza con la finalidad de obtener buenas conformaciones es decir plantas equilibradas y proporcionadas. (Calderón 2010: p.18)

1.4.6.4. Rascadillo

El rascadillo consiste en la remoción superficial del suelo, con la finalidad de evitar el crecimiento de malezas. Esta labor se realiza cuando la planta presente una altura entre 15-20 cm es decir entre los 30 a 35 días después de la siembra. (Rubio 2015, p.17)

1.4.6.5. Medio aporque

Esta actividad se la realiza de forma mecánica o manual con el objetivo de eliminar las malezas, se la realiza después del rascadillo. (Rubio 2015a, p.17)

1.4.6.6. Aporque

Se la realiza de 3-3,5 meses después de la siembra dependiendo del estado del cultivo, antes de la floración y permanece hasta la cosecha. (Rubio 2015b, p.17)

1.4.6.7. Entutorados

Mediante el entutorado permite que la planta reciba luz de forma más uniforme, que se aireen, esto se lo puede realizar sobre cañas, mallas metálicas, o sobre alambres. (Calderón 2010: p.18)

1.4.6.8. Cosecha

Se la realiza cuando los tubérculos han alcanzado la madurez deseada, las plantas están listas a cosechar cuando los tallos presenten un color amarillento. Sin embargo, los tubérculos que son destinados para semilla pueden adelantarse a la madurez de las plantas. (Rubio 2015c, p.17)

1.4.6.9. Plagas y enfermedades

Tabla 1-1: Principales plagas del cultivo de papa

Plaga	Daño	Control
-------	------	---------

Mosca minadora (<i>Liriomyza sp.</i>)	Las larvas afectan a las hojas creando galerías e impidiendo que se dé la fotosíntesis y transpiración de la planta causando retraso en el desarrollo, las lesiones pueden causar el apareamiento de enfermedades.	clorpirifos o cartap.
Polilla de la papa (<i>Phthorimea operculella</i> y <i>Tecia solanivora</i>)	Las polillas son la principal plaga del cultivo de papa <i>Phthorimea operculella</i> afecta a las hojas y tubérculos, se adapta a zonas cálidas, mientras que <i>Tecia solanivora</i> causa daño en la fase de tuberización hasta la cosecha raspando la superficie y causando galerías dentro del tubérculo.	Trampas con feromonas indusolfan o clorpirifos.
<i>(Phyllophaga sp.)</i>	Se alimenta del sistema radical provocando heridas que permite la entrada de enfermedades, al tubérculo provoca huecos y rasgaduras disminuyendo la calidad.	<i>Lecanicilium lecanii</i> , <i>Bacillus popilliae</i> , <i>Beaveria bassiana</i> y <i>Metarhizium anisopliae</i>
Gusanos cortadores (<i>Agrotis ipsilon</i> y <i>Feltia experta</i>)	Las larvas atacan a las plantas jóvenes cortando y consumiendo las hojas.	clorpirifos y deltametrina.

Mosca blanca (<i>Trialeurodes sp.</i> y <i>Bemisia tabaci</i>)	Afecta a las hojas, al alimentarse del follaje secretan sustancias azucaradas que pueden provocar la fumagina afectando el desarrollo de la planta al disminuir su actividad fotosintética además pueden actuar como vectores de enfermedades.	Hidrogeno oxalato de tiociclam
Áfidos	Se alimenta de la savia provocando retraso en el desarrollo de la planta, dando lugar a posibles transmisiones de virus (PLRV, PVY y PVX).	oxydemeton-metil, pirimicarb o dimetoato
Nemátodos (<i>Globodera pallida</i> , <i>Meloidogyne sp.</i> y <i>Pratylenchus sp.</i>)	Provoca disminución en la actividad fotosintética y el sistema radical provocando un aumento en los costos de producción disminuyendo la calidad del tubérculo.	Desinfección de los equipos al ingreso a las labores culturales con cloro al 2 %, eliminación de restos de cosecha contaminados.

Tabla 2-1: Principales enfermedades del cultivo de papa

Enfermedad	Síntoma	Control
Tizón tardío (<i>Phytophthora infestans</i>)	Es la principal enfermedad, afecta en cualquier etapa del cultivo de papa, provoca manchas pardo rojizas que se tornan negras, afecta a todos los órganos excepto la raíz.	Cimoxanil+Mancozeb (protector curativo) y Dimetomorph+Mancozeb (protector-sistémico), Mancozeb + Oxadixil, Metalaxil, Propamocarb y Fosetil-A
Tizón temprano (<i>Alternaria solani</i>)	El inicio de la enfermedad empieza con la aparición de manchas necróticas en las hojas bajas, mientras avanza, se rodea de anillos concéntricos de color marrón y un halo clorótico.	Cimoxanil+Mancozeb (protector curativo) y Dimetomorph+Mancozeb (protector-sistémico), Mancozeb + Oxadixil,

		Metalaxil, Propamocarb y Fosetil-A
<i>Pudrición seca (Fusarium sp.)</i>	Afecta a los tubérculos provocando lesiones en la superficie de diferentes formas, conforme avanza se observa tejido muerto y anillos concéntricos.	(carboxin-captan, captan + carbendazim)
Marchitez bacteriana (<i>Ralstonia solanacearum</i>)	Afecta a todos los órganos, inicia con un oscurecimiento en el tallo, presenta marchitez y enanismo.	Eliminación de rastrojos y plantas contaminadas. Incremento de materia orgánica.
Pie negro (<i>Erwinia carotovora</i>)	Afecta a la base del tallo, empieza con una coloración café oscuro, mientras la enfermedad avanza se evidencia pudrición de los tejidos, mientras que en los tubérculos el patógeno ingresa por las lenticelas o por las lesiones realizadas al momento de la cosecha.	Utilización de semilla sana. Eliminación de plantas enfermas.
virus (PLRV, PVY y PVX).	Transmitidos por insectos especialmente áfidos, presentan problemas en el desarrollo ocasionando una reducción del 80% del rendimiento	Triclorfón

Fuente: Vignola, 2017: pp.15-21

Realizado por: Cujano, J., 2021

1.4.7. Generalidades de la variedad INIAP Fripapa

La variedad INIAP Fripapa se adapta en climas templados fríos con una altitud a partir de los 2800 metros sobre el nivel del mar, en las regiones Centro y Norte del Ecuador.

La forma de los tubérculos es oblonga, de color rosado, su pulpa es de color amarillo con ojos superficiales, plantas medianas, tallos de color morado con pigmentos verdes. Las hojas compuestas en el haz y envés presencia de tricomas, el tiempo de reposo es de 120 días y se consigue un rendimiento de 46 toneladas/hectárea. (Punina 2013, p.12)

1.4.8. Requerimientos edafo climáticos, hídricos y nutricionales.

1.4.8.1. Requerimientos edafo climáticos

1.4.8.2. Altitud: Existen variaciones se desarrolla desde 460 hasta 3000 msnm; Sin embargo, la altitud idea para una buena producción de papa es de 1500 – 2500 msnm. (Yandy Prieto Espinosa 2018a, p.12)

1.4.8.3. Temperatura: La temperatura adecuada en el cultivo de papa oscila entre los 20 - 25 °C y la temperatura ideal para el proceso de tuberización comprende de 12-18°C; cuando existe un incremento de temperatura mayor a 25 °C la tasa respiratoria aumenta. Temperaturas altas antes del inicio de la tuberización favorece el crecimiento de la parte vegetativa retardando el inicio de dicho proceso y viceversa con temperaturas inferiores de 18°C la tasa de crecimiento de la parte vegetativa se ve afectado y por ende la capacidad de absorción por lo que también dificulta la tuberización. (Quinteros 2015: p.23)

1.4.8.4. Suelo: Los mejores suelos son los francos, aunque se obtienen altos rendimientos en suelos arcillosos con buen contenido de materia orgánica y un buen manejo de sistemas de riego; con buen drenaje y ventilados ya que facilitan la cosecha. (Yandy Prieto Espinosa 2018b, p.12)

El cultivo de papa se desarrolla de una forma adecuada en un rango de pH de 5.0 a 7.0 Los suelos alcalinos provocan trastornos afectando la producción. Es recomendable los suelos con contenido de materia orgánica superior a 3,5%.

1.4.8.5. Luz: La cantidad de luz influye directamente en la fotosíntesis, originándose procesos secundarios en la que participa el agua y CO₂ dando origen a la formación de diferentes azúcares y acumulación en los tubérculos. La cantidad de luz adecuada depende de la variedad y de temperatura, influye en la tuberización y crecimiento vegetativo. Los días cortos favorecen la tuberización y disminuye el crecimiento vegetativo y viceversa. (Yandy Prieto Espinosa 2018c, p.12)

1.4.8.6. Requerimiento hídrico

Los requerimientos hídricos se encuentran entre los 600 a 1000 mm por ciclo de producción, estos están relacionados con las condiciones de la variedad, temperatura y de las condiciones de almacenamiento. Existen mayores demandas en la etapa de brotación y tuberización, por lo que se puede complementar con riegos secundarios en caso que no exista precipitación.

1.4.8.7. Requerimiento nutricional.

La capacidad de absorción de los elementos nutritivos está directamente en relación con: el volumen, profundidad y época en que las raíces crecen; es decir si existe un sistema radicular abundante asegurará el abastecimiento de los nutrientes de la planta. (Inostroza, et al., 2017a, pp. 29-31)

El ciclo vegetativo de la papa es corto, alrededor de 80 días después de la brotación hasta la floración. En sus estados iniciales su absorción es rápida debido al corto período que dura el ciclo vegetativo. Una adecuada nutrición es importante hasta la época de floración para que alcance la mayor superficie foliar.

En un corto tiempo ocurre la acumulación de materia seca y su distribución en el follaje y los tubérculos, al principio un abundante crecimiento de la biomasa en aproximadamente de 70 a 80 días, seguida con la remoción de la materia seca hacia los tubérculos, que continua su crecimiento hasta los 140 días después de la plantación. (Inostroza, et al., 2017b, pp. 29-31)

Los requerimientos de N y P en el cultivo de papa incrementan progresivamente durante todo el período del cultivo, alcanza el 90% de la absorción acumulada cuando cumple un 68% de su etapa de desarrollo. El K presenta baja absorción durante los primeros estados de desarrollo, se manifiesta un aumento en el inicio de la formación y desarrollo del tubérculo. La mayor parte del potasio que extrae la planta se concentra en el tubérculo.

El Calcio brinda rigidez a la planta y presenta una acumulación en los primeros estados de desarrollo. El magnesio tiene un comportamiento intermedio en relación al nitrógeno y potasio, con un aumento progresivo durante el primer tercio de desarrollo y un aumento en el segundo tercio. El calcio y el magnesio por lo general se acumulan en la parte aérea de la planta.

Los micronutrientes como el zinc, cobre y boro se concentran en el segundo tercio de desarrollo del cultivo, mientras que el manganeso se presenta una gran acumulación inicial, asociado a las reservas presentes en el tubérculo. (Inostroza, et al., 2017c, p. 29-31)

1.4.9. Semilla de papa

1.4.9.1. Semilla

Se define como semilla al tubérculo utilizado para la producción de papa, sin embargo, la verdadera semilla es producida de la baya, en la que habitan aproximadamente 200 semillas por baya y 20 bayas por cada planta de papa. (Román 2002: p.10)

La semilla es de vital importancia para obtener cultivos en óptimas condiciones, en papa que en la mayoría se propaga de forma vegetativa; la utilización de semilla de calidad apropiada permite obtener semilla con el potencial de su progenitor (Caicedo 2016: p.27).

1.4.9.2. Calidad

La semilla de papa que presente las características adecuadas de sanidad, estado fisiológico, estado físico y pureza genética permite un buen desarrollo de las plantas y por consiguiente genera beneficios en el rendimiento (Calderón 2010: p.18).

1.4.10. Control Interno de Calidad (CIC)

Para asegurar la calidad de semilla se debe realizar un control interno de calidad o conocido como CIC que se define como los procesos que se deben llevar a cabo de forma consecutiva con la finalidad de evaluar, identificar y resolver problemas para la obtención de semilla de calidad adecuada y por ende la satisfacción de los agricultores (Montesdeoca, F *et al.*, 2006: pp.19-22)

1.4.11. Rendimiento

Los rendimientos dependen del nivel de tecnología usada, principalmente el empleo de semilla certificada, variedades mejoradas, fertilizantes, nivel de mecanización, adecuadas prácticas agronómicas, riego tecnificado, ocurrencia de factores abióticos y el control efectivo de plagas y enfermedades.

CAPÍTULO II

2. MARCO METODOLÓGICO

2.1. Caracterización del lugar

2.1.1. Localización

Esta investigación se realizó en el invernadero de Aeroponía ESPOCH, Facultad de Recursos Naturales, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, cantón Riobamba, Provincia de Chimborazo.

2.1.2. Ubicación geográfica del invernadero

Latitud: 1° 65' S

Longitud: 78° 68' W

Altitud: 2834 m.s.n.m.

2.1.3. Condiciones climáticas del invernadero

- a. Temperatura mínima: 3 °C
- b. Temperatura promedio: 25 °C
- c. Temperatura máxima: 49 °C
- d. Humedad relativa promedio: 52 %

2.1.4. Clasificación ecológica

Según (Holdrige 1992), la zona corresponde a Estepa espinosa montano bajo.

2.2. Materiales

2.2.1. Material experimental

Brotos de papa (*Solanum tuberosum*. L). variedad I-Fripapa provenientes de Pilahuín ubicados en la provincia de Tungurahua.

2.2.2. Materiales y equipos para campo

2.2.2.1. Campo

Balanza, bandejas, soluciones nutritivas, cámara fotográfica, baldes, bisturí, rotulo, piolas, fundas, sacos, regla, libreta para apuntes, lápiz, borrador, escoba, fungicidas, plaguicidas, fertilizantes, sacos, recipientes metálicos.

2.2.2.2. Oficina

Calculadora, computadora, impresora, cuaderno de campo, flash memory, lápiz, borrador, esferos.

2.3. Metodología

2.3.1. Variedades

I-Fripapa

2.3.2. Características del experimento

Número de tratamientos 3

Número de repeticiones 3

Número de parcelas 9

2.3.3. Características del invernadero de aeroponía

Área total del campo experimental: 25 metros cuadrados

Módulo: 1 m x 4 m

Módulo: 60 plantas

Distancia: 25cm entre plantas.

2.3.4. Especificaciones del campo experimental

Tabla 1-2: Características del campo experimental

DESCRIPCIÓN	UNIDAD
Forma de la parcela	Rectangular
Área total	20 m ²
Número de tratamientos	3
Número de repeticiones	3
Largo de la mesa	1 m
Ancho de la mesa	4 m
Número de plantas a evaluar por tratamiento.	15 plantas
Número de plantas a evaluar en el ensayo	135 plantas.
Distancia de siembra entre planta	0,25 m

Realizado por: Cujano, J., 2021

2.3.5. Unidad experimental

La unidad experimental será de 1.3 metros

Tabla 2-2: Descripción de tratamientos

T1R1	T1R2	T1R3
T2R1	T2R2	T1R3
T3R1	T3R2	T3R3

Realizado por: Cujano, J., 2021

En donde:

T=Tratamientos

R=Repeticiones

T1= Dosis de ácido Abscísico 0,005 %

T2= Dosis de ácido Abscísico 0,01 %

T3= Dosis de ácido Abscísico 0,02 %

Fuente: González y Ramos 2000

2.3.6. Distribución del ensayo

La distribución de tratamientos se realizó de forma aleatoria para evitar sesgar los datos obtenidos.

2.3.7. Diseño experimental

2.3.7.1. Tipo de diseño

En esta investigación se empleó un Diseño Completo al Azar (DCA), en el que se probó 3 aplicaciones de ácido Abscísico (ABA) con 3 tratamientos y 3 repeticiones.

2.3.7.2. Análisis estadístico

Tabla 3-2: Análisis de varianza

FUENTES DE VARIACIÓN	FORMULA	GRADOS DE LIBERTAD
TRATAMIENTOS	$T - 1$	2
REPETICIONES	$r - 1$	2
ERROR Exp	$(T - 1) * (r - 1)$	4
TOTAL	$(T * (r - 1))$	8

Realizado por: Cujano, J., 2021

2.3.7.3. Análisis funcional

- ✓ Se utilizó el análisis de varianza
- ✓ La prueba de TUKEY al 5% cuando existió diferencias significativas entre los tratamientos.

2.4. Manejo del ensayo

2.4.1. Obtención de brotes

La obtención de brotes se realizó en Pilahuín ubicado al sureste de la vía de Ambato, donde se obtuvo los brotes de la variedad INIAP- Fripapa los mismos que fueron trasladados en bandejas en un cooler al invernadero donde se realizó el ensayo.

2.4.2. Preparación de brotes (lavado y desinfección)

Los brotes fueron previamente lavados y desinfectados antes de la siembra con alcohol al 3%, los brotes fueron sembrados en bandejas con sustrato (turba).

2.4.3. Siembra de brotes

Los brotes que sembrados fueron cuidados con las normas de asepsia respectiva durante un mes hasta cuando tenían 15 cm de altura para luego ser trasplantadas al sistema aeropónico.

2.4.4. Trasplante de brotes al sistema aeropónico

Las plántulas fueron trasplantadas a los módulos del sistema aeropónico las cuales están a una distancia de 25 cm entre plantas.

2.4.5. Solución nutritiva

Se utilizó el agua que presentó un pH de 7,8 pero para la utilización de la solución nutritiva se necesitaba un pH de 6 así que se utilizó ácido nítrico para disminuir el pH.

En cada tanque de 250 litros se utilizó 70 mL de ácido nítrico.

La solución nutritiva oscilaba alrededor de 6,2-6,4 y una conductividad eléctrica de 2,1-2,4 esta variación se debe al proceso de oxigenación y también a la concentración de nutrientes en las raíces de las plantas.

No se realizó un análisis de agua debido a que los equipos se encontraban en estado de reparación.

Las fuentes para la utilización de soluciones utilizadas en el cultivo aeropónico fue tomada de (Andrade 2015: p.267)

Se realizó dos soluciones nutritivas: una solución inicial y una solución final las cuales fueron preparadas en tres recipientes diferentes de acuerdo a la solubilidad de los mismos para luego ser homogenizadas en un mismo tanque.

Tabla 4-2: Solución nutritiva inicial (200 litros)

FUENTES	GRAMOS
Fosfato mono amónico	34,54
Nitrato de calcio	80
Nitrato de Potasio	90
Sulfato de Magnesio	25
Micro elementos	2,22
Hierro	3,25

Realizado por: Cujano, J., 2021

Tabla 5-2: Solución nutritiva final (200 litros)

FUENTES	GRAMOS
Nitrato de amonio	17,64
Nitrato de calcio	150
Fosfato mono potásico	39,19
Nitrato de Potasio	11,53
Sulfato de Potasio	84,47
Sulfato de Magnesio	55,21
Micro elementos	2,22
Hierro	6,50

Realizado por: Cujano, J., 2021

La solución nutritiva inicial se utilizó desde el trasplante de las plántulas al sistema aeropónico hasta los 65 días y luego se utilizó la solución final hasta los 130 días que se realizó la última cosecha.

2.4.6. Aplicación de tratamientos

Se realizaron tres aplicaciones al inicio de la tuberización a los 65 días después de haber realizado el trasplante y las restantes se aplicó cada 15 días es decir a los 80 y 95 días respectivamente.

La aplicación de los tratamientos se lo realizó a las primeras horas de la mañana.

2.4.7. Manejo del cultivo

Se preparó dos soluciones nutritivas la solución nutritiva inicial desde la siembra en las bandejas hasta los 65 días después del Transplante en el sistema aeropónico (inicio de la tuberización) y luego una solución nutritiva final para nutrir a las plantas durante el desarrollo del cultivo.

Se tomó en cuenta los porcentajes de concentración de los elementos nutritivos en las fuentes y se procedió a realizar los cálculos respectivos.

La poda y aporque se realizó con las normas de asepsia respectiva sumergiendo en alcohol el bisturí y flameando en el mechero, cada cuatro plantas se volvieron a esterilizar.

Se realizó los controles fitosanitarios como es la ubicación de trampas de color amarillo para los insectos.

La cantidad de agua que se utilizó fue de 15839 litros.

2.4.8. Cosecha

Se realizó tres cosechas la primera a partir de los 100 días que las plántulas fueron tras plantadas al sistema aeropónico, las siguientes se realizaron cada 15 días.

La cosecha se realizó en las primeras horas de la mañana de forma manual iniciando por los bordes y siguiendo al interior de los mismos con la utilización de mandiles, guantes, mascarillas y todas las normas asépticas para evitar posibles contaminaciones, las cuales serán debidamente clasificados.

La cosecha se la realizó por tratamientos, después de cosechar los mini tubérculos fueron lavados, luego fueron secados a temperatura ambiente y por último fueron pesados respectivamente.

2.5. Métodos de evaluación y datos registrados

El trabajo de campo se realizó en condiciones de invernadero, se realizó el muestreo de 15 plantas por tratamiento, las mismas que fueron elegidas de forma aleatoria eliminando el efecto de borde para evitar sesgar los datos obtenidos.

2.5.1. Metodología para el objetivo uno

2.5.1.1. Días a la cosecha

Se contabilizó los días transcurridos desde el Transplante hasta las cosechas.

2.5.1.2. Número de tubérculos por planta

Se contabilizó el número de mini tubérculos por las plantas muestra, por los tratamientos en estudio.

2.5.1.3. Peso de los mini tubérculos por planta

Se pesó los mini tubérculos por las plantas muestreadas de cada uno de los tratamientos en estudio.

2.5.1.4. Rendimiento en Kg por planta

Se pesó los mini tubérculos de las plantas muestra y se expresó en Kg/ha.

2.5.1.5. Control Interno de Calidad

El Control Interno de Calidad (CIC) se realizó en los tubérculos cosechados de los tratamientos y de las repeticiones, visualizando los posibles daños que puedan presentar cada uno de los tubérculos muestra. De acuerdo a la calificación de los minitubérculos mediante el Método de Factores Indexados, en relación al índice entre incidencia y severidad según (Montesdeoca, et.al., 2006: p.19-22) utilizando la escala de incidencia y severidad de daño: 0 sana, 1 muy ligera, 2 ligera, 3 moderada y 4 severa, y la fórmula siguiente, que permite determinar el índice de calidad expresada en porcentaje:

$$\text{Índice} = (0 + 1 + 2 + 3 + 4) * 100\% / (4 * \text{Número total de Tubérculos}).$$

Donde:

0= Tubérculos sanos

1= Tubérculos con nivel de daño muy ligero

2= Tubérculos con nivel de daño ligero

3= Tubérculos con nivel de daño moderado

4= Tubérculos con nivel de daño severo

2.5.2. Metodología para el objetivo dos

Para la evaluación del objetivo dos se tomó en cuenta los datos obtenidos del objetivo como es el número de tubérculos por planta.

2.5.3. Análisis de información

Se realizó con los datos obtenidos y se procedió a sistematizar la información mediante gráficos, tablas y discusiones.

CAPÍTULO III

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE LOS OBJETIVOS

3.1. Resultados del objetivo uno

3.1.1. Días a la cosecha

En el ADEVA en días a la cosecha Tabla 1-3. No presentó significancia entre tratamientos.

La media fue de 129,44 días

El coeficiente de variación fue de 0,52 %

Tabla 1-3: Análisis de varianza para Días a la cosecha

F.V.	SC	Gl	CM	F	p-valor	Significancia
REPETICIONES	0,22	2	0,11	0,25	0,7901	ns
TRATAMIENTOS	0,22	2	0,11	0,25	0,7901	ns
Error	1,78	4	0,44			
Total	2,22	8				

C.V.= 0,52 %

Realizado por: Cujano, J., 2021

No significativo: ns

Altamente significativo: **

3.1.2. Número de tubérculos por planta

El análisis de varianza en el número de tubérculos por planta Tabla 2-3. Se observa que existió diferencias altamente significativas entre tratamientos. Con un coeficiente de variación de 4,69%

Tabla 2-3: Análisis de varianza para el número de tubérculos por planta.

F.V.	SC	Gl	CM	F	p-valor	Significancia
REPETICIONES	6,89	2	3,44	1,00	0,4444	
TRATAMIENTOS	389,56	2	194,78	56,55	0,0012	**
Error	13,78	4	3,44			
Total	410,22	8				

C.V.=4,69%

Realizado por: Cujano, J., 2021

No significativo: ns

Altamente significativo: **

En la prueba de Tukey al 5% para el número de tubérculos por planta (Gráfico 1-3). Se determinó tres rangos, el rango “A” con el mayor número de tubérculos por planta, se encuentra el tratamiento T2 (Dosis que corresponde al 0,01 % de ácido Abscísico) con una media de 47 tubérculos/planta y en el rango “C” con el menor número de tubérculos/planta, el tratamiento T3 (Dosis que corresponde al 0,02 % de ácido Abscísico) con una media de 31 tubérculos/planta.

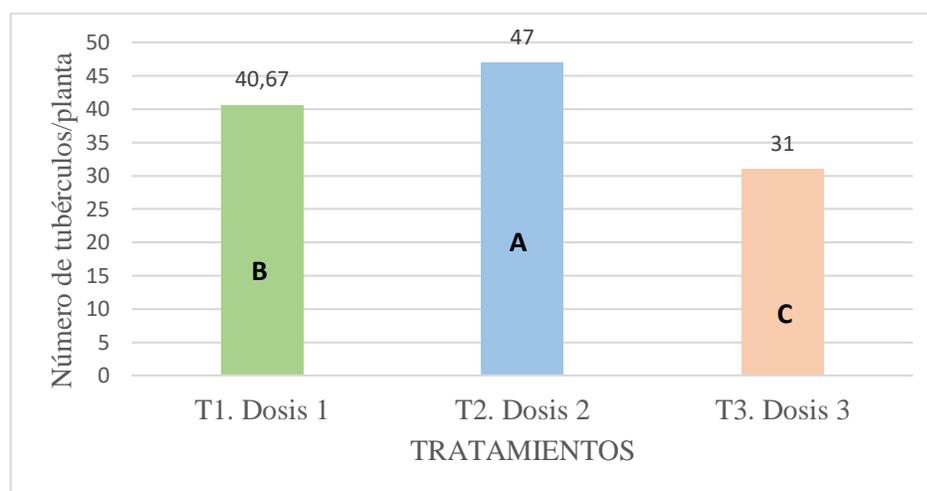


Gráfico 1-3: Número de tubérculos por planta.

Realizado por: Cujano, J., 2021

3.1.3. Determinación del peso de los tubérculos por planta

El análisis de varianza para el peso de los tubérculos por planta Tabla 3-3. Se observa que existe diferencias altamente significativas entre tratamientos. Con un coeficiente de variación de 1,33%.

Tabla 3-3: Análisis de varianza para el peso de los tubérculos por planta.

F.V.	SC	Gl	CM	F	p-valor	Significancia
REPETICIONES	7,79	2	3,90	0,96	0,4565	
TRATAMIENTOS	1011,35	2	505,68	124,58	0,0002	**
Error	16,24	4	4,06			
Total	1035,39	8				

C.V.=1,33%

Realizado por: Cujano, J., 2021

No significativo: ns

Altamente significativo: **

En la prueba de Tukey al 5% para el peso de los tubérculos por planta en gramos (g) (Gráfico 2-3). Presenta tres rangos, en el rango “A” con el mayor rendimiento en gramos por planta, se encuentra el tratamiento T2 (Dosis 2 que corresponde al 0,01 % de ácido Abscísico) con una media de 165,46 g/planta y en el rango “C” con el menor rendimiento en g/planta, el tratamiento T3 (Dosis 3 que corresponde al 0,02% de ácido Abscísico) con una media de 140,48 g/planta.

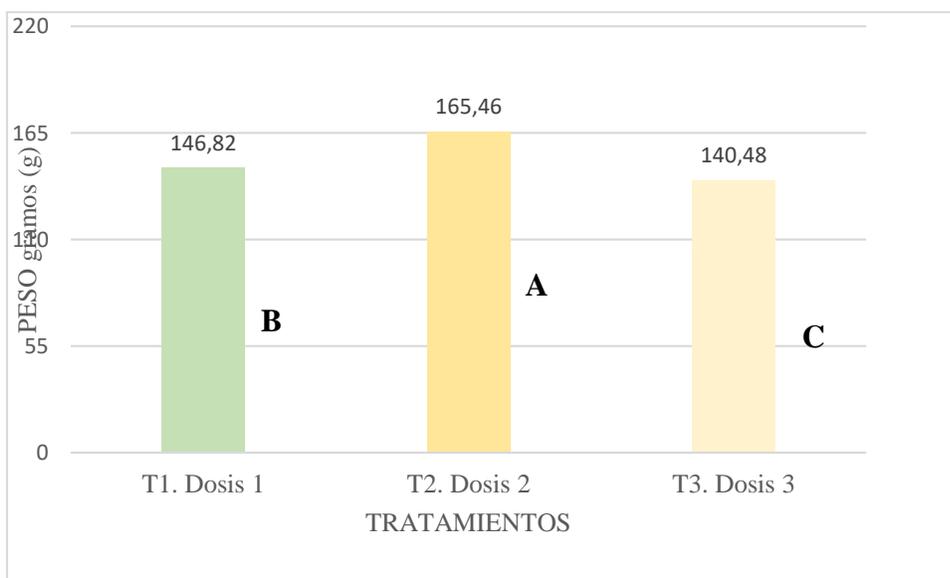


Gráfico 2-3: Peso de tubérculos por planta en gramos (g).

Realizado por: Cujano, J., 2021

3.1.4. Análisis del rendimiento Kg/ha

El análisis de varianza para el rendimiento en Kg/ha Tabla 4-3. Se observa que existen diferencias altamente significativas entre tratamientos. Con un coeficiente de variación de 1,33%.

Tabla 4-3: Análisis del rendimiento en Kg/ha

F.V.	SC	Gl	CM	F	p-valor	Significancia
REPETICIONES	196251,26	2	98125,63	0,96	0,4580	
TRATAMIENTOS	25821611,41	2	12910805,71	125,69	0,0002	**
Error	410892,69	4	102723,17			
Total	26428755,36	8				

C.V.= 1,33%

Realizado por: Cujano, J., 2021

No significativo: ns

Altamente significativo: **

En la prueba de Tukey al 5% para el rendimiento en Kg/ha (Gráfico 3-3). Se determinó tres rangos. En el rango “A” con el mayor rendimiento (kg/ha) se encuentra el tratamiento T2 (Dosis 2 que corresponde al 0,01 % de ácido Abscísico) con una media de 26472,53 kg/ha y en el rango “C” con el menor rendimiento (kg/ha), el tratamiento T3 (Dosis 3 que corresponde al 0,02% de ácido Abscísico) con una media de 2248,89 kg/ha.

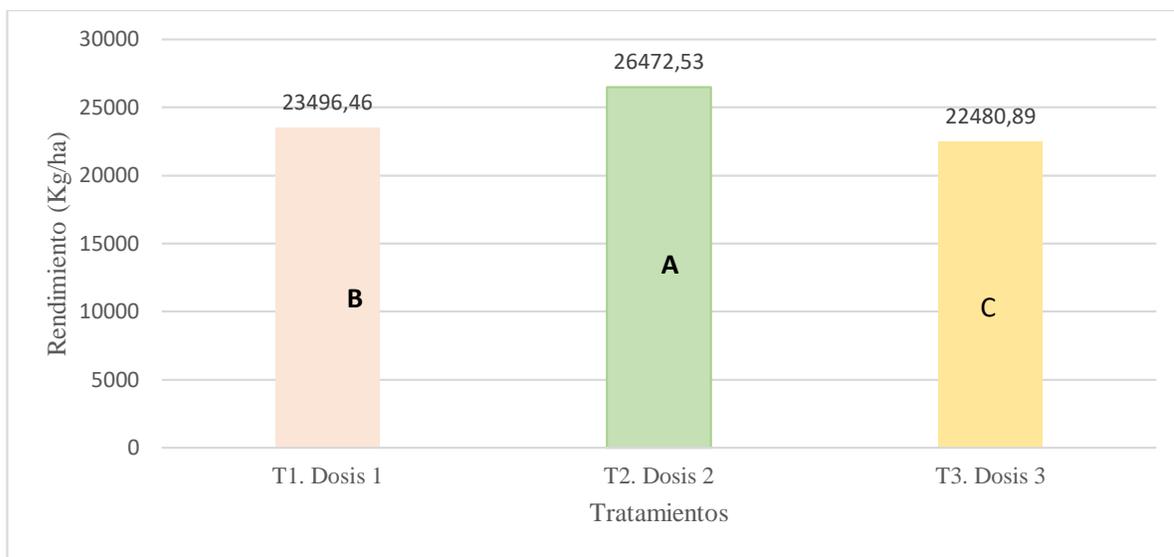


Gráfico 3-3: Peso de los tubérculos en Kg/ha

Realizado por: Cujano, J., 2021

3.1.4. Control Interno de calidad

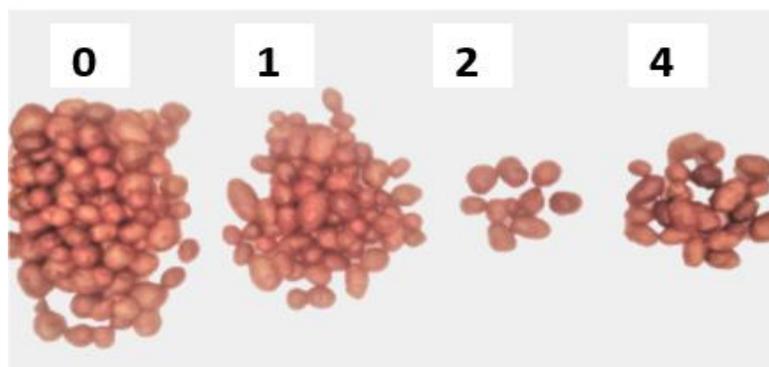


Figura 1-3: Tubérculos muestra de acuerdo a la incidencia y severidad.

Realizado por: Cujano, J., 2021

La sanidad de la semilla se realizó mediante observaciones visuales a través del método indexado en relación con la incidencia y la severidad de la fórmula:

$$CIC = \frac{0*Sana + 1*Muy ligera + 2*Ligera + 3*Moderada + 4*Severa}{4* \text{número total de tubérculos muestra}} \times 100$$

Donde:

0= Tubérculos sanos

1= Tubérculos con nivel de daño muy ligero

2= Tubérculos con nivel de daño ligero

3= Tubérculos con nivel de daño moderado

4= Tubérculos con nivel de daño severo

$$CIC = \frac{0(95) + 1(73) + 2(11) + 3(0) + 4(21)}{4(200)} \times 100$$

$$CIC = \frac{0 + 73 + 22 + 84}{800} \times 100$$

$$CIC = \frac{179}{800} \times 100$$

$$CIC = 22\%$$

Según (Romero 2019: p.54), el control de calidad en el cultivo de papa que van a ser utilizados como semillas para sembrar en campo, deben ser monitoreados para tener semillas de calidad suprimiendo las siguientes características: (a) deformes, (b) muy pequeños; (c) con daños mecánicos, (d) inmaduros, (e) con daños de plagas y enfermedades, (f) papas de diferente variedad a la requerida y (g) tubérculos en descomposición. De esta forma se obtendrán semillas de calidad.

El control interno de calidad se efectuó mediante la fórmula mencionada la cual consistió en la toma de 200 tubérculos muestra, los cuales fueron seleccionados de acuerdo a las categorías a las que pertenecían 0,1,2,3,4 respectivamente, del cual se obtuvo el 22% del control interno de calidad lo que significa que sobrepasa la tolerancia máxima admisible por lo que no entra dentro del rango establecido para ser una semilla certificada según lo que menciona (Montesdeoca, F et al., 2006: pp.19-22) esto se debe a que los brotes obtenidos de las papas pertenecían al sistema informal de semilla, lo que ocasionó una mezcla varietal entre la variedad fri-papa y superchola.

3.1.5. Temperaturas y humedad relativa

Al evaluar el comportamiento de la temperatura en el cultivo de papa y su influencia en el rendimiento del mismo los valores de temperatura fluctuaron entre 25 y 29,71°C, mientras que la humedad relativa fue desde 37,70 % hasta 51,14 % en el transcurso del ensayo (Gráfico 4-3).

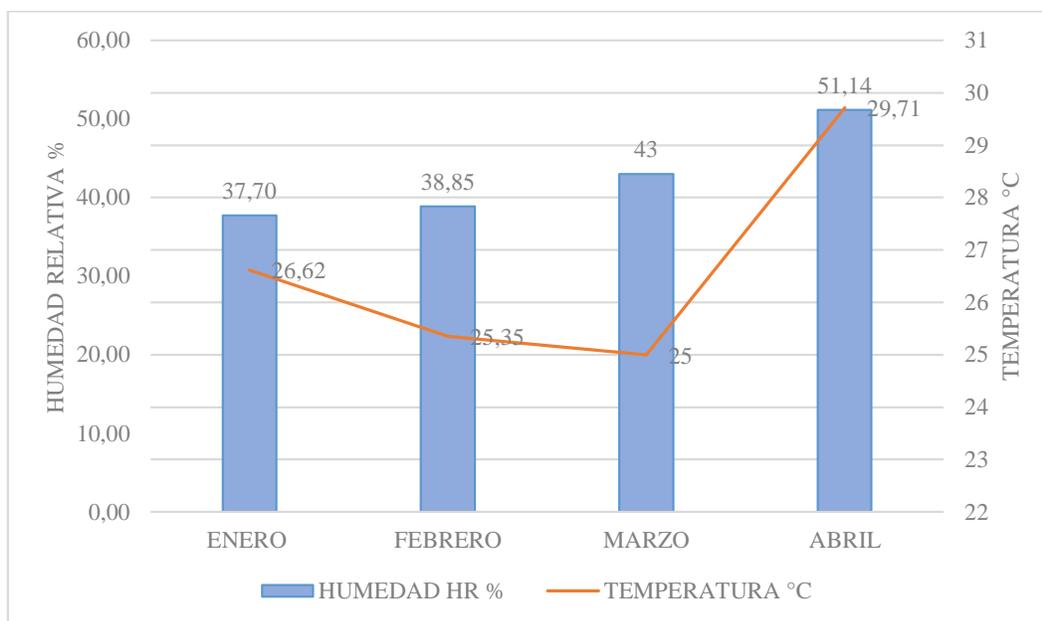


Gráfico 4-3: Registro de humedad relativa y temperaturas mensuales

Realizado por: Cujano, J., 2021

3.2. Discusiones

3.2.1. Número de tubérculos por planta

En el Tratamiento 2 (Dosis que corresponde al 0,01 % de ácido Abscísico) se obtuvo el mayor número de tubérculos por planta con una media de 47 tubérculos por planta. El mayor número de tubérculos por planta en este tratamiento pudo deberse a que al aplicar ácido Abscísico en cantidad adecuada provoca un incremento en número de tubérculos por planta. Lo que concuerda con (Bautista, *et.al* 2010, pp. 44-46) quien menciona que “El Ácido Abscísico es la hormona responsable de provocar una floración precoz en plantas sometidas a estrés, permitiendo la formación inmediata de frutos y semillas al acelerar el proceso de translocación bajo las condiciones de estrés.”

Coincidiendo con (Huánuco, *et al.*, 2017: pp.9-13) quién menciona que esta fitohormona regula muchos aspectos agronómicos importantes del desarrollo de las plantas incluyendo un rol principal en la maduración de semillas y desarrollo del fruto. Se conoce que el ABA es esencial para regular el desarrollo de las plantas.

Sin embargo, (Portela 2010a: p.26) menciona que El Ácido Abscísico no es esencial para la tuberización. El efecto de promover la tuberización, quizás sea debido a otros efectos antagónicos, seguido del Tratamiento 1 (Dosis que corresponde al 0,005% de ácido Abscísico) con una media de 40,67 tubérculos por planta mientras que el menor rendimiento corresponde al Tratamiento 3 (Dosis que corresponde al 0,02% de ácido Abscísico) con una media de 31 tubérculos/planta.

3.2.2. *Peso de tubérculos por planta*

El mayor rendimiento en lo referente al peso de los tubérculos por planta se obtuvo en el Tratamiento 2 (Dosis que corresponde al 0,01 % de ácido Abscísico), con una media de 165,46 gramos por planta esto posiblemente se debe a que al aplicar cantidades mínimas adecuadas el ácido Abscísico acelera los procesos fisiológicos. Lo que concuerda con (Portela 2010b: p.26) quién menciona que el ácido Abscísico está relacionado con un “acortamiento del ciclo del cultivo que va acompañado de un incremento de la concentración de Ácido Abscísico (ABA) con detención del crecimiento vegetativo e incremento de reservas en los tubérculos”. Lo que concuerda con (Fernandez, M *et al.*, 1991: p.1) quien menciona que el Ácido Abscísico ha sido aislado e identificado en tubérculos y en la zona meristemática de las yemas jugando un papel importante en la estimulación de la tuberización, seguido del Tratamiento 1 (Dosis que corresponde al 0,005% de ácido Abscísico) con una media de 146,82 gramos por planta, mientras que el menor rendimiento corresponde al Tratamiento 3 (Dosis que corresponde al 0,02 % de ácido Abscísico) con una media de 140,48 gramos.

Es importante considerar que (Condori 2019: p.25) menciona que el mecanismo exacto del ácido Abscísico parece ser complejo y aún no ha sido esclarecido en su totalidad por lo es importante considerar también diversos factores de carácter abiótico como fisiológicos.

3.2.3. *Rendimiento Kg/ha*

El mayor rendimiento en lo referente a Kg/ha se obtuvo en el Tratamiento 2 (Dosis que corresponde al 0,01 % de ácido Abscísico), con un rendimiento de 26472,53 Kg/ha este rendimiento es alto en relación a lo que manifiesta (Chang, D., 2012: p.21) que Boersig y Wagner en 1988 fueron los primeros en utilizar el sistema aeropónico el cual es lo suficientemente amplio para el desarrollo de los tubérculos, para la producción comercial de semilla. Con esta técnica se desarrollaron tubérculos de tamaño comercial con niveles de producción de 4700 y 11900 kg/ha, tomando en consideración que al aplicar la dosis de ácido Abscísico al 0,01 % se evidencia un incremento en el rendimiento sin olvidar que todos los factores fisiológicos y ambientales juegan un papel indispensable en los procesos de tuberización de la papa.

Seguido del Tratamiento 1 (Dosis que corresponde al 0,005% de ácido Abscísico) mientras que el menor rendimiento corresponde al Tratamiento 3 (Dosis que corresponde al 0,02 % de ácido Abscísico) con una media de 23496,46 Kg/ha y 22480,89 Kg/ha respectivamente.

3.2.4. Temperaturas y Humedad relativa

El (Gráfico 4-3) hace referencia a los datos obtenidos en promedio de humedad relativa y temperatura durante el trabajo de investigación que fue de 42,67% y 26,67° Celsius respectivamente, ocurriendo un incremento en la temperatura según (Quinteros 2015: p.23) quién menciona que la temperatura adecuada en el cultivo de papa oscila entre los 20 - 25 °C y la temperatura ideal para el proceso de tuberización comprende de 12-18°C; cuando existe un incremento de temperatura mayor a 25 °C la tasa respiratoria aumenta.

Coincidiendo con (Gámez 2017: pp.12-13) quien concuerda en que cuando existe un incremento de temperatura mayor es la producción de biomasa aumentando la capacidad de consumir reservas disponibles mientras esto ocurre se retrasa el inicio de la tuberización.

La humedad relativa de 42,67 fue del invernadero mientras que la humedad relativa al interior del módulo fue del 90% coincidiendo con (Aguilar 2015: p.21) quién obtuvo una temperatura de 25.22 °C y una humedad relativa promedio al interior del módulo del 90%. Los cuales fueron ideales para los cultivos.

Sin embargo, los datos obtenidos deben ser tomados con cautela debido a que el invernadero presenta deficiencias en su estructura por lo que no podríamos realizar comparaciones con total asertividad respecto al efecto del ambiente que el invernadero habría tenido en relación al desarrollo del cultivo de papa.

CONCLUSIONES

El Tratamiento T2 en el número de tubérculos que presentó un incremento en relación a los demás tratamientos con una media de 47 tubérculos por planta.

El Tratamiento T2 presentó un mayor peso de los tubérculos por planta con una media de 165,46 gramos en relación a los demás tratamientos.

El Tratamiento 2 al aplicar 0,01 % de ácido Abscísico en el cultivo de papa presentó un incremento en el rendimiento de 26472,53 kg/ha lo que se concluye que el ácido Abscísico tiene influencia en dicho cultivo.

El Control Interno de Calidad fue del 22% lo que significa que sobrepasa la tolerancia máxima admisible por lo que no entra dentro del rango establecido para ser una semilla certificada esto se debe a que los brotes obtenidos de las papas pertenecían al sistema informal de semilla, lo que ocasionó una mezcla varietal entre la variedad fri-papa y superchola.

RECOMENDACIONES

Utilizar el tratamiento dos T2 para obtener un mayor rendimiento en papa en el sistema aeropónico.

Se recomienda para siguientes investigaciones utilizar brotes obtenidos de semilla de papa perteneciente al sistema formal de semilla para evitar mezclas varietales.

Realizar siguientes investigaciones de ácido Abscísico en nuevas variedades de papa en el sistema aeropónico.

GLOSARIO

Sustrato: Es todo material sólido distinto del suelo in situ; natural, de síntesis o residual, mineral u orgánico que, colocado en un contenedor, en forma pura o en mezcla, permite el anclaje del sistema radicular desempeñando la función de soporte para la planta. (Valenzuela 2015: pp. 2-3)

Hormona: Una hormona vegetal o fitohormona es un compuesto producido internamente por una planta, que ejerce su función en muy bajas concentraciones y cuyo principal efecto se produce a nivel celular, cambiando los patrones de crecimiento de los vegetales y permitiendo su control. (Jordán, M, et al., 2006: pp.1-28)

BIBLIOGRAFÍA

AGUILAR ARIAS, MÓNICA SILVANA. Evaluación de la producción de semilla de dos cultivares de papa (*Solanum tuberosum* L.) aptos para la agroindustria, en el sistema aeropónico con dos densidades de trasplante Cutuglagua, Pichincha 2014 2015, p.21. Disponible en: <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/7075/3/T-UCE-0004-03.pdf>.

ANDRADE, J; et.al. Manual para la Producción de Semilla de Papa usando Aeroponía. Quito-Ecuador, 2015, p.267.

BAUTISTA; et.al. Evaluación del rendimiento del cultivo de papa (*Solanum tuberosum*) . variedad chaucha con el manejo fisionutricional frente al manejo fisionutricional frente al manejo tradicional en la hacienda "SAN PATRICIO" ubicada en la parroquia Tomebamba. 2010, p. 44-46. Disponible en : <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/3877/1/UPS-CT001967.pdf>.

CAICEDO, W.; & JIJÓN, D. Incidencia de la densidad de siembra en la producción de semilla de papa (*Solanum tuberosum* L) variedad superchola en el sistema aeropónico, en la granja experimental Yuyucocha, Caranqui, Ibarra, Ecuador. 2016, p.27. Disponible en: <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/5341/1/03%20AGP%20200%20TESIS%20DE%20GRADO.pdf>.

CALDERÓN, F. Evaluación de la distancia entre minitubérculos y número de tallos por planta en la productividad de semilla de papa (*Solanum tuberosum*), cultivar friepapa, bajo invernadero. 2010, p.18. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/2197/1/13T0742%20.pdf>.

CARRIÓN, A. “Producción de microtubérculos “in vitro” de papa (*Solanum tuberosum* L.) en sistema de inmersión temporal y su rendimiento en invernadero. 2017. Disponible en: <http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/2985/F30-C47-T.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

CONDORI, J. Influencia del riego interminente y parcial de la zona de raíces en el rendimiento de cultivo de papa variedad única. 2019, p.25. Disponible en : <http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/4015/condori-cahuapaza-jose-noel.pdf?sequence=1>

FERNANDEZ, M; et.al. Las Giberelinas y el Acido Abscísico en el cultivo de papa su caracterización y comportamiento en tres momentos de desarrollo de la planta. 1991, p.1. Disponible en:

<http://www.sidalc.net/cgi-bin/wxis.exe/?IsisScript=ctrop.xis&method=post&formato=2&cantidad=1&expresion=mfn=001192>

FLÓREZ RONCANCIO; et.al. El Ácido abscísico acelera el desarrollo floral de solidago en días cortos. 2009, p.3. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/rfnam/v62n1/a11v62n1.pdf>.

GÁMEZ, YENISEY. Efecto del número de tallos en el crecimiento y rendimiento de la papa (*Solanum tuberosum* L.) cultivar Royal. 2017, p.12-13. Disponible en: <https://dspace.uclv.edu.cu/bitstream/handle/123456789/7985/Yenisey%20G%c3%a1mez%20Borr%c3%a1s.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

GONZÁLEZ , MARÍA, R, RAMOS, Y NANCY SANTANA. Efecto del ácido abscísico (ABA) en la regulación del desarrollo de embriones somáticos de *Coffea*. 2000. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/1932/193215152006.pdf>.

HUÁNUCO; et.al. Estandarización de un protocolo para la cuantificación de Ácido Abscísico mediante la técnica de elisa competitivo. 2017, p.9-13. (último acceso: 2019).

JANET IGARZA; et al. Empleo de métodos biotecnológicos en la producción de semilla. 2012, p.4. Disponible en: <https://revista.ibp.co.cu/index.php/BV/article/view/495/pdf>.

JORDÁN, M & CASARETTO,J. Hormonas y reguladores del crecimiento: auxinas, giberelinas y citocininas. Squeo, F, A., & Cardemil L.(eds). Fisiología Vegetal. 2006, p.1-28. Disponible en: https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/31848275/AuxinasgiberelinasyCitocininas.pdf?1378546353=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DCapitulo_XV_Hormonas_y_Reguladores_del_C.pdf&Expires=1611429518&Signature=VDv8tnz9zi0lMrnW6lFkW5NGMjSDG3JPhXA1n (último acceso: 12 de 12 de 2019).

KRAMM, V. Manual del cultivo. 2017, p. 29-31. Disponible en: <https://www.inia.cl/wp-content/uploads/ManualesdeProduccion/10%20Manual%20Papa.pdf>.

MONTESDEOCA, F.; et al. Manual de Control Interno de Calidad (CIC) en tubérculo - semilla de papa. 2006. Disponible en: <http://cipotato.org/wp-content/uploads/Documentacion%20PDF/CIC.pdf> (último acceso: 28 de Mayo de 2020).

MORALES, E.,& BASANTES, R. «Manejo de cultivos andinos del Ecuador.» 2015. <https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/10163/4/Manejo%20Cultivos%20Ecuador.pdf>.

MORENO, LIZ PATRICIA. Factores y mecaismos relacionados con la dormancia en tubérculos de papa. 2009, p.192. Disponible en: <https://revistas.unal.edu.co/index.php/agrocol/article/view/11131/37762>.

ORTIZ L, & FLÓREZ, V. Comparación cuantitativa de ácido abscísico y citoquininas en la tuberización de *Solanum tuberosum* L. y *Solanum phureja* Juz. et Buk. 2008, p.2. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/1803/180314729005.pdf>.

ORTIZ,L; et al. Determinacion del ácido abscisico en papa (*Solanum* sp.) como respuesta a bajas temperaturas. 2016, p.3. Disponible en: [file:///C:/Users/Personal/Downloads/21694-74247-1-PB%20\(2\).pdf](file:///C:/Users/Personal/Downloads/21694-74247-1-PB%20(2).pdf).

PAEZ DE CASAREZ, J .,& GONZÁLEZ, R. Conservación In Vitro de Dos Variedades de Papa. 2001, p.122. file:
Disponible en: [///C:/Users/Personal/Downloads/113-%23%23default.genres.article%23%23-342-1-10-20160509%20\(1\).pdf](///C:/Users/Personal/Downloads/113-%23%23default.genres.article%23%23-342-1-10-20160509%20(1).pdf).

PORTELA, Y. Determinación de índices fisiológicos del crecimiento del crecimiento en variedades de papa (*Solanum tuberosum* L.) obtenidas por métodos biotecnológicos. 2010. Disponible en: <https://dspace.uclv.edu.cu/bitstream/handle/123456789/1176/A10014PAPA%5B1%5D.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

PUMISACHO, M .,& SHEERWOOD, S. El cultivo de la papa en Ecuador. 2002, p.22. Disponible en:
<https://cipotato.org/wpcontent/uploads/Documentacion%20PDF/Pumisacho%20y%20Sherwood%20Cultivo%20de%20Papa%20en%20Ecuador.pdf>.

PUNINA, ENMA. Evaluación agronómica del cultivo de papa (*Solanum tuberosum*) C.V. “Fripapa” a la aplicación de tres abonos completos. 2013, p.12. Disponible en: <http://192.188.46.193/bitstream/123456789/6532/1/Tesis-69%20%20Ingenier%C3%ADa%20Agron%C3%B3mica%20-CD%20210.pdf>.

QUINTEROS, C. Evaluación del sistema de raíz flotante para la obtención de semilla de papa (*Solanum tuberosum* L.) de calidad. CUTUGLAGUA, PICHINCHA. 2015, p.23. Disponible en: <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/4798/1/T-UCE-0004-28.pdf>.

RODRÍGUEZ, HUGO FANO. Centro Internacional de la Papa (CIP). 2007, p. 1-2. Disponible en: http://www.caisesa.com/administrador/lib/images/conocimientos/1357242419_CIP%20Papa%20en%20America%20Latina.pdf.

RODRIGUEZ, L., & MORENO, L. Factores y mecanismos relacionados con la dormancia en tubérculos de papa. Una revisión. 2010, p.4. Disponible en: <https://revistas.unal.edu.co/index.php/agrocol/article/view/18022/37678>.

ROMÁN, M., & HURTADO, G. Guía Técnica "Cultivo de la Papa". 2002, p.10. Disponible en: <http://www.centa.gob.sv/docs/guias/hortalizas/Guia%20Papa.pdf>.

ROMERO, CARLOS. Rendimiento de semilla pre básica de papa (*Solanum tuberosum*) variedad chaucha roja, proveniente del sistema de producción aeropónico. 2019, p.54. Disponible en: <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/30477/1/Tesis-239%20%20Ingenier%C3%ADa%20Agron%C3%B3mica%20-CD%20642.pdf>

RUBIO, C. Evaluación de la producción de tubérculo semilla en cuatro variedades de papa (*Solanum tuberosum* L.). 2015, p.17.
Disponible en: <http://dspace.epoch.edu.ec/bitstream/123456789/4263/1/13T0807%20.pdf>.

SALAZAR, FRANKLIN. 2016. El Aporque en cultivares nativos de papa (*Solanum tuberosum* ssp.andígena) en Andahuaylas. Disponible en: <http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/2216/F01-S84-T.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

SAQUINGA, S. Producción de tubérculo semilla de papa (*Solanum tuberosum*), categoría prebásica utilizando biol en un sistema aeropónico en el Cantón Mejía, provincia de Pichincha. 2012, p.27. Disponible en: <http://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/1990/1/Tesis-016agr.pdf>.

VALENZUELA, O. R. Tecnología de sustratos: propiedades de los diferentes componentes. 14-16 de mayo de 2015, p. 2-3. Disponible en: [AsNorte_EEASanPedro_Valenzuela_Tecnologia_Sustratos.pdf?sequence=1&isAllowed=y#:~:text=\(2004\)%2C%20sustrato%20se%20aplica,de%20soporte%20para%20la%20planta.](#) (último acceso: 09 de septiembre de 2020).

VELÁSTEGUI, GIOVANNY; et al. Inhibición de la brotación del tubérculo de papa. Una revisión de los métodos empleados. noviembre de 2018, p.2. Disponible en: http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2308-38592018000200004&lng=es&nrm=iso (último acceso: lunes de julio de 2019).

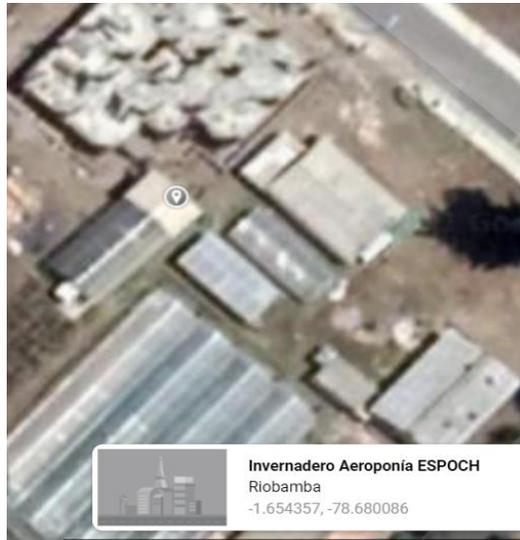
VIGNOLA RAFFAELE; et.al. Cultivo de Papa. 2017,p.15-21. Disponible en: <http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/reduccion-impacto-por-eventos-climaticos/Informe-final-papa.pdf> (último acceso: 05 de 11 de 2021).

YANDY PRIETO ESPINOSA. Comparación morfofisiológica y productiva de dos cultivares de papa (*Solanum tuberosum* L.). 2018, p.12. Disponible en: <https://dspace.uclv.edu.cu/bitstream/handle/123456789/10082/Yandy%20Prieto%20Espinosa%20ok.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

YUPANGUI, L. Validación de los parámetros de Control Interno de Calidad en la producción de tubérculo-semilla, en la variedad INIAP LIBERTAD. 2016. Disponible en: <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/8051/1/T-UCE-0004-29.pdf>.

ANEXOS

ANEXO A: UBICACIÓN DEL CAMPO EXPERIMENTAL



UBICACIÓN

Ubicación Geográfica en mapa del Ecuador



Ubicación Geográfica de Cantones de Chimborazo



ANEXO B: CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

T1	23496,46	B
T2	26472,53	A
T3	22480,89	C

ANEXO G: VALORES PROMEDIO MENSUALES DE H.R., T°

Meses	Humedad Relativa (%)	Temperatura (T°)
Enero	37,70	26,62
Febrero	38,85	25,35
Marzo	43	25
Abril	51,14	29,71
Promedio	42,67	26,67

ANEXO H: LIMPIEZA Y DESINFECCIÓN DEL INVERNADERO DE AEROPONÍA



ANEXO I: TANQUE PARA LA SOLUCIÓN NUTRITIVA



ANEXO J: MANEJO DEL SISTEMA AEROPÓNICO



ANEXO K: MANEJO DEL ENSAYO



Obtención de brotes



Preparación de brotes



Siembra de brotes



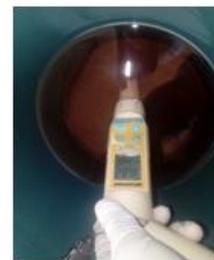
Transplante al sistema aeropónico

ANEXO L: MANEJO DEL SISTEMA AEROPÓNICO





Trasplante de brotes al sistema aeropónico



Solución nutritiva (250 litros)



Solución inicial		Solución final	
FUENTES	GRAMOS	FUENTES	GRAMOS
NH₄H₂PO₄	34,54	NH₄NO₃	17,64
Ca (NO₃)₂	80	Ca (NO₃)₂	150
KNO₃	90	KH₂PO₄	39,19
MgSO₄	25	KNO₃	11,53
Micro elementos	2,22	K₂SO₄	84,47
Fe	3,25	MgSO₄	55,21
		Micro elementos	2,22
		Fe	6,50

ANEXO M: MANEJO DEL CULTIVO



ANEXO N: CONTROL INTERNO DE CALIDAD (CIC)

