UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

TEMA DE INVESTIGACIÓN:

"INCIDENCIA DE LA DENSIDAD DE PLANTACIÓN EN LA PRODUCCIÓN DE SEMILLA PREBÁSICA DE PAPA *(Solanum tuberosum L)* VARIEDAD CHAUCHA EN EL SISTEMA AEROPÓNICO, EN LA GRANJA EXPERIMENTAL QUEROCHACA, TUNGURAHUA, ECUADOR"

NOMBRE:

Valeria Paola Villacreses Pallo.

TUTOR:

Ing. Mg. Alberto Gutiérrez Albán

CEVALLOS- ECUADOR

2019

“El suscrito, VALERIA PAOLA VILLACRESES PALLO, portadora de cédula de identidad número: 180478282-7, libre y voluntariamente declaro que el Informe Final del Proyecto de investigación titulado: “INCIDENCIA DE LA DENSIDAD DE PLANTACIÓN EN LA PRODUCCIÓN DE SEMILLA PREBÁSICA DE PAPA *(Solanum tuberosum L*) VARIEDAD CHAUCHA EN EL SISTEMA AEROPÓNICO, EN LA GRANJA EXPERIMENTAL QUEROCHACA, TUNGURAHUA, ECUADOR” es original, autentico y personal. En tal virtud, declaro que el contenido es de mi sola responsabilidad legal y académica, excepto donde se indican las fuentes de información consultadas”.

Valeria Paola Villacreses Pallo

Al presentar este Informe Final del Proyecto de Investigación titulado "INCIDENCIA DE LA DENSIDAD DE PLANTACIÓN EN LA PRODUCCIÓN DE SEMILLA PREBÁSICA DE PAPA (*Solanum tuberosum L*) VARIEDAD CHAUCHA EN EL SISTEMA AEROPÓNICO, EN LA GRANJA EXPERIMENTAL QUEROCHACA, TUNGURAHUA, ECUADOR" como uno de los requisitos previos para la obtención del título de grado de Ingeniera Agrónoma, en la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Ambato, autorizo a la Biblioteca de la Facultad, para que este documento esté disponible para su lectura, según las normas de la Universidad.

Estoy de acuerdo en que se realice cualquier copia de este Informe Final, 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 este Informe Final, o de parte de él".

Valeria Paola Villacreses Pallo

“INCIDENCIA DE LA DENSIDAD DE PLANTACIÓN EN LA PRODUCCIÓN DE SEMILLA PREBÁSICA DE PAPA (*Solanum tuberosum*) VARIEDAD CHAUCHA EN EL SISTEMA AEROPÓNICO, EN LA GRANJA EXPERIMENTAL QUEROCHACA, TUNGURAHUA, ECUADOR”.

REVISADO POR:

Ing. Mg. Alberto Gutiérrez
TUTOR

Ing. Mg. Luciano Valle
ASESOR DE BIOMETRÍA

APROBADO POR LOS MIEMBROS DE CALIFICACIÓN

FECHA

…… ……..
Ing. Hernán Zurita
PRESIDENTE TRIBUNAL

…… ……....
Ing. Marco Pérez
MIEMBRO DE TRIBUNAL DE CALIFICACIÓN

…….. ……..
Ing. Luciano Valle
MIEMBRO DE TRIBUNAL DE CALIFICACIÓN

AGRADECIMIENTO

Mi reconocimiento a la Universidad Técnica de Ambato, de manera muy especial a la Facultad de Ciencias Agropecuarias, por haberme acogido en sus aulas del saber, las mismas que sirvieron para enriquecer mis conocimientos, y cumplir con mi más anhelada meta que es mi carrera profesional de Ingeniera Agrónoma.

A mi tutor Ing. Mg. Alberto Gutiérrez A. quién me brindó todo su apoyo y conocimientos para culminar la investigación, como también a los Ing. Mg. Luciano Valle. Asesor de Biometría e Ing. Mg. Daysi Guevara. Asesora de Redacción Técnica quienes supieron en su determinado momento asesorarme para que los resultados alcanzados en el trabajo de investigación sean fructíferos.

A todos mis profesores que con sus conocimientos aportaron para mi formación profesional, de manera especial a los Ingenieros Santiago Espinoza, Marco Pérez, Segundo Curay, Eduardo Cruz, Jorge Dobronsky, Hernán Zurita, Giovanny Velástegui y al Doctor Carlos Vásquez, quienes aportaron de manera positiva para la culminación de esta investigación.

A todo el personal Administrativo quienes de una u otra manera colaboraron para que la investigación culminara con éxito. Un grato agradecimiento a los Ingenieros. Víctor Hugo Robalino, Fabián Zúñiga y José Mangui, por la ayuda prestada en la ejecución de la fase de campo de esta investigación.

A los trabajadores de la Facultad, quienes siempre me brindaron el apoyo necesario, en especial a Don Chelo, Don Marcelo, Jóven Héctor. Gracias por su valiosa ayuda.

A todos mis compañeros de aula con quienes compartimos gratos momentos durante los semestres de estudio.

A todos gracias.

DEDICATORIA

A Dios, por las bendiciones recibidas a lo largo de mi vida, por ser él quien me permite a diario seguir adelante para cumplir cada uno de mis sueños y cada meta trazada en mi vida.

A mis amados padres Nelly y Antonio, quienes me enseñaron que la vida no es fácil, pero que con perseverancia, empeño, dedicación y esfuerzo se puede lograr todo lo que nos proponemos. Mami gracias por siempre apoyarme y estar en cada instante de mi vida, por ser mi amiga, mi confidente, mi consejera y un ejemplo de mujer, por siempre ser el pilar en mi vida y enseñarme a ser una mujer de bien. Papi gracias por enseñarme que de los errores se aprenden y que nunca es tarde para empezar de nuevo y ser mejores personas, a pesar de las adversidades siempre está junto a mí. LES AMO.

En especial a mi esposo Paúl, mi compañero de vida, fuiste eres y serás el gran amor de mi vida, espero que Dios nos guie para seguir cumpliendo cada meta juntos y surgir como hasta ahora lo hemos hecho, gracias por apoyarme y ayudarme a lo largo de esta carrera, por ser incondicional en mi vida, eres un excelente profesional, padre, amigo, compañero y esposo. TE AMO.

Al regalo más hermoso que Dios me dio, mi negrita hermosa Paula Emilia, a ti que eres la razón para que siga adelante, con tu amor y ternura haces que todo lo malo desaparezca, día a día me demuestra varias cosas, y siempre querré ser mejor por ti, eres mi orgullo niña de mis ojos.

A mi suegra Mercedes, a usted que ha sido un ejemplo de lucha, perseverancia, coraje, entrega y dedicación, rompiendo paradigmas ha demostrado que no se necesita de mucho para ser feliz, basta el amor y apoyo de familia para sobresalir ante cualquier adversidad. A usted que es una parte fundamental para mi vida.

A mi cuñada Andrea, que es mi amiga, compañera, confidente, a ti que siempre estas presta para ayudarme. Eres una mujer perseverante y única. Te quiero mucho.

A mis hermanos Byron, Lenin, Kerly y Anthony con quienes juntos de la mano, caminamos por los senderos de la tristeza, alegría y las travesuras de la niñez, quienes como ellos para comprender este sueño que hoy es una realidad, gracias por sus palabras de aliento y su ayuda. Les amo.

A mis cuñadas Sandra y Elizabeth, con quienes hemos compartido varios momentos gratos y de varias maneras han sido un apoyo para mi vida.

A mis sobrinos Sofía, Génesis, José, Josué, David, por ser una bendición y llenar de alegría, amor y ternura en cada uno de los hogares de mis hermanos.

A mi abuelita María, quién desde siempre estuvo conmigo, quién me heredó el tesoro más valioso sus valores, vivencias, historias y consejos, brindados acertadamente. Quien, con una sonrisa, un beso y un abrazo me recibe siempre, siempre está preocupada de mí y me pregunta cómo estuvo mi día, además me alienta para que siga adelante.

A mi tía María, por ser como mi mamá, quien desde niña me cuidó y veló por mí, ahora sigue demostrándome el amor que me tiene y que siempre está para ayudarme, usted siempre será una persona importante en mi vida, así como lo soy yo en la suya, le quiero mucho.

A mis tíos políticos Alberto y Nancy, quienes siempre me han brindado apoyo incondicional, ustedes son un ejemplo a seguir. Don Alberto gracias por ser como un padre para mí, siempre con sus consejos, sus palabras de aliento y sus anécdotas ha hecho que entienda que no necesitamos llevar la misma sangre para para ser familia. Doña Nancy gracias por sus consejos y la ayuda que día a día nos brinda.

A toda la familia Gutiérrez, por abrirme las puertas de su casa y brindarme su amor, Doña Guadita, Alexandra, Huguito, Luchito, Mijael, Verito, Paulo, Don Eduardo, Don Luis y Don Pepé aunque ya no se encuentre entre nosotros nunca olvidaré los momentos gratos vividos con usted.

A mis amigos Byron y Edisson que a lo largo de la carrera forjamos lazos fuertes de amistad y compañerismo, a mis amigas, mis compañeras de vida universitaria, quienes hicieron que la etapa estudiantil fuera más llevadera, quienes estuvieron conmigo en

cada momento, Katherinne, Karen, Karla y Karolayne, son una parte importante en mi vida y siempre ocuparán un lugar importante en mi corazón, y aunque cada una hayamos tomado diferentes caminos siempre quedará esta hermosa amistad.

Índice de contenido

CAPÍTULO I 1
INTRODUCCIÓN 1
CAPÍTULO II 3
REVISIÓN DE LITERATURA O MARCO TEÓRICO 3
2.1. ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS 3
2.2. CATEGORIAS FUNDAMENTALES O MARCO CONCEPTUAL 7
2.2.1. VARIABLE INDEPENDIENTE 7
2.2.2. VARIABLE DEPENDIENTE 15
2.2.3. UNIDAD DE ANÁLISIS 16
CAPÍTULO III 18
HIPÓTESIS Y OBJETIVOS 18
3.1. HIPÓTESIS 18
3.2. OBJETIVOS 18
3.2.1. OBJETIVO GENERAL 18
3.2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS. 18
CAPÍTULO IV 19
MATERIALES Y MÉTODOS 19
4.1. UBICACIÓN DEL EXPERIMENTO (ENSAYO) 19
4.2. CARACTERÍSTICAS DEL LUGAR 19
4.2.1. Agua. 19
4.3. EQUIPOS Y MATERIALES 19
4.3.1. Materiales de la cubierta plástica. 19
4.3.2. Materiales de los módulos aeropónicos. 20
4.3.3. Materiales del equipo de riego. 20
4.3.4. Otros materiales 20
4.3.5. Fertilizantes para preparar la solución nutritiva 21
4.3.6. Insecticidas y fungicidas para el control de plagas y enfermedades. 21
4.3.7. Equipos. 22
4.4. FACTORES EN ESTUDIO 22

4.5. TRATAMIENTOS 22
4.6. DISEÑO EXPERIMENTAL 22
4.7. MANEJO DEL EXPERIMENTO 23
4.7.1. Preparación de la solución nutritiva. 23
4.7.2. Acondicionamiento de plántulas in vitro. 24
4.7.3. Trasplante a módulos aeropónicos. 25
4.8. VARIABLES RESPUESTAS 25
4.8.1. Altura de planta a la floración 25
4.8.2. Días a la floración 25
4.8.3. Número de tubérculos-semilla por planta 26
4.8.4. Peso total de las semillas-tubérculos 26
4.8.5. Rendimiento 26
4.8.6. Calibre de las semillas-tubérculos de papa 26
4.9. PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN 26
CAPÍTULO V. 27
RESULTADOS Y DISCUSIÓN 27
CAPÍTULO VI 30
CONCLUSIONES, BIBLIOGRAFÍA Y ANEXOS. 30
6.1. CONCLUSIONES 30
6.2. BIBLIOGRAFÍA 31
7.3. ANEXOS 36
CAPÍTULO VII 38
PROPUESTA 38
7.1. DATOS INFORMATIVOS 38
7.2. ANTECEDENTES DE LA PROPUESTA 38
7.3. JUSTIFICACIÓN 38
7.4. OBJETIVOS 39
7.6. FUNDAMENTACIÓN 39
7.7. METODOLOGÍA, MODELO OPERATIVO 40
7.7.1. Preparación de la solución nutritiva. 40
7.7.2. Acondicionamiento de plántulas in vitro. 41

7.7.3. Trasplante a módulos aeropónicos. 42
7.7.4. Materiales de la cubierta plástica. 42
7.7.5. Materiales de los módulos aeropónicos. 42
7.7.6. Materiales del equipo de riego. 42
7.7.7. Otros materiales 43
7.7.8. Fertilizantes para preparar la solución nutritiva 44
7.7.9. Insecticidas y fungicidas para el control de plagas y enfermedades. 44
7.7.10. Equipos 44
7.8. ADMINISTRACIÓN 44

Índice de tablas.

Tabla 1. Solución UNALM inicial y ajuste final para producción de semilla-tubérculo de papa (*Solanum Tuberosum L.*) variedad chaucha 23

Tabla 2. Resultados de las variables con los diferentes tratamientos 29

Tabla 3. Solución UNALM inicial y ajuste final para producción de semilla-tubérculo de papa (*Solanum Tuberosum* L.) variedad chaucha 40

Índice de anexos

ANEXO 1. ALTURA DE PLANTA A LA FLORACIÓN (cm).....36

ANEXO 2. DÍAS A LA FLORACIÓN 36

ANEXO 3. NÚMERO DE TUBÉRCULOS - SEMILLA POR PLANTA.....36

ANEXO 4. PESO TOTAL DE LAS SEMILLAS – TUBÉRCULOS (g).....36

ANEXO 5. RENDIMIENTO (g . m^{-2}).....37

ANEXO 6. CALIBRE DE LAS SEMILLAS - TUBÉRCULOS DE PAPA (mm) 37

RESUMEN EJECUTIVO

El trabajo de investigación titulado "Incidencia de la densidad de plantación en la producción de semilla prebásica de papa *(Solanum tuberosum L.)* variedad chaucha en el sistema aeropónico, en la granja experimental Querochaca, Tungurahua, Ecuador" se realizó con la finalidad de determinar la densidad de plantación correcta para un mayor rendimiento de papa variedad chaucha en la granja experimental docente Querochaca propiedad de la Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ciencias Agropecuarias, ubicada en el cantón Cevallos, provincia de Tungurahua. Sus coordenadas geográficas son 01° 22´ 02" de latitud Sur y 78° 36´ 20" de longitud Oeste, a una altitud de 2 865 metros sobre el nivel del mar.

Se aplicó el diseño de bloques al azar, 3 x 3, además se realizaron las pruebas de significación de Tukey al 5 % para los tratamientos que resultaron significativos, donde se obtuvieron los siguientes resultados: para la variable altura de planta a la floración no presenta significación estadística, la variable número de semillas - tubérculos de papa por planta presenta significación en la densidad de plantación de 25 plantas por m^2 (T 25) es la mejor con 119 tubérculos pero con un calibre de 4,91 mm, para las variables peso total de semillas - tubérculo (g), y el calibre de las semillas – tubérculos de papa (mm) el mejor tratamiento fue el tratamiento con una densidad de 9 plantas (T 9) con 533,36 g y 10,69 mm respectivamente. El mejor rendimiento presentó la densidad de 16 plantas por m^2 (T 16) en donde se encontró 7 189,76 g. m^{-2} y con un calibre promedio 8,80 mm.

PALABRAS CLAVE: Densidad de plantación, Producción, Rendimiento, Papa, Chaucha

SUMMARY

The research work entitled "Incidence of plantation density in the production of prebasic seed of potato (Solanum tuberosum L) variety chaucha in the aeroponic system, in the experimental farm Querochaca, Tungurahua, Ecuador" was carried out with the purpose of determining the correct plantation density for a greater yield of potato variety Chaucha in the Querochaca experimental teaching farm owned by the Technical University of Ambato, Faculty of Agricultural Sciences, located in the canton of Cevallos, province of Tungurahua. Its geographic coordinates are 01 ° 22' 02 "South latitude and 78 ° 36' 20" West longitude, at an altitude of 2 865 meters above sea level.

The randomized block design, 3 x 3, was applied, and Tukey significance tests were performed at 5% for the treatments that were significant, where the following results were obtained: for the variable plant height at flowering it does not present statistical significance, the variable number of seeds - potato tubers per plant presents significance in the planting density of 25 plants per m 2 (T 25) is the best with 119 tubers but with a caliber of 4.91 mm, for the variables total weight of seeds-tuber (g), and the size of the seeds - potato tubers (mm) the best treatment with a density of 9 plants (T 9) with 533.36 g and 10.69 mm respectively. The best yield presented the density of 16 plants per m^2 (T 16) where 7 189.76 g was found. m^{-2} and with an average caliber 8.80 mm.

KEY WORDS: Planting density, Production, Yield, Potato, Chaucha

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

El origen del cultivo de papa fue en la región andina de los países de Ecuador, Perú y Bolivia son considerados el principal centro de domesticación de las diferentes especies de papas (Tapia y Fries, 2 007). Debido a evidencias arqueológicas, botánicas e históricas se conoce que la papa ya se la seleccionaba para consumirla 10 500 A.C. (Morales-Garzón, 2 007). Las papas fueron domesticadas partiendo desde las especies silvestres principalmente de *Solanum spasipilum, Solanum megistacrolobum, Solanum acaule*, creándose nuevas especies mediante diferentes cruzamientos naturales o dirigidos, que permitieron la formación de numerosas variedades, este cultivo posee una amplia distribución en el mundo entero además que es considerado como el alimento básico para millones de personas alrededor del mundo (Tapia y Fries, 2 007).

La propagación de papas se la puede realizar en dos formas, la primera de semilla, denominada semilla verdadera y la segunda de tubérculos conocida como semilla tubérculo. La semilla verdadera ha sido usada durante varios siglos, pero se encontró que fue difícil de manejar y raramente produjo igual cantidad y calidad de cultivos a comparación de aquellos producidos por semilla tubérculo (Nichols, 2009). La propagación conocida como tubérculo semilla, es considerado fundamental para garantizar la producción y la calidad del cultivo de papa, la siembra de semilla de mala calidad es un factor determinante para el rendimiento y calidad del tubérculo (Arias, 2 009).

Actualmente el uso de semillas certificadas es bajo, esto principalmente se debe a que los agricultores usan su propia semilla y otros usan semilla seleccionada lo que quiere decir que los agricultores no usan semillas de calidad (Flores, Sánchez, Rodríguez, Colinas, Mora, y Lozoya, 2 009).

Los esfuerzos para desarrollar tecnologías productivas han estado dirigidos a incrementar rendimientos por unidad de superficie, lograr mayores índices de

producción, adoptando algunas alternativas de multiplicación como es el uso de semilla de producción aeropónico y buscando beneficiar a los productores. La forma convencional de producción de semilla prebásica de papa es multiplicando material limpio de cultivos in vitro en invernaderos, usando sustrato esterilizado, que consecuentemente aumenta el costo de la semilla (Mamani, 2 013).

La multiplicación del sistema aeropónico tiene el potencial para eliminar toda la generación de multiplicación de semilla de papa en el campo, así como bajar los costos y elevar la calidad y sanidad de la planta de la primera generación de la producción en campo (Nichols, 2 015). Esta es una tecnología nueva que fue usada inicialmente para la producción de hortalizas y ahora está destinada especialmente en la producción de semilla de papa ya que esta se puede utilizar para producir rendimientos más altos de hasta 10 veces que el método convencional, así como reducir la tasa de infecciones de enfermedades basadas en el suelo (Otazú, 2 010b).

El objetivo del estudio es determinar la eficiencia de la técnica de la aeroponía para la producción de semilla pre básica en la que se evaluará tres densidades de plantación utilizando plantas in vitro de papa *S. Tuberosum* L. variedad chaucha con la finalidad de obtener semillas de buena calidad sanitaria.

CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA O MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS

Flores et al,. (2 009), en su investigación estudiaron las siguientes densidades de siembra (45, 25, 16 y 8 plantas.m^{-2}), sobre la producción de minitubérculos mayores de 10 mm de diámetro. Se encontró que la densidad de 45 plantas.m^{-2} fue significativamente mayor a comparación de la densidad de 8 plantas.m^{-2} en las variables de índice de área foliar, altura de planta, teniendo en esta última un 45% de diferencia, sin embargo, para las variables biomasa total, número (16,2) y biomasa de tubérculos por planta (52,5 g) se encontró que la densidad de siembra de 8 plantas.m^{-2} fue significativamente mayor a las demás densidades.

Caicedo y Jijón (2 015), argumentan que el sistema aeropónico se lo colocó en un invernadero, se utilizó el diseño experimental de bloques completos al azar con 4 repeticiones para las variables. La temperatura en el invernadero en promedio fue de 26º C, la humedad relativa fluctuó entre 70 y 80%, se obtuvo el 84% de sobrevivencia de las plantas in vitro, el fertirriego fue de 12 segundos cada 15 minutos de la solución nutritiva y sus cambios cada 5 y 3 días, la altura máxima de las plantas fue de 187,96 cm, la primera floración fue a los 110 días del trasplante, a los 126 días del trasplante se alcanzó la formación de mini tubérculos y entre los 155 a 235 días del trasplante se cosecharon mini tubérculos de 5 a 12 g. En la densidad de siembra de 12 plantas/m^2, se consiguió 119 mini tubérculos.planta^{-1}, seguido por las densidades de 10 y 20 plantas.m^{-2} con 108 y 93 mini tubérculos.planta^{-1}, por superficie la densidad de siembra de 20 plantas.m^{-2}, consiguió 1 855 mini tubérculos.m^{-2}, seguida de la densidad de 12 plantas.m^{-2} con 1 428 mini tubérculos.m^{-2} y de 10 plantas.m^{-2}, con 1 073 mini tubérculos.m^{-2}. El mayor número de mini tubérculos tuvieron un tamaño entre 1.5 y 1,7 cm con pesos de 2 a 5 g, seguido del mini tubérculo de 1,8 a 2,5 cm y pesos de 5 a 10 g. En el peso total de los mini tubérculos por superficie, se detectaron diferencias en las densidades de siembra, obteniéndose con la densidad 20 plantas.m^{-2} con 6,60 kg.m^{-2},

seguido por la densidad de 12 plantas.m^{-2}, con 5,52 kg.m^{-2} y de 10 plantas.m^{-2}, con 4,30 kg.m^{-2}.

Macizo (2 013), determinó la producción de semilla pre básica de dos variedades de papa (*Solanum tuberosum* L.) en condiciones de hidroponía, aeroponía e hidroaeroponía y convencional en el invernadero de la Estación Experimental Agraria Santa Ana - Huancayo. Se tomaron muestras por cada una de las plantas; tanto como altura de cada una de las plantas, número de tubérculos por planta y peso de tubérculos por planta en total de 20 plantas en cada uno de los sistemas, sumados llegando en un total de 80 plantas de papa; los cuales fueron evaluados en el invernadero de la (INIA) Instituto Nacional Innovación Agraria de la Estación Experimental Santa Ana- Huancayo. Se emplearon los métodos de medidas y numerales directa en las plantas y en cada una de variedades y sistemas que se emplearon en el trabajo en estudio; en cuanto a la altura de las plantas, la variedad INIA 309 - Serranita fue ligeramente más alta que la variedad Yungay; en los cuatro sistemas, en número de tubérculos la variedad INIA 309 - Serranita fue la más productora en los cuatro sistemas a comparación de la variedad Yungay, siendo el sistema aeroponía la que más resalta en cuanto al número de tubérculos por sistema y en peso de tubérculos por planta, también la variedad INIA 309 - Serranita fue la que más pesó que la variedad Yungay en los cuatro sistemas.

Rykaczewska (2 016), evaluó la productividad de los minitubérculos de papa cultivados en cultivo aeropónico y recolectados en 14 períodos sucesivos de la temporada de crecimiento. Los minitubérculos de cvs. Ametyst y Tajfun se probaron en un campo experimental después de un período de almacenamiento. Se encontró que cv. Ametyst se caracterizó por un mayor rendimiento y número de tubérculos que el cv. Tajfun. Rendimiento del cv. Ametyst promedió 42.6 t.ha^{-1}, y cv. Tajfun 37.3 t .ha^{-1}La cantidad de tubérculos de más de 3 cm de cv. Ametyst promedió 644,2 por ha, y cv. Tajfun 437,7 por hectárea. El rendimiento y el número de tubérculos dependían de la edad fisiológica de los minitubérculos cosechados en fechas sucesivas. Al comparar la productividad de los minitubérculos cultivados en aeroponía y en el suelo, se encontró una diferencia significativa en el número de tubérculos con un diámetro transversal de más de 3 cm.

Cayambe, Montesdeoca, y Andrade-Piedra (2 010), desarrolló la evaluación de tres soluciones nutritivas para la producción de semilla pre-básica de papa en dos variedades. Donde se obtuvo un promedio de 2 001 tubérculos.m^{-2}, el análisis financiero para las interacciones con la variedad I-Fripapa, determina como única alternativa económica a la solución nutritiva número uno (Universidad de La Molina), cuyo beneficio neto fue de 537,21 USD.m^{-2}, mientras que la variedad Superchola demuestra que la solución nutritiva número tres (requerimientos nutricionales) presenta el mayor beneficio neto, equivalente a 457,78 USD.$m^{-2.}$

Saquinga, (2012), evaluó el efecto de dos tipos de biol (50% P) y al (60% K, aplicados en tres dosis (2 L/20 L) (4 L/20 L) y (6 L/20 L) de agua y tres frecuencias: a los 60, 90 y 120 días del trasplante y un testigo, en la producción de tubérculos semilla de papa variedad Superchola, cultivados en un sistema aeropónico. El tratamiento con el biol 60% de K, y dosis de 4 L/20 L produjo los mejores resultados con mayor crecimiento en altura de planta (143,60 cm), mayor número de tubérculos por planta (7,91), rendimiento (7,82 kg/tratamiento), además se obtuvo tubérculos en su mayoría de segunda categoría (37,03%) y de tercera categoría (47,99%), acortando los días a la primera cosecha (179,81).

Rocha y Barcelos (2 015), evaluaron la producción de semilla de papa en un sistema aeropónico usando humidificador de aire, en el Laboratorio de Hidroponía de la Universidad Federal de Santa Catarina en Florianópolis. El experimento se realizó en dos mostradores definitivos y se evaluó semanalmente. Los resultados demuestran que el método de aeroponía es un sistema viable para la producción de papas de siembra. Las variables evaluadas y el desarrollo de la parte vegetativa alcanzaron 39 centímetros, 70 centímetros de raíz y el número de tallos fue de 13 unidades. La mayor cantidad de tubérculos producidos en una planta fue de 12 unidades, y la clasificación más aplicada según el Ministerio de Agricultura fue el tipo III y V. Los beneficios de este sistema de producción destacan una mayor cantidad de tubérculos por planta, menor uso de agua y nutrientes, realización de cultivos espaciados, estandarización del tamaño del tubérculos cosechados y alto rendimiento en áreas pequeñas.

Factor, Campos, Coelho, Lunck, y Pereira (2 007), determinaron la producción de minitubérculos de papas básicas en tres sistemas hidropónicos de cultivo: aeropónico, DFT (flujo de flujo técnica) y NFT (nutriente film technique), bajo invernadero. Se utilizó el delineamiento experimental en bloques de parcelas subdivididas, siendo los tres sistemas hidropónicos las parcelas principales y los cultivares, Ágata y Monalisa, las sub-tramas. La masa fresca de los tubérculos no fue influenciada por los sistemas hidropónicos estudiados. En lo que se refiere a las cultivares, Monalisa presentó mayor valor de masa fresca (7,1 g), significativamente superior en comparación con Agata (5,8 g). En cuanto al número de minitubérculos por planta.m^{-2} obtuvieron valores promedio significativamente superior en el sistema aeropónico (49,3 y 874,4) en relación con los sistemas NFT (39,5 y 246,6) y DFT (41,6 y 458,0), respectivamente. La producción de minitubérculos básicos de papa puede ser realizada de manera eficiente utilizando los sistemas hidropónicos estudiados, siendo el sistema aeropónico lo que presentó los mejores resultados.

Da Silva (2 015), desarrolló y perfeccionó un sistema aeropónico para la producción de minitubérculos de papa básica y caracterizar el crecimiento de plantas de papa en el sistema aeropónico del CIP, a través de aspectos morfofisiológicos. Se realizarón tres experimentos. El primero, en casa de vegetación no climatizada, denominado “Sistema Aeropónico UFV”. En líneas generales, este sistema consiste en balde de polietileno, con orificio en la tapa para acomodar las mudas, tubería de recalque y retorno de la solución nutritiva, depósito, nebulizador, cuadro de mando y bomba. El experimento fue compuesto de seis tratamientos, en esquema factorial 3x2, resultante de tres tipos de nebulizadores y dos tipos de revestimiento interno del cubo, con y sin poliuretano. El segundo experimento, instalado en el "Sistema Aeropónico UFV" fue compuesto de ocho tratamientos, en esquema factorial 4x2, resultantes de cuatro tipos de nebulizadores y dos sentidos de nebulización en el interior del cubo, ascendente y descendente. El tercer experimento fue constituido por nueve tratamientos y ocho repeticiones, en el delineamiento experimental de bloques al azar, en sistema aeropónico propuesto por el CIP. Los muestreos de las plantas se lo realizo cada siete días. A lo largo del ciclo de la planta, la longitud del vástago principal aumenta de forma lineal; el número de hojas, el

área foliar, el índice de área foliar y las masas de las materias secas de la raíz, vástago, hoja y total varían positivamente; la proporción de área foliar, el área foliar específica, la tasa asimilatoria neta y la tasa de crecimiento relativo decrecen. La cosecha de minitubérculos se inicia dieciocho días después del trasplante de las mudas.

Bolaños (2 015), apreció el comportamiento agronómico de tres variedades de semilla de papa (v1: INIAP-Victoria, v2: INIAP- Yana-Shungo, v3: INIAP-Puca-Shungo) provenientes de diferentes orígenes de producción (o1: Hidroponía, o2: Aeroponía, o3: Agricultor). Para ambas localidades se utilizó un Diseño Experimental de Parcela Dividida con tres repeticiones y para el análisis entre localidades se utilizó un experimento en serie. La superficie de la parcela neta fue de 4.40 m2 donde se evaluaron 10 plantas por parcela. Las variables evaluadas más importantes según el objetivo de análisis de comportamiento agronómico de las variedades mejoradas del INIAP fueron, Rendimiento por planta, Rendimiento Total y Tasa de Extracción de Semilla. Resultando, la variedad INIAP-Victoria proveniente de Aeroponía como la mejor a nivel general, presentando los siguientes promedios 1,31 kg/planta de rendimiento por planta, 39 600 kg/ha de rendimiento total y 91,49 % de tasa de extracción de semilla.

2.2.CATEGORIAS FUNDAMENTALES O MARCO CONCEPTUAL

2.2.1. VARIABLE INDEPENDIENTE

Densidad de plantación

La densidad de plantación en la agricultura se refiere al número de individuos que fueron sembrados o plantados por unidad de área, por ejemplo 70.000 semillas de papa por hectárea o 45 plantas de papa por metro cuadrado. (Hernández, 2 015), para conocer la cantidad de semillas en un área determinada se necesita conocer la distancia de siembra o plantación en tal sentido. Samperio (1 999), aduce que para realizar este cálculo se debe conocer el tamaño de la planta y la duración que tendrá la instalación, ya que al tener un cultivo por mayor tiempo se necesitará de tutoreo para las plantas.

Aeroponía

Se refiere al proceso de cultivar plantas en un entorno de niebla, es decir sin hacer uso del suelo o sumergiéndola total o parcialmente en una solución nutritiva se denomina aeroponía (Agroalimetando, 2 017).

La aeroponía es una tecnología nueva para la producción de tubérculos-semilla categoría Pre básica libres de virus, hongos, bacterias y nematodos, en la cual, las raíces de las plantas están en contacto, de manera continua o discontinua a un ambiente saturado de finas gotas de una solución nutritiva. Los tubérculos-semillas de papa obtenidas son de excelente calidad, tamaño y peso apropiados para la siembra (Otazú, 2 010b).

Otazú (2 010b) argumenta que, en investigaciones realizadas en Centro Internacional de la Papa, una tecnología nueva, especialmente para la producción de semilla de papa, proveen la siguiente información:

- A nivel de invernadero la producción de semilla de papa puede ser incrementada drásticamente.
- Las variedades de papa responden diferente en aeroponía.
- El clima es un factor particularmente importante en aeroponía.
- Las cosechas son múltiples y secuenciales.
- El periodo de crecimiento de las plantas se alarga en 1 a 2 meses.
- La semilla proveniente de aeroponía produce igual que la semilla convencional.
- La inversión inicial puede recuperarse rápidamente.
- Los ingresos pueden aumentar significativamente o se puede reducir los costos de producción de la semilla de calidad de papa.
- Una técnica promisoria podría ser la inoculación con bacterias para el incremento de tuberculillos por planta.

Aeroponía de alta calidad

Posee dos depósitos, uno para pulverizar las raíces y otro para recoger el exceso de agua, esto permite pulverizar con agua fresca, lo que permite un mayor nivel de control, además esto incluye bombas de alta presión y boquillas rociadoras especiales, que al juntarlas crean una niebla con gotas invisibles a simple vista, dichas gotas tienen un tamaño menor a 50 micrones, el diseño en este tipo de aeroponía es de gran importancia ya que al tener un diseño correcto las raíces obtendrán una cantidad de agua y nutrientes uniformes y correctos (Cannabis, 2 017).

Aeroponía de baja calidad

Este tipo de aeroponía no utiliza bombas de alta presión y los materiales utilizados no son de calidad por lo que suele generar gotas ligeramente más grandes, y no hay una separación bien establecida entre los depósitos. Principalmente el agua proviene de un sólo depósito, lo que representa algunos problemas, por ejemplo, el pH de los nutrientes podría no estar en equilibrio, lo cual hace difícil controlar lo que ocurre en las raíces (Cannabis, 2 017).

Características generales sobre el sistema aeropónico

En el sistema aeropónico se presenta un crecimiento exuberante del sistema radicular, en relación con 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, la producción de mini tubérculos se incrementa durante el desarrollo del cultivo, alcanzando un pico de producción debido a que este sistema permite realizar varias cosechas, hasta que las plantas cumplan con su ciclo. Las primeras cosechas presentan tubérculos con calibres mayores a 8 g, esto permite que, puedan ser sembrados directamente en campo. Las plantas al estar cerca de finalizar su ciclo biológico, se cosechan los mini tubérculos que sean perfectamente válidos para la siembra en campo, con el fin de aumentar el rendimiento. Estos tubérculos-semillas presentan lenticelas

muy abiertas debido a la gran humedad relativa del lugar en donde se desarrollan lo que es favorable ya que así se evita la pérdida de agua y se aprovechan todas las reservas que acumulan para su crecimiento, por ello luego de la cosecha se recomienda que estos se mantengan entre 5 a 7 días a temperatura ambiente a fin de que la fisiología de la semilla no sufra antes de introducirlo en la cámara de conservación a 5°C (Otazú, 2 010a).

Fertirrigación.

La fertirrigación consiste en distribuir de manera uniforme el abono disuelto en el agua de riego, con el fin de que gota de agua contenga la misma cantidad de fertilizante, esto se lo realiza de forma fraccionada para evitar que el fertilizante se pierda por exceso, al hablar de fertirriego de lo que más se habla es del ahorro de agua sin dar gran importancia a esta técnica que es la fertirrigación ya que está a más de dar riego sirve para dar alimento en óptimas condiciones para que se pueda aprovechar inmediatamente y no tenga que transcurrir demasiado tiempo en disolverse y alcanzar las raíces (Moya, 2 009).

La fertilización sirve para emplear de manera racional los fertilizantes combinada con el agua de riego, esto ha sido clave para el incremento de las producciones agrícolas, aunque no de forma aislada ya que viene acompañado de otro medios de producción como semillas, pesticidas, maquinaria agrícola, todos ellos manejados de manera técnica (Cadahia, 2 005).

Resulta indispensable buscar alternativas tecnológicas con las que se pueda reducir los costos de producción, para obtener altos rendimientos con calidad sin deterioro de los recursos naturales, debido a la escasez de recursos hídricos destinados para la agricultura y los altos costos de los insumos agrícolas (Duarte,et al., 2 011), por esta razón Bugarin, et al., (2 002), señala que el fertirriego es una técnica primordial en sistemas hortícolas intensivos para abastecer adecuadamente con agua y fertilizantes, mediante sistemas de riego localizados. El fertirriego a pesar de presentar ventajas, aún quedan problemas a resolver como por ejemplo la cantidad y momento de aplicar las

dosis, esto para que permitan aumentar la eficiencia del aprovechamiento de los fertilizantes.

Ventajas de la fertirrigación.

Moya (2 009), atribuye que una de las principales ventajas con este sistema es la uniformidad en la distribución, ya que esta será superior a comparación de colocar la fertilización en seco, además se evitan otros defectos no menos importantes como:

- Contaminación.
- Desperdicio de fertilizante y agua.
- Costo de mano de obra.
- Salinización localizada.

Características de los nutrientes en fertirrigación.

Ramos (2 010) menciona que los nutrientes en la fertirrigación poseen las siguientes características:

Nitrógeno

El nitrógeno en forma de nitrato es totalmente móvil y su forma amoniacal pasa rápidamente a nítrica, a veces dificultada por un exceso de humedad en el bulbo. Por ello, la aplicación nitrogenada debe realizarse lo más fraccionada posible, incluso diariamente, para evitar el riesgo de lavado y pérdida de este nutriente, estas aplicaciones se las deben realizar de acuerdo con las necesidades de las plantas.

Fósforo

El fósforo, aunque en el riego por goteo es 5 a 10 veces más móvil que en el riego tradicional, sigue siendo poco móvil, no existiendo prácticamente pérdidas por lavado.

La ligera acidez del bulbo, por el empleo de abonos de reacción ácida, facilita su absorción. La aportación en el tiempo es indiferente, teniendo en cuenta que las mayores necesidades de la planta se producen en la floración y cuajado, siendo lo más importante crear una riqueza suficiente de este elemento en el bulbo.

Potasio

Es un elemento móvil pero no tanto como el nitrógeno, y su aplicación debe ser fraccionada en el tiempo, con este elemento no se debe tener preocupación en cuanto a que pueda lavarse, puede ocasionar deficiencias de Ca, Mg si se encuentra en grandes cantidades, pero se debe tener cuidado de no tenerlo en cantidades demasiado bajas ya que repercute en la reducción del tamaño del fruto y de la cosecha, es importante debido a que interviene en la regulación estomática, en los periodos de sequía y durante las heladas tardías de primavera.

Calcio

Este elemento puede sufrir una reducida asimilación por parte de la planta, en presencia del potasio, así como en condiciones muy ácidas. En estas condiciones el poco calcio asimilado queda retenido en las hojas y los frutos sufren una grave deficiencia, que se manifiesta en una mala conservación (bitter-pit; rajado; podredumbres; etc.). Es necesario efectuar aportaciones específicas, tanto en el riego, como en pulverización, en aquellas situaciones donde se presentan estos riesgos.

Magnesio

Nutriente esencial y abundante en nuestras condiciones, pero que observamos su paulatino empobrecimiento en nuestros regadíos con aguas de superficie, en general bastante puras procedentes de la lluvia o de la fusión de las nieves. Esto se debe a que hay lavado del magnesio y se produce desequilibrio con el abonado potásico, en consecuencia, es imprescindible la aportación de sales de magnesio en la Fertirrigación.

Microelementos

Con el riego localizado, obligamos a la planta a vivir en un reducido volumen de suelo, que agota rápidamente la disponibilidad de micronutrientes, haciéndose imprescindible su aplicación sistemática en algunas fincas, por fertirrigación o por vía foliar.

El hierro tiene un uso muy generalizado, dados los contenidos elevados de caliza en nuestros suelos, que provocan clorosis en el cultivo. Se aplica en forma de quelato EDDHA, único adecuado para condiciones de elevada alcalinidad del medio. A medida que la plantación en riego localizado va desarrollándose, por razón de la acidificación del volumen húmedo, puede
n emplearse con éxito otros tipos de quelatos de hierro o incluso las soluciones de sulfato ferroso con nitratos amónicos incorporados directamente en la fertirrigación.

El resto de micronutrientes presenta menos problemas salvo cuando se presentan incompatibilidades con otros elementos. Los tratamientos anticriptogámicos, si efectúan una rotación de sustancias activas, aportan en general, cantidades de los micronutrientes necesarios.

Soluciones nutritivas

Las soluciones nutritivas sirven como abono líquido para que las plantas puedan crecer y desarrollarse, siempre y cuando las soluciones nutritivas estén bien dosificadas y mantengan su composición (Finck, 1 985).

Una solución nutritiva es una mezcla de elementos nutritivos en solución, cuya concentración y relaciones elementales favorecen la absorción nutrimental por el cultivo (Castellanos, 2 009).

Las soluciones nutritivas se componen de los minerales en la fuente del agua y de los nutrientes añadidos con los fertilizantes, para la elección de los fertilizantes y las

cantidades que se debe usar de cada fertilizante dependen mucho del contenido inicial de la fuente del agua, la conductividad eléctrica que es necesaria para dar un seguimiento a los fertilizantes y el rango óptimo de pH para la solución nutritiva que va desde 5.8-6.8, debido a que los nutrientes son asimilables en este rango de pH (Sela, 2 017).

Andrade-Piedra et al., (2 015b), mencionan que el aditamento de los nutrientes en la solución nutritiva afecta directamente el potencial hidrógeno (pH), este es una medida de acidez o alcalinidad de la solución nutritiva.

Potencial Hidrógeno (pH)

En las plantas es de gran importancia el pH, ya que al poseer un rango que sea muy alto o muy bajo, puede ocasionar toxicidad, además que posee un papel importante por la disponibilidad de nutrientes (Andrade-Piedra, Barona, Benítez, Chuquillanqui, García, Kromann, Mateus-Rodríguez, et al., 2 015)

Las correcciones en la solución nutritiva se llevan a cabo con el uso de ácidos: nítrico, sulfúrico o fosfórico. Tales ácidos se pueden utilizar de forma individual o combinada. Si es necesario subir el pH, se recomienda el uso de hidróxidos, especialmente de potasio. El pH ideal de la solución nutritiva para un sistema aeropónico es ligeramente ácido, entre 6,5 y 6,8 (Andrade-Piedra, Barona, Benítez, Chuquillanqui, García, Kromann, Mateus-Rodríguez, et al., 2 015)

El potencial osmótico es la concentración de sales minerales en la solución nutritiva y se mide mediante la conductividad eléctrica (CE). Por lo tanto, hay una relación lineal entre el potencial osmótico y la CE. Para un sistema aeropónico la conductividad eléctrica ideal es de 1,5 a 2,5 $dS.m^{-1}$, valores altos de esta dificultan la absorción de nutrientes por el aumento de la presión osmótica, mientras que valores bajos pueden afectar severamente el desarrollo de la planta y su rendimiento, debido a la deficiencia de nutrientes (Otazú, 2 009)

2.2.2. VARIABLE DEPENDIENTE

Calibre de las semillas-tubérculos de papa.

El calibre se refiere al tamaño predominante de los tubérculos de papa y se define según el diámetro transversal expresado en milímetros (Pacheco y Pérez, 2 013).

Peso de las semillas-tubérculos de papa

El peso aproximado de cada semilla de papa comprende entre 2 a 10 g siendo apropiado el uso de las semillas para colocarlas en el campo con un peso mayor a 5 g, debido a que las semillas con menor peso presentan complicaciones fitosanitarias (Albán, Montesdeoca, Cuesta, y Kromann, 2 015)

Rendimiento.

El rendimiento se refiere a la relación de la producción total de un cierto cultivo cosechado por hectárea de terreno utilizada, esta se la mide generalmente en toneladas por hectárea (EcuRed, 2 017)

La información de rendimiento expresada en forma relativa presenta una serie de ventajas porque permite utilizar datos expresados en varias unidades ($kg.Ha^{-1}$, $kg.m^{-2}$, $g.m^{-2}$, $g.maceta^{-1}$) de distintas variedades, producidas en diferentes climas y provenientes de años diferentes (EcuRed, 2 017)

Floración.

La floración es señal de que la papa comienza a emitir estolones o que inicia la tuberización. Cuando se trata de aeroponía se puede observar que, para variedades precoces esto ocurre a los 40 días después del trasplante; en variedades intermedias,

entre los 40 y 50 días; y en variedades tardías, entre los 50 y 80 días (Andrade-Piedra, Barona, Benítez, Chuquillanqui, García, Kromann, Mateus-Rodriguez, et al., 2 015a)

Altura de la planta.

En aeroponía, la relación de altura de planta se observa hasta 80 días después del trasplante ya que existe crecimiento de follaje y de raíces en forma simultánea (Andrade-Piedra, Barona, Benítez, Chuquillanqui, García, Kromann, Mateus-Rodriguez, et al., 2 015a).

2.2.3. UNIDAD DE ANÁLISIS

El cultivo de papa - semilla

Las investigaciones de la papa en los países en desarrollo deben incluir una serie de áreas prioritarias. Debido a que la utilización de cantidades apropiadas de semilla limpia es lo primordial para mejorar la productividad y el rendimiento además que se reducirá el uso de fertilizantes, herbicidas, pesticidas, fungicidas y nematicidas. A través de la investigación se han obtenido resultados prometedores con esfuerzos de extensión que promueven el uso de la selección positiva, semilleros de pequeña escala y la aeroponía que está dirigida a mejorar la calidad de las semillas de los agricultores (Lutaladio, Ortiz, Haverkort, y Caldiz, 2 009).

La técnica de cultivo sin suelo es una metodología ideal para obtener tubérculos semilla de categoría prebásica de papa. Los tubérculos semillas de papa obtenidos son de excelente calidad, tamaño y peso apropiados para la siembra; por esta razón, aquellos futuros productores de semilla prebásica con la tecnología de aeroponía podrán tener mayores ingresos económicos por la venta de mini tubérculos de papa, libres de fitopatógenos como; virus, hongos y bacterias (Mateus y Chuquillanquí, 2 008).

Debido al alto costo y limitado acceso de semilla de papa de calidad, la mayoría de productores de papa de los países en desarrollo no usan este tipo de semilla, por lo que existe la necesidad de contar con métodos eficientes para producir semillas de calidad accesibles para los pequeños agricultores y a menores costos (Otazú, 2 010a).

Temperatura para la producción de papa-semilla en aeroponía.

Se debe contar con un termómetro en el interior del invernadero ya que temperaturas nocturnas mínimas por debajo de 4 ºC son muy bajas para aeroponía; a sí mismo temperaturas máximas (diurnas) por encima de 30 ºC son muy calientes. Cuando empieza la tuberización es deseable que las temperaturas máximas nocturnas estén en el rango de 10-15 ºC y las temperaturas diurnas estén alrededor de 20 ºC. Las mallas sombreadoras ayudan mucho a reducir las temperaturas diurnas. Además, manifiesta que cuando las temperaturas se elevan demasiado, ayuda colocar bolsas de plástico con hielo en el interior del tanque que contiene la solución nutritiva, también se pueden usar equipos de enfriamiento, pero esto eleva los costos de producción (Otazú, 2 010a).

Producción de papa-semilla.

La producción de semilla requiere inspecciones por agencias certificadoras para asegurar la calidad requerida de la semilla que va a ser distribuida para cultivos comerciales, por lo general la mayoría de los programas de producción de semilla inician, cada año, con tubérculos que han sido certificados como libres de enfermedades virales (semilla prebásica), de esta manera estos tubérculos posteriormente se multiplican 3 a 4 veces en el campo para producir semilla bajo estrictas prácticas de manejo (Méndez, 2 016).

CAPÍTULO III

HIPÓTESIS Y OBJETIVOS

3.1. HIPÓTESIS

H0: La mayor producción de semilla prebásica de papa se encontrará en la densidad de plantación de 16 plantas por $m^{2.}$

3.2. OBJETIVOS

3.2.1. OBJETIVO GENERAL

Evaluar tres densidades de plantación para la producción de semilla prebásica de papa variedad chaucha.

3.2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

Determinar la producción de semillas prebásica de papa en base a su peso por planta.

Establecer el rendimiento por m^2 de la producción de semilla prebásica de papa para cada tratamiento.

CAPÍTULO IV

MATERIALES Y MÉTODOS

4.1.UBICACIÓN DEL EXPERIMENTO (ENSAYO)

El ensayo experimental se realizó en el campus Querochaca, de la Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Técnica de Ambato, ubicado a 2 865 msnm (01°22’02’’S; 78°36’20’O) en el Cantón Cevallos (Instituto Nacional de Meteorologia e Hidrologia del Ecuador, 2 016).

4.2.CARACTERÍSTICAS DEL LUGAR

4.2.1. Agua.

El agua utilizada en la Granja Experimental Docente Querochaca proviene del canal Ambato- Huachi - Pelileo, pH: 7,82, C.E: 0,3 milimhos.cm^{-1}, alcalinidad: 140,2 mg.L^{-1}, y una dureza total: 110,2 mg.L^{-1} (Cajo, 2 016).

4.3.EQUIPOS Y MATERIALES

4.3.1. Materiales de la cubierta plástica.

- Cubierta plástica de 8m x 7m
- Plásticos calibres 6 y 8
- Sarán de color negro 10%
- Alambre N° 10

4.3.2. Materiales de los módulos aeropónicos.

- Armazón de madera de 3 x 1m
- Planchas de espuma flex de 5cm de espesor
- Planchas espuma flex de 1 cm de espesor
- Plástico de color negro doble ancho (calibre 8)
- Tubería PVC de 1”
- Accesorios PVC de (1” y ¾”)
- Manguera de ¾ y abrazaderas.

4.3.3. Materiales del equipo de riego.

- Electro - bomba de ½ HP.
- Tubería de succión con válvula de pie
- Tanque plástico de 250 litros.
- Acoples y mangueras
- Programador de riego
- Boquillas nebulizadoras 4 por metro cuadrado.

4.3.4. Otros materiales

- Sustrato.
- Botellas plásticas vacías.
- Vasos plásticos.
- Piola.
- Escalera.
- Carretilla.
- Palas
- Baldes plásticos
- Bandejas de plástico
- Jarras plásticas

- Pisetas.
- Pinzas.
- Tijeras
- Servilletas.
- Fundas plásticas
- Guantes quirúrgicos
- Alcohol
- Cloro
- Bomba de fumigar.
- Termómetros.
- Vasos de precipitación.
- Taladro.

4.3.5. Fertilizantes para preparar la solución nutritiva

- Nitrato de calcio
- Sulfato de magnesio
- Sulfato de potasio
- Nitrato de potasio
- Nitrato de amonio
- Quelato de Fe 10%
- Ácido fosfórico 85 %
- Fertilizante foliar.
- Fosfitos de potasio.
- Muriato de potasio.

4.3.6. Insecticidas y fungicidas para el control de plagas y enfermedades.

- Spinosad
- Abamectina
- Difenoconazole

- Ciproconazole
- Propamocarb y fosetilo

4.3.7. Equipos.

- Equipo de pH.
- Equipo de conductividad eléctrica.
- Balanza analítica.

4.4. FACTORES EN ESTUDIO

Densidad de plantación:

0,20 m entre plantas x 0,20 m entre hileras

0,25 m entre plantas x 0,25 m entre hileras

0,30 m entre plantas x 0,30 m entre hileras.

4.5. TRATAMIENTOS

(T 1): 25 plantas por m^2

(T 2): 16 plantas por m^2

(T 3): 9 plantas por 0,81 m^2

4.6. DISEÑO EXPERIMENTAL

El ensayo fue conducido en un diseño de bloques completos al azar, con 3 repeticiones. Los datos fueron sometidos a un análisis de variancia (ADEVA) y aquellos que mostraron diferencias significativas fueron comparados mediante prueba de medias según Tukey al 5%, para diferenciar entre tratamientos.

4.7. MANEJO DEL EXPERIMENTO

4.7.1. Preparación de la solución nutritiva.

Para la preparación se tomó como referencia a la solución preparada en la Universidad Nacional La Molina (UNALM), se determinó la formulación requerida de la solución nutritiva para la investigación, tanto inicial como final, la misma que se utilizó para un volumen de 250 L. cuando fue necesario corregir el pH de la solución nutritiva se empleó ácido fosfórico.

Tabla 1. Solución UNALM inicial y ajuste final para producción de semilla-tubérculo de papa (*Solanum Tuberosum L.*) variedad chaucha

Fertilizante	SOLUCIÓN INICIAL (250 L)					SOLUCIÓN FINAL (250 L)				
	Ppm				g/L.	Ppm				g/L.
Nitrato de calcio	NO_3	107,81	Ca	154,23	157,9	NO_3	107,81	Ca	154,23	157,9
Sulfato de magnesio	SO_4	242,83	Mg	92,22	114,2	SO_4	242,83	Mg	92,22	114,2
Sulfato de potasio	SO_4	609,02	K_2	147,71	82,3	SO_4	84,05	K_2	204,96	114,2
Nitrato de potasio	NO_3	44,79	K	124,78	80,8	NO_3	59,87	K	166,79	108,4
Nitrato de amonio	NO_3	3,70	NH_4	18	8,6	NO_3	27,80	NH_4	135,24	64,6
Quelato de Hierro	-	-	-	-	7,5	-	-	-	-	15,0
Ácido Fosfórico	-	-	-	-	24,8	-	-	-	-	22,00

Fuente: (Andrade-Piedra, Barona, Benítez, Chuquillanqui, García, Kromann, Mateus-Rodriguez, et al., 2 015)

1. Se pesó las cantidades requeridas de los diferentes fertilizantes.
2. Los fertilizantes se disolvieron de manera separada en recipientes con medio litro de agua y para disolver el sulfato de potasio se empleó agua caliente.
3. Se llenó con agua a la mitad del tanque de 250 L y luego se agregó los fertilizantes disueltos, uno por uno, agitando la solución mientras se los coloca.
4. Se midió el pH y la conductividad eléctrica de la solución nutritiva todos los días.
5. Se llenó el tanque con agua hasta completar los 250 L.
6. Se agitó la solución para que los nutrientes se distribuyan en forma homogénea.
7. La aplicación del fertirriego se realizó con frecuencia de 20 minutos y el tiempo de riego fue de 10 segundos.

4.7.2. Acondicionamiento de plántulas in vitro.

El material para el trasplante necesitó un proceso de adaptación, este consiste en proporcionar los factores ambientales óptimos para lograr una transición gradual del ambiente in vitro al ambiente ex vitro.

- **Ambiente para el acondicionamiento de las plántulas en los vasos con sustrato.**

Las plántulas in vitro pasaron en el cuarto de aclimatación de los laboratorios de investigación de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la UTA, por un periodo de 21 días antes el trasplante definitivo, protegidos bajo sombra los primeros días, con una temperatura de 15 a 20 ^{o}C y una humedad relativa de 80 a 90%.

Procedimiento:

- Se extrajo las plántulas in vitro de los tubos de ensayo con ayuda de una pinza anatómica.
- Se lavaron las raíces de las plántulas in vitro con agua tibia para desprender el agar y luego con agua potable para limpiar por completo

- Se utilizó sustrato Agrownomy Professional de una porosidad de 0-5% y se desinfectó con hipoclorito de sodio.
- Se utilizaron vasos plásticos N°5, y se llenaron con sustrato.
- Se humedeció el sustrato y se hizo agujeros de 0.5cm de profundidad.
- Se trasplantaron las plántulas in vitro a los vasos plásticos con sustrato.
- Se cortaron botellas plásticas de 2 litros en donde se colocaron los vasos plásticos con las plántulas, para acondicionar en un micro clima.

4.7.3. Trasplante a módulos aeropónicos.

- Se retiraron las plántulas de los vasos plásticos de acondicionamiento con cuidado, limpiando las raíces para que no contengan restos de sustrato.
- Se desinfectaron las raíces de las plántulas con hipoclorito de sodio al 0,1%, luego se lavó con agua potable.
- Se colocó las plántulas desinfectadas en una bandeja con papel toalla húmedo, mientras se realizaba la colocación en el orificio de la espuma flex del módulo mediante el uso de un anillo de manguera ciega y retenido por una esponja.

4.8. VARIABLES RESPUESTAS

4.8.1. Altura de planta a la floración

Se registraron los datos de 4 plantas por tratamiento, en cada una de las repeticiones, la altura de la planta se midió cuando el 50% de las plantas entraron en la fase de floración, para lo cual se utilizó un flexómetro y los datos se expresaron en centímetros (cm).

4.8.2. Días a la floración

Se registró los días transcurridos desde el trasplante, hasta cuando el cultivo presentó el 50% de floración de las plantas de cada uno de los tratamientos.

4.8.3. Número de tubérculos-semilla por planta

Se contabilizó el número de semilla-tubérculos producidos por planta de cada tratamiento a la cosecha. La primera cosecha se realizó a los 117 días del trasplante y las dos siguientes con intervalos de una semana.

4.8.4. Peso total de las semillas-tubérculos

Se registró el peso total de los tubérculos cosechados por planta, se expresó en gramos, el peso se lo obtuvo utilizando una balanza.

4.8.5. Rendimiento

Para la variable rendimiento se tomó en cuenta el peso total de los tubérculos por metro cuadrado.

4.8.6. Calibre de las semillas-tubérculos de papa

Se tomó datos del tamaño de las semillas-tubérculos de papa según el diámetro ecuatorial expresado en milímetros, utilizando un calibrador vernier.

4.9. PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

Para el procesamiento de la información se utilizó el programa estadístico INFOSTAT. Se realizó el Análisis de Varianza (ADEVA) y las fuentes de variación que resultaron significativas, se realizaron pruebas de comparación de Medias (Tukey 5%).

CAPÍTULO V

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La altura de planta a la floración (Tabla 2) se encuentra entre 114 y 130 cm como promedio, no siendo significativas entre los diferentes tratamientos, debido a la genética de la variedad. García (2 013) en su trabajo de producción de semilla prebásica de papa encontró resultados similares con una altura de 126 cm. Además, en el trabajo de Aguilar (2 015) se encontraron valores de 97 a 136 cm manejando densidades de siembra de 12 y 25 plantas por m^2.

La variable días a la floración (Tabla 2) presentó diferencia estadística significativa siendo el tratamiento de 25 plantas por m^2 (T 1) superior con promedio de 86,33, mientras que el tratamiento con 9 plantas por m^2 (T 3) con promedio de 73,33. Aguilar (2 015) en su estudio reporta resultados similares con valores promedios de 92 a 97 días.

Para la variable número de tubérculos-semilla de papa por planta se encontró diferencia estadística significativa siendo el tratamiento que se utilizaron 25 plantas por m^2 (T 1) superior con promedio de 119 tubérculos, mientras que el tratamiento con 9 plantas por m^2 (T 3) con promedio de 92 tubérculos (Tabla 2). Caicedo y Jijon (2016) reportan en su estudio resultados similares con valores de 93 a 119 tubérculos por planta. Estos resultados ratifican lo mencionado por Wiersema (1 987) quien establece que el uso de una densidad de plantación óptima evita la competencia entre las plantas, por lo tanto, no existe estrés en la misma, permitiéndole un desarrollo óptimo, donde podrá formar tantos tubérculos como su genética lo permita. Aparte de la densidad de siembra, el número de tubérculos por planta está determinado por la variedad, el estado fisiológico del tubérculo semilla al momento de la siembra y las condiciones ambientales donde se cultiva (Seminario et al., 2 017; Estrada 1 994).

Las variables peso total de semillas - tubérculos y calibre de las semillas tubérculos de papa guardan una relación directamente proporcional. De esta manera el tratamiento con 25 plantas por m^2 (T 1) mostró un peso promedio de 261,42 g por planta y un calibre

promedio de 4,91 mm por tubérculo, mientras que el tratamiento con 9 plantas por m^2 (T 3) el peso promedio por planta es de 533,36 g y un calibre de 10,69 mm, siendo significativamente superior los resultados obtenidos en el (T 3). Esto tiene relación con lo reportado por Caicedo y Jijón (2 016) quienes afirmaron que a menor cantidad de plantas el peso permite obtener semillas – tubérculos con un calibre de semillas superior, en ambos casos el calibre menor a 5 mm no es utilizable por que presenta problemas fitosanitarios en el cultivo para obtención de semilla básica y los tuberculillos de calibre superior a 10 mm, originan un mayor volumen de semilla para la siembra, es por esto que la densidad de 16 plantas por metros cuadrado es la óptima, ya que el calibre de los tubérculos es superior a 5 mm y la producción por planta es de 449,36 g.

La variable rendimiento presentó diferencia estadística significativas entre tratamientos (Tabla 2), encontrándose el mayor rendimiento en el tratamiento con 16 plantas por m^2 (T 2) donde se obtuvo un promedio de 7 189,76 g . m^{-2}, lo cual coincide con los hallazgos de Aguilar (2 015) quien encontró resultados similares con 7 374,4 g . m^{-2}.

Tabla 2. Resultados de las variables con los diferentes tratamientos

VARIABLES	TRATAMIENTOS					
	(T 1)	(T 2)	(T 3)	E.E.[1]	C.V[2]	P-valor[3]
Altura de planta a la floración (cm)	130,00 a	119,00 a	114,00 a	0,07	9,56	0,3204
Días a la floración	86,33 a	78,67 ab	73,33 b	2,19	4,77	0,0159
Número de semillas - tubérculos de papa por planta	119,00 a	107,00 ab	92,00 b	3,46	5,66	0,0044
Peso total de semillas - tubérculo (g)	261,42 c	449,36 b	533,36 a	81,04	9,92	0,9535
Calibre de las semillas – tubérculos de papa (mm)	4,91 b	8,80 a	10,69 a	0,66	13,97	0,0022
Rendimiento (g . m^{-2})	6535,50 b	7189,76 a	4800,24 c	139,77	3,92	0,0001

[1]E.E.: Error estándar. [2]C.V.: Coeficiente de variación (%) [3]P.: Probabilidad.

[a-c] Medidas en la fila seguida de letras diferentes indican diferencias significativas (P<0,05)

CAPÍTULO VI
CONCLUSIONES, BIBLIOGRAFÍA Y ANEXOS.

6.1. CONCLUSIONES

Al culminar el trabajo de investigación "Incidencia de la densidad de plantación en la producción de semilla prebásica de papa *(Solanum tuberosum L.)* variedad chaucha en el sistema aeropónico, en la granja experimental Querochaca, Tungurahua, Ecuador" se concluye lo siguiente:

Existe una diferencia marcada en la respuesta del cultivo *(Solanum tuberosum L.)* variedad chaucha, frente a los tratamientos planteados en base a las densidades de plantación en el sistema aeropónico, en cual se determinó que la producción de semillas prebásica de papa por planta y el rendimiento por metro cuadrado óptimo se encuentra en la densidad de 16 plantas por m^2 , esto está relacionado por el rendimiento por planta, y la cantidad uniforme de tuberculillos de calibre ideal para la siembra con fines de obtener papa semilla básica.

Con respecto a la hipótesis en la que se manifiesta que la mayor producción de semilla se encontrará en la densidad de plantación de 16 plantas por m^2 se acepta debido a la calidad y cantidad de semilla prebásica para el cultivo con la finalidad de obtener semilla básica.

.

6.2. BIBLIOGRAFÍA

Agroalimentando. (2017). Ciencia y tecnología aplicadas a la agricultura y a la alimentación.Recuperado de:http://www.agroalimentando.com/nota.php?id_nota=761

Albán, W., Montesdeoca, F., Cuesta, X., & Kromann, P. (2015). *Evaluación de Tres Sistemas de Manejo Para Minitubérculos Provenientes del Sistema de Producción Aeropónico de Dos Variedades de Papa (Solanum tuberosum) en Cutuglahua, Pichincha 2015*. Cutuglahua, Pichincha.

Andrade-Piedra, J., Barona, D., Benítez, J., Chuquillanqui, C., García, M., Kromann,y Potosí, B. (2015). *Manual para la producción de semilla de papa usando aeroponía: diez años de experiencias en Colombia, Ecuador y Perú*. https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/j.exppara.2007.03.003

Andrade-Piedra, J., Barona, D., Benítez, J., Chuquillanqui, C., García, M., Kromann, P.,y Potosí, B. (2015a). *Manual para la producción de semilla de papa usando aeroponía: diez años de experiencias en Colombia, Ecuador y Perú*. (J. Andrade-Piedra, P. Kromann, & V. Otazú, Eds.). https://doi.org/10.4160/9789290604556

Andrade-Piedra, J., Barona, D., Benítez, J., Chuquillanqui, C., García, M., Kromann, P., Potosí, B. (2015b). *Manual para la producción de semilla de papa usando Aeroponía* (Vol. 8). Retrieved from http://cipotato.org/wpcontent/uploads/2016/04/poster_p_kromann.pdf

Aguilar, M. (2015). *DENSIDAD DE POBLACIÓN EN CULTIVO HIDROPÓNICOPARA LA PRODUCCIÓNDE TUBÉRCULO-SEMILLADE PAPA (Solanum tuberosum L).* Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/317444327_Densidad_de_poblacion_en_cultivo_hidroponico_para_la_produccion_de_tuberculo-semilla_de_papa_Solanum_tuberosum_L.

Bolaños, A. (2015). *EVALUACIÓN DE DIFERENTES ORÍGENES DE SEMILLA DE PAPA (Solanum tuberosum L.) PROVENIENTES DE TRES SISTEMAS DE PRODUCCIÓN EN DOS LOCALIDADES DE LA SIERRA ECUATORIANA TESIS*. UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR.

Bugarín, R., Baca, G., Martínez , J, y Tirado, J.(2002). *AMONIO/NITRATO Y*

CONCENTRACION IONICA TOTAL DE LA SOLUCION NUTRITIVA EN CRISANTEMO. II. EXTRACCION NUTRIMENTAL DE HOJAS. Retrieved from https://chapingo.mx/terra/contenido/16/2/art125-134.pdf

Cadahia, C. (2005). *Fertirrigación. Cultivos hortícolas, frutales y ornamentales.* (3 Edición). Madrid, España. Retrieved from https://www.mundiprensa.com/catalogo/9788484762478/fertirrigacion--cultivos-horticolas--frutales-y-ornamentales-

Caicedo, W., & Jijón, D. (2015). *"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."* UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE.

Cajo, A. (2016). *PRODUCCIÓN HIDROPÓNICA DE TRES VARIEDADES DE LECHUGA (Lactuca sativa L), BAJO EL SISTEMA NFT, CON TRES SOLUCIONES NUTRITIVAS.* Universidad Técnica de Ambato. Retrieved from http://repo.uta.edu.ec/bitstream/123456789/23421/1/Tesis-136 Ingeniería Agronómica -CD 413.pdf

Cannabis. (2017). Sistemas Aeropónicos. Retrieved February 15, 2018, from https://www.cannabis.info/es/blog/cultivar-sistemas-aeroponicos

Castellanos, J. (2009). Las soluciones nutritivas para cultivos protegidos. Retrieved February 15, 2018, from https://www.intagri.com/articulos/nutricion-vegetal/soluciones-nutritivas-para-cultivos-protegidos

Cayambe, J., Montesdeoca, F., & Andrade-Piedra. (2010). PRODUCCIÓN DE SEMILLA PREBÁSICA DE PAPA EN EL SISTEMA AEROPÓNICO EN ECUADOR: EVALUACIÓN DE SOLUCIONES NUTRITIVAS. *INIAP*, 101–103.

Da Silva, J. (2015). *DESENVOLVIMENTO E OTIMIZAÇÃO DE SISTEMA AEROPÔNICO PARA A PRODUÇÃO DE MINITUBÉRCULOS DE BATATA-SEMENTE*. Universidade Federal de Viçosa - Câmpus Viçosa. Retrieved from http://www.locus.ufv.br/bitstream/handle/123456789/6906/textocompleto.pdf?sequence=1

Duarte, C., González, F., Campos, O., & Pedroso, M. (2011). Criterios de curvas de

acumulación de biomasa para la dosificación de la fertirrigación ecológica del tomate en organopónico. *Ingeniería Agrícola*, *1*. Retrieved from https://www.rcta.unah.edu.cu/index.php/IAgric/article/view/533

EcuRed. (2017). Rendimiento agrícola. Retrieved February 15, 2018, from https://www.ecured.cu/Rendimiento_agrícola

Factor, T. L., Campos, J. A., Coelho, F. P., Lunck, V., & Pereira, G. E. (2007). PRODUÇÃO DE MINITUBÉRCULOS DE BATATA - SEMENTE EM SISTEMAS HIDROPÔNICOS NFT, DFT e AEROPONIA. *Tese-Unesp (Jaboticabal)*, 4–7. Retrieved from http://www.abhorticultura.com.br/eventosx/trabalhos/ev_1/a116_t1114_comp.pdf

Finck, A. (1985). *Fertilizantes y fertilización : fundamentos y métodos para la fertilización de los cultivos*. Barcelona, España: Reverté.

Flores, R., Sánchez, F., Rodríguez, J., Colinas, M., Mora, R., & Lozoya, H. (2009). DENSIDAD DE POBLACIÓN EN CULTIVO HIDROPÓNICO PARA LA PRODUCCIÓN DE TUBÉRCULO-SEMILLA DE PAPA (Solanum tuberosum L.). *Instituto de Horticultura*, *2*(3), 251–258.

García, L.(2013). *"EVALUACIÓN TÉCNICA, ECONÓMICA Y DE SUSTENTABILIDAD DE DOS MÉTODOS DE PRODUCCIÓN DE SEMILLA PRE BÁSICA DE PAPA (Solanum tuberosum L.) BAJO INVERNADERO"*. Retrieved from *http://repositorio.educacionsuperior.gob.ec/bitstream/28000/1341/1/T-SENESCYT-00467.pdf*

Hernández, F. (2015). La Densidad de Siembra de los Cultivos. Retrieved February 15, 2018, from http://www.agro-tecnologia-tropical.com/densidad_de_siembra.html

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA E HIDROLOGIA DEL ECUADOR. (2016). *Boletin Climatologico Semestral 2016*. Quito, Ecuador.

Lutaladio, N., Ortiz, O., Haverkort, A., & Caldiz, D. (2009). Sustainable potato production GUIDELINES FOR DEVELOPING COUNTRIES. Retrieved from http://www.fao.org/3/a-i1127e.pdf

Macizo, R. (2013). *"COMPORTAMIENTO DE DOS VARIEDADES DE PAPA (Solanum tuberosum L.) PARA LA PRODUCCIÓN DE SEMILLA PRE BÁSICA SEGÚN LAS ALTERNATIVAS EN LOS SISTEMAS CLÁSICOS, HIDROPONÍA,*

AEROPONÍA E HIDROAEROPONÍA."

Mamani, H. (2013). *EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO DE SEIS VARIEDADES DE SEMILLA PRE- BÁSICA DE PAPA (Solanum tuberosum ssp andígena, Solanum stenotomum sp.) PROVENIENTES DE DOS SISTEMAS (AEROPÓNICO Y CONVENCIONAL) PARA LA PRODUCCIÓN DE SEMILLA BÁSICA, EN LA PROVINCIA AYOPAYA DE*. Universidad Mayor de San Andrés.

Mateus, J., & Chuquillanquí, C. (2008). PRODUCCION DE SEMILLA DE PAPA EN UN SISTEMA AEROPONICO. Retrieved February 15, 2018, from https://research.cip.cgiar.org/confluence/display/redlatinpapa/Innovacion+Semillas

Méndez, P. (2016). *Producción de Papa Semilla*. Temuco, Chile. Retrieved from http://www2.inia.cl/medios/biblioteca/informativos/NR40395.pdf

Morales-Garzón, F. J. (2007). Sociedades precolombinas asociadas a la domesticación y cultivo de la papa (Solanum tuberosum) en Sudamérica. *Revista Latinoamenricana de La Papa*, *14*(1), 1–9.

Moya, J. . (2009). *Riego localizado y fertirrigación*. Mundi-Prensa. Madrid. Retrieved fromhttps://books.google.com.ec/books?hl=es&lr=&id=la0SAQAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA1&dq=Moya,+J.+.+(2009).+Riego+localizado+y+fertirrigacio%CC%81n.&ots=1DVZ_p2YYx&sig=r9nIxm2eI27959nvXvCNASEzlaE#v=onepage&q=Moya%2C%20J.%20.%20(2009).%20Riego%20localizado%20y%20fertirrigacio%CC%81n.&f=false

Nichols, M. (2015). *Aeroponía y papas*. Nueva Zelanda. Retrieved from https://www.researchgate.net/profile/Michael_Nichols4/publication/267789742_AEROPONIA_Y_PAPAS/links/54b6b2d40cf24eb34f6d6eae.pdf

Otazú, V. (2009). MANUAL DE PRODUCCION DE SEMILLA DE PAPA DE CALIDAD USANDO AEROPONIA* (p. 36).

Otazú, V. (2010a). CIP MANUAL PAPA, Lima. 46.

Otazú, V. (2010b). *Manual de producción de semilla de papa de calidad usando aeroponía*. Lima, Perú.

Pacheco, P., & Pérez, A. (2013). *Ficha técnica de calidad de papa Comisión Administradora*.

Ramos, F. (2010). *Nutricion vegetal*. Aguascalientes, México. Retrieved from

http://www.fernandoramos.net/nutricion/manual.pdf

Rocha, D., & Barcelos, J. (2015). *Produção de batata semente em sistema aeropônico*. Universidade Federal de Santa Catarina. Retrieved from https://repositorio.ufsc.br/xmlui/bitstream/handle/123456789/159751/DIEGO ROCHA MACEDO.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Rykaczewska, K. (2016). Field performance of potato minitubers produced in aeroponic culture. *Plant, Soil and Environment*. https://doi.org/10.17221/419/2016-PSE

Samperio, G. (1999). *HIDROPONIA BASICA. EL CULTIVO FACIL Y RENTABLE DE PLANTAS SIN TIERRA.* Diana. Retrieved from https://www.elsotano.com/libro-hidroponia-basica-el-cultivo-facil-y-rentable-de-plantas-sin-tierra-20002095

Saquinga, S. (2012). *PRODUCCIÓN DE TUBÉRCULO SEMILLA DE PAPA (Solanum tuberosum), CATEGORÍA PREBÁSICA UTILIZANDO BIOL EN UN SISTEMA AEROPÓNICO EN EL CANTÓN MEJÍA, PROVINCIA DE PICHINCHA*. Retrieved from file:///C:/Users/dell/AppData/Local/Mendeley%20Ltd./Mendeley%20Desktop/Downloaded/Saquinga%20-%202012%20-%20PRODUCCIÓN%20DE%20TUBÉRCULO%20SEMILLA%20DE%20PAPA%20(%20Solanum%20tuberosum%20),%20CATEGORÍA%20PREBÁSICA%20UTILIZANDO%20BIOL%20EN%20UN%20SISTEMA%20AEROP.pdf

Sela, G. (2017). Soluciones Nutritivas en Hidroponía. Retrieved February 15, 2018, from http://www.smart-fertilizer.com/es/articles/hydroponic-nutrient-solutions

Seminario, C., Seminario, C., Domínguez P., & Escalante, Z.(2017). Rendimiento de cosecha de diecisiete cultivares de papa (Solanum tuberosum L.) del grupo Phureja. Scientia agropecuaria. Retrieved from http://www.scielo.org.pe/pdf/agro/v9n3/a11v9n3.pdf

Tapia, M., & Fries, A. (2007). *Guía de Campo de los Cultivos Andinos*. Lima: FAO y ANPE.

WIERSENA, S. (1988). Efecto de la densidad de tallos en la producción de papa.

Centro Internacional de la Papa. Boleta de información técnica nº 1. Lima. Retrieved fromhttps://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/4390/T1747.pdf?sequence=1

7.3. ANEXOS

ANEXO 1. ALTURA DE PLANTA A LA FLORACIÓN (cm)

TRATAMIENTOS	REPETICIONES				
	R1	R2	R3	SUMA	PROMEDIO
T1 (25)	1,40	1,33	1,16	3,89	1,30
T2 (16)	1,32	1,17	1,08	3,57	1,19
T3 (9)	1,26	1,09	1,08	3,43	1,14

ANEXO 2. DÍAS A LA FLORACIÓN

TRATAMIENTOS	REPETICIONES				
	R1	R2	R3	SUMA	PROMEDIO
T1 (25)	86,00	82,00	91,00	259,00	86,33
T2 (16)	74,00	83,00	79,00	236,00	78,67
T3 (9)	72,00	75,00	73,00	220,00	73,33

ANEXO 3. NÚMERO DE TUBÉRCULOS - SEMILLA POR PLANTA

TRATAMIENTOS	REPETICIONES				
	R1	R2	R3	SUMA	PROMEDIO
T1 (25)	128	111	118	357	119
T2 (16)	107	109	105	321	107
T3 (9)	98	87	91	276	92

ANEXO 4. PESO TOTAL DE LAS SEMILLAS – TUBÉRCULOS (g)

TRATAMIENTOS	REPETICIONES				
	R1	R2	R3	SUMA	PROMEDIO
T1 (25)	268,80	246,42	269,04	784,26	261,42
T2 (16)	445,12	456,71	446,25	1348,08	449,36
T3 (9)	564,48	514,17	521,43	1600,08	533,36

ANEXO 5. RENDIMIENTO (g . m^{-2})

TRATAMIENTOS	REPETICIONES				
	R1	R2	R3	SUMA	PROMEDIO
T1 (25)	6720,00	6160,50	6726,00	19606,50	6535,50
T2 (16)	7121,92	7307,36	7140,00	21569,28	7189,76
T3 (9)	5080,32	4627,53	4692,87	14400,72	4800,24

ANEXO 6. CALIBRE DE LAS SEMILLAS - TUBÉRCULOS DE PAPA (mm)

TRATAMIENTOS	REPETICIONES				
	R1	R2	R3	SUMA	PROMEDIO
T1 (25)	5,46	4,96	4,31	14,73	4,91
T2 (16)	10,36	6,88	9,15	26,39	8,80
T3 (9)	11,38	10,58	10,10	32,06	10,69

CAPÍTULO VII

PROPUESTA

7.1. DATOS INFORMATIVOS

TÍTULO: PRODUCCIÓN DE SEMILLA PRE BÁSICA BAJO UN SISTEMA AEROPÓNICO CON UNA DENSIDAD DE POBLACIÓN DE 16 PLANTAS POR m^2

Institución ejecutora:
Universidad Técnica de Ambato – Facultad de Ciencias Agropecuarias

Beneficiarios:
Comunidad en general

Ubicación:
Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Ambato, Campus Querochaca, ubicado a una altura de 2 865 msnm en las coordenadas geográficas 01° 22' 02'' de Latitud Sur 78° 36' 20' de Longitud Oeste. En el cantón Cevallos. Los terrenos son planos y con mucha pendiente, la textura de los suelos en su mayoría es franca arenosa, mal drenado, la fluctuación de la temperatura es de 11º C a 23º C.

7.2. ANTECEDENTES DE LA PROPUESTA

De acuerdo a las densidades de plantación de papa variedad chaucha bajo aeroponía se obtuvo que los mejores resultados fueron con una densidad de 16 plantas por m^2.

7.3. JUSTIFICACIÓN

Debido al poco interés de los productores de tener semillas certificadas o semillas limpias para mejorar el rendimiento de cultivos que en nuestra localidad y país son importantes como en el caso de la papa, el trabajo se lo realizó con el interés de producir

semillas de papa de calidad para mejorar las producciones y brindar a los agricultores soluciones para que aumenten sus rendimientos.

7.4. OBJETIVOS

Mejorar el rendimiento de papa chaucha (*Solanum tuberosum* L.), mediante una densidad de población de 16 plantas por m^2.

7.5. ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD

Esta propuesta es factible de realizar, ya que se cuenta con los aspectos técnicos necesarios como conocimiento y manejo de densidades de plantación.

Desde el punto de vista económico y financiero esta es una propuesta que requiere una inversión moderadamente alta, ya que se trata de la elaboración de invernaderos y módulos para su ejecución

Dentro del factor social, esta propuesta es factible de realizar porque existe un interés alto de los agricultores para obtener semilla de calidad y mejorar sus producciones.

Por otra parte la Universidad Técnica de Ambato por medio de la Facultad de Ciencias Agropecuarias, dispone de los recursos físicos y humanos para llevar a cabo esta propuesta, por medio de proyectos de vinculación con la colectividad.

7.6. FUNDAMENTACIÓN

En el Ecuador, la papa es un producto primordial por su presencia en la dieta diaria de la población, especialmente de la región interandina, por tal motivo la utilización de semillas de calidad es necesaria y requerida por los agricultores para aumentar sus producciones.

7.7. METODOLOGÍA, MODELO OPERATIVO

7.7.1. Preparación de la solución nutritiva.

Para la preparación se tomará como referencia a la solución utilizada en la Universidad Nacional La Molina (UNALM), se determinará la formulación requerida de la solución nutritiva para la investigación, tanto inicial como final, la misma que se utilizará para un volumen de 250 l diarios. cuando fue necesario corregir el pH de la solución nutritiva se empleó ácido fosfórico.

Tabla 3. Solución UNALM inicial y ajuste final para producción de semilla-tubérculo de papa (*Solanum Tuberosum* L.) variedad chaucha

Fertilizante	Unidad	SOLUCIÓN INICIAL 250 L.	SOLUCIÓN FINAL 250 L.
Nitrato de calcio	Gramos	157,9	157,9
Sulfato de magnesio	Gramos	114,2	114,2
Sulfato de potasio	Gramos	82,3	114,2
Nitrato de potasio	Gramos	80,8	108,4
Nitrato de amonio	Gramos	8,6	64,6
Quelato de Hierro	Gramos	7,5	15,0
Ácido Fosfórico	Gramos	24,8	22,00
Fertilizante foliar	Gramos	3,0	3,0

Fuente: (Andrade-Piedra, Barona, Benítez, Chuquillanqui, García, Kromann, Mateus-Rodriguez, et al., 2015)

1. Se pesa las cantidades requeridas de los diferentes fertilizantes.
2. Los fertilizantes se deben disolver de manera separada en recipientes con medio litro de agua y para disolver el sulfato de potasio se emplea agua caliente.
3. Se debe llenar con agua a la mitad del tanque de 250 litros y luego se agrega los fertilizantes disueltos, uno por uno, agitando la solución mientras se los coloca.

4. Se mide el pH y la conductividad eléctrica de la solución nutritiva todos los días.
5. Se llena el tanque con agua hasta completar los 250 litros.
6. Se agita la solución para que los nutrientes se distribuyan en forma homogénea.
7. La aplicación del fertirriego debe realizarse con una frecuencia de 20 minutos y el tiempo de riego de 10 segundos.

7.7.2. Acondicionamiento de plántulas in vitro.

El material para el trasplante necesita un proceso de adaptación, este consiste en proporcionar los factores ambientales óptimos para lograr una transición gradual del ambiente in vitro al ambiente ex vitro.

- **Ambiente para el acondicionamiento de las plántulas en los vasos con sustrato.**

Las plántulas in vitro deben pasar por un cuarto de aclimatación, un periodo de 21 días antes el trasplante definitivo, protegidos bajo sombra los primeros días, a una temperatura de 15 a 20 ^{o}C y una humedad relativa de 80 a 90%.

Procedimiento:

- Se extraerá las plántulas in vitro de los tubos de ensayo con ayuda de una pinza anatómica.
- Se lavarán las raíces de las plántulas in vitro con agua tibia para desprender el agar y luego con agua potable para limpiar por completo
- Se utilizará sustrato agrownomy de una porosidad de 0-5% y se desinfectará con hipoclorito de sodio.
- Se utilizarán vasos plásticos N° 5, y se llenarán con el sustrato.
- Se humedecerá el sustrato.
- Se debe trasplantar las plántulas in vitro a los vasos plásticos con sustrato.
- Se cortarán botellas plásticas de 2 litros en donde se colocarán los vasos plásticos con las plántulas, para acondicionarlas a un micro clima.

7.7.3. Trasplante a módulos aeropónicos.

- Se debe retirar las plántulas de los vasos plásticos de acondicionamiento con cuidado, limpiando las raíces para que no contengan restos de sustrato.
- Se desinfectarán las raíces de las plántulas con hipoclorito de sodio al 0,1%, luego se lavará con agua potable.
- Se debe colocar las plántulas desinfectadas en una bandeja con papel toalla húmedo, mientras se realiza la colocación en el orificio de la espuma flex del módulo mediante el uso de un anillo de manguera ciega y retenido por una esponja.

7.7.4. Materiales de la cubierta plástica.

- Cubierta plástica.
- Plásticos calibres 6 y 8
- Sarán de color negro 10%
- Alambre N° 10

7.7.5. Materiales de los módulos aeropónicos.

- Armazón de madera de 3m x 1m
- Planchas de espuma flex de 5cm de espesor
- Planchas espuma flex de 1 cm de espesor
- Plástico de color negro doble ancho (calibre 8)
- Tubería PVC de 1”
- Accesorios PVC de (1” y ¾”)
- Manguera de ¾ y abrazaderas.

7.7.6. Materiales del equipo de riego.

- Electro - bomba de ½ HP.
- Tubería de succión con válvula de pie

- Tanque plástico de 250 litros.
- Acoples y mangueras
- Programador de riego
- Boquillas nebulizadoras 4 por metro cuadrado.

7.7.7. Otros materiales

- Sustrato.
- Botellas plásticas vacías.
- Vasos plásticos.
- Piola.
- Escalera.
- Carretilla.
- Palas
- Baldes plásticos
- Bandejas de plástico
- Jarras plásticas
- Pisetas.
- Pinzas.
- Tijeras
- Servilletas tipo toalla.
- Fundas plásticas
- Guantes quirúrgicos
- Alcohol
- Cloro
- Bomba de fumigar.
- Termómetros.
- Vasos de precipitación.
- Taladro.

7.7.8. Fertilizantes para preparar la solución nutritiva

- Nitrato de calcio
- Sulfato de magnesio
- Sulfato de potasio
- Nitrato de potasio
- Nitrato de amonio
- Quelato de Fe 10%
- Ácido fosfórico 85 %
- Fertilizante foliar.
- Fosfitos de potasio.
- Muriato de potasio.

7.7.9. Insecticidas y fungicidas para el control de plagas y enfermedades.

- Spinosad (Tracer)
- Abamectina (New Mectin)
- Difenoconazole (Score)
- Ciproconazole (Alto)
- Propamocarb + fosetil (Previcur)

7.7.10. Equipos.

- Equipo de pH.
- Equipo de conductividad eléctrica.
- Balanza analítica.

7.8. ADMINISTRACIÓN

Organización General: Decanato de la Facultad de Ciencias Agropecuarias.

Aval académico: Subdecanato de la Facultad de Ciencias Agropecuarias.

Ente ejecutor: DIVISO (Dirección de Vinculación con la Sociedad) Facultad de Ciencias Agropecuarias.

Organización Logística: Coordinación de Carrera Ingeniería Agronómica.

.