



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES

CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA

**“ESTUDIO ECONÓMICO DE LA PRODUCCIÓN DE SEMILLA PRE-
BÁSICA DE PAPA (*Solanum tuberosum* L.) MEDIANTE EL SISTEMA
AEROPÓNICO EN LA GRANJA EXPERIMENTAL YUYUCOCHA,
EN LA PARROQUIA CARANQUI, CANTÓN IBARRA”.**

Tesis previa a la obtención del Título de:

Ingeniero Agropecuario

AUTORES:

Huera Arteaga Brayan German

Benavides Cuascota Jenny Isabel

DIRECTORA:

Ing. Juan Pablo Aragón

**Ibarra – Ecuador
2017**

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y
AMBIENTALES
CARRERA INGENIERÍA AGROPECUARIA

**“ESTUDIO ECONÓMICO DE LA PRODUCCIÓN DE SEMILLA PRE-BÁSICA
DE PAPA (*Solanum tuberosum* L.) MEDIANTE EL SISTEMA AEROPÓNICO EN
LA GRANJA EXPERIMENTAL YUYUCOCHA, EN LA PARROQUIA
CARANQUI, CANTÓN IBARRA”.**

Tesis presentada por los Sr(s). Huera Arteaga Brayan German, como requisito previo para optar el Título de Ingeniero Agropecuario. Luego de haber revisado minuciosamente, damos fe de que las observaciones y sugerencias emitidas con anterioridad han sido incorporadas satisfactoriamente al presente documento.

APROBADA:

Ing. Juan Pablo Aragón
DIRECTOR



**Ibarra – Ecuador
2017**

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS
AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES

CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA

“ESTUDIO ECONÓMICO DE LA PRODUCCIÓN DE SEMILLA PRE-BÁSICA
DE PAPA (*Solanum tuberosum* L.) MEDIANTE EL SISTEMA AEROPÓNICO EN
LA GRANJA EXPERIMENTAL YUYUCOCHA, EN LA PARROQUIA
CARANQUI, CANTÓN IBARRA”.

Tesis revisada por el Comité Asesor, por lo cual se autoriza su presentación como
requisito parcial para obtener el Título de:

INGENIERO AGROPECUARIO

APROBADA

Ing. Juan Pablo Aragón
Director de Tesis

Msc. Franklin Ayala
Asesor de Tesis

Ing. Doreen Brown
Asesor de Tesis

Ing. Eduardo Villarreal
Asesor de Tesis

Ibarra – Ecuador
2017



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
BIBLIOTECA UNIVERSITARIA
AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN
A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

La Universidad Técnica del Norte dentro del proyecto repositorio Digital Institucional, determinó la necesidad de disponer de textos completos en formato digital con la finalidad de apoyar los procesos de investigación, docencia y extensión de la universidad.

Por medio del presente documento dejo sentada mi voluntad de participar en este proyecto, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

| DATOS DE CONTACTO | | | |
|-----------------------------|--|------------------------|------------|
| Cédula de identidad: | 0401630686 | | |
| Apellidos y nombres: | Huera Arteaga Brayan Germán | | |
| Dirección: | Julio Andrade | | |
| Email: | brayanhuera@hotmail.com | | |
| Teléfono fijo: | 2-205-286 | Teléfono móvil: | 0983379224 |

| DATOS DE LA OBRA | |
|------------------------------------|--|
| Título: | “Estudio económico de la producción de semilla pre-básica de papa (<i>Solanum tuberosum</i> L.) mediante el sistema aeropónico en la granja experimental Yuyucocha, en la parroquia Caranqui, cantón Ibarra”. |
| Autor: | Huera Brayan; Benavides Jenny |
| Fecha: | 12 de Enero del 2017 |
| Solo para trabajos de grado | |
| Programa: | Pregrado |
| Título por el que opta: | Ingeniero Agropecuario |
| Director: | Ing. Juan Pablo Aragón |

2. AUTORIZACIÓN DE USO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD

Yo, Huera Arteaga Brayan German, con cédula de ciudadanía Nro. **040163068-6**, en calidad de autor y titular de los derechos patrimoniales de la obra o trabajo de grado descrito anteriormente, hago entrega del ejemplar respectivo en formato digital y autorizo a la Universidad Técnica del Norte, la publicación de la obra en el repositorio digital institucional y uso del archivo digital en la biblioteca de la universidad con fines académicos, para ampliar la disponibilidad del material y como apoyo a la educación, investigación y extensión; en concordancia con Ley de Educación Superior Artículo 144.

3. CONSTANCIAS

Los autores manifiestan que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto la obra es original y es el titular de los derechos patrimoniales, por lo que asumen la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrán en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra a los 12 días del mes de Enero del 2017.

LOS AUTORES:

.....

Firma

Huera Arteaga Brayan Germán

C.I.: 040163068-6



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE GRADO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

Yo, **Huera Arteaga Brayan German**, con cédula de ciudadanía Nro.040163068-6; manifiesto la voluntad de ceder a la Universidad Técnica del Norte los derechos patrimoniales consagrados en la Ley de propiedad intelectual del Ecuador, artículos 4, 5 y 6, en calidad de autores de la obra o trabajo de grado denominada **“ESTUDIO ECONÓMICO DE LA PRODUCCIÓN DE SEMILLA PRE-BÁSICA DE PAPA (*Solanum tuberosum* L.) MEDIANTE EL SISTEMA AEROPÓNICO EN LA GRANJA EXPERIMENTAL YUYUCOCHA, EN LA PARROQUIA CARANQUI, CANTÓN IBARRA”**, que ha sido desarrollado para optar por el título de Ingeniero Agropecuario en la Universidad Técnica del Norte, quedando la universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente. En condición de autor me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la biblioteca de la Universidad Técnica del Norte.

Ibarra a los 12 días del mes de Enero del 2017.

Firma

Huera Arteaga Brayan Germán

C.I.: 040163068-6

Guía: FICAYA-UTN

Fecha: Ibarra a los 12 días del mes de Enero del 2017.

BRAYAN GERMAN HUERA ARTEAGA, “Estudio económico de la producción de semilla pre-básica de papa (*Solanum tuberosum* L.), variedad Superchola mediante el sistema aeropónico en la Granja Experimental Yuyucocha, de la parroquia Caranqui, cantón Ibarra”. / TRABAJO DE GRADO. Ingeniero Agropecuario Universidad Técnica del Norte. Ibarra. EC

DIRECTOR: Ing. Juan Pablo Aragón.

El objetivo principal de la presente investigación fue, generar información mediante experimentación de campo, sobre el Estudio económico de la producción de semilla pre-básica de papa (*Solanum tuberosum* L.), mediante el sistema aeropónico, con el fin de promover nuevas tecnologías con materiales a bajo costo y reducir los costos de producción para producir semilla de primera calidad, especialmente en la zona norte del país.

Ibarra a los 12 días del mes de Enero del 2017.

Ing. Juan Pablo Aragón
Director de Tesis


FIRMA

Huera Arteaga Brayan German
Autor


FIRMA

PRESENTACIÓN

La responsabilidad del contenido de esta Tesis de Grado, corresponde exclusivamente al autor; y el patrimonio intelectual a la Universidad Técnica del Norte, exclusivamente a la Carrera de Ingeniería Agropecuaria, el presente trabajo de investigación contiene información sobre “Estudio económico de la producción de semilla de papa (*Solanum tuberosum* L.) mediante el sistema aeropónico”.

El presente trabajo se lo realizó con la finalidad de que sirva de material de apoyo para las asociaciones o grupos de agricultores que promueven la multiplicación de semilla dentro del país y en especial a la Provincia del Carchi ya que es una de las principales provincias productoras de papa.

BRAYAN HUERA

DEDICATORIA

A Dios, por todas las bendiciones derramadas, a mis padres ya que han sido pilar fundamental en mi formación académica, que con empeño, dedicación y amor, me han brindado sus mejores años para de esta manera llegar a cumplir esta anhelada meta.

A la mujer que ha estado junto a mí, brindándome su apoyo incondicional; Jocelyne, que ha sido un gran apoyo dándome toda su comprensión, sus consejos, gracias por luchar junto a mí y lograr que esta meta se haga realidad.

A mi hermana Melany Huera, por sus consejos y su compañía y a todos mis familiares más cercanos, por el apoyo y el cariño puesto en mí.

BRAYAN HUERA

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Técnica del Norte y a la Facultad de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias y Ambientales, por darnos la oportunidad de formarnos profesionalmente con las mejores oportunidades para adquirir conocimientos.

De manera especial a Dios por brindarme la salud y la vida, a mi padre Germán Huera y a mi madre Teresa Arteaga que han motivado mi formación académica por medio de su amor, apoyo incondicional y así llegar a cumplir mis metas brindándome sin interés alguno todo su carisma y motivación en todo momento.

A profesores, que gracias a su extenso conocimiento, supieron orientarme de una manera desinteresada, para que este trabajo de investigación se realice y pueda culminar satisfactoriamente, por todo su tiempo y esfuerzo mi más grande agradecimiento.

A todos, familiares, amigos y compañeros que de una u otra manera fueron partícipes de la realización de este trabajo, compartiendo sus múltiples enseñanzas y vivencias.

BRAYAN HUERA

INDICE GENERAL

| | |
|--|-------|
| AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN..... | iv |
| CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO | vi |
| REGISTRO BIBLIOGRÁFICO..... | vii |
| PRESENTACIÓN | viii |
| DEDICATORIA..... | ix |
| AGRADECIMIENTO | x |
| INDICE GENERAL..... | xi |
| ÍNDICE DE TABLAS..... | xv |
| ÍNDICE DE GRÁFICOS Y FIGURAS | xvii |
| ÍNDICE DE ANEXOS | xviii |
| ÍNDICE DE FOTOS..... | xix |
| RESUMEN | xxi |
| SUMMARY | xxii |
| CAPÍTULO I..... | 1 |
| INTRODUCCIÓN..... | 1 |
| 1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA | 1 |
| 1.2. JUSTIFICACIÓN | 2 |
| 1.3. OBJETIVOS | 4 |
| 1.3.1 Objetivo general: | 4 |
| 1.3.2 Objetivos específicos:..... | 4 |
| 1.4. HIPÓTESIS. | 4 |
| CAPÍTULO II..... | 5 |
| 2. REVISIÓN DE LITERATURA | 5 |
| 2.1. Importancia económica de la papa en el Ecuador. | 5 |
| 2.2. Importancia de la producción de semilla. | 7 |
| 2.3. Beneficios del uso de semilla Certificada de papa. | 8 |
| 2.4. Variedades de semilla demandada..... | 8 |
| 2.5. Uso de semilla certificada..... | 9 |
| 2.6. Oferta y demanda de semilla pre-básica de papa | 10 |
| 2.7. Costos de semilla..... | 11 |

| | |
|---|----|
| 2.8. Precios de Compra y Venta de la Semilla de Papa..... | 12 |
| 2.9. Costos de producción de semilla certificada | 12 |
| 2.10. Sistemas de producción de semilla..... | 13 |
| 2.11. Tecnologías para la producción de semilla pre-básica de papa..... | 15 |
| 2.12. La Aeroponía como una nueva técnica de producción..... | 16 |
| 2.13. Ventajas y desventajas de la Aeroponía. | 17 |
| 2.14. Análisis económico en la producción de semilla de papa. | 17 |
| CAPÍTULO III | 19 |
| 3. MATERIALES Y MÉTODOS | 19 |
| 3.1. Descripción del área de estudio | 19 |
| 3.2. Materiales y equipos..... | 20 |
| 3.2.1 Material vegetal..... | 20 |
| 3.2.2 Insumos..... | 20 |
| 3.2.2.1 Insumos de protección..... | 20 |
| 3.2.2.2 Insumos Agrícolas..... | 20 |
| 3.2.2.3 Insumos para Solución Nutritiva..... | 20 |
| 3.2.2 Materiales de campo..... | 21 |
| 3.2.4 Accesorios de instalación..... | 22 |
| 3.2.5 Equipos..... | 23 |
| 3.2.6 Equipos de oficina..... | 23 |
| 3.3 METODOS..... | 24 |
| 3.3.1 Factores en estudio..... | 24 |
| 3.3.2 Características del experimento..... | 24 |
| 3.3.2.1 Características de modulares | 25 |
| 3.3.3 Variables evaluadas..... | 25 |
| 3.3.3.1 Rendimiento..... | 25 |
| 3.3.3.2 Clasificación de tubérculos por tamaño y peso..... | 25 |
| 3.3.3.3 Análisis de Costos de Producción..... | 26 |
| 3.3.3.4 Análisis de indicadores económicos..... | 26 |
| 3.3.3.5. Análisis de Beneficio/costo..... | 27 |
| 3.4 Manejo específico del experimento..... | 27 |
| 3.4.1 Estructuración del invernadero..... | 28 |
| 3.4.2 Limpieza externa e interna del invernadero..... | 28 |

| | |
|--|----|
| 3.4.3 Construcción y preparación de cajones aeropónicos..... | 28 |
| 3.4.4 Instalación de planchas de espuma Flex..... | 29 |
| 3.4.5 Adecuaciones al interior del invernadero..... | 29 |
| 3.4.6 Sistema de riego y fertilización (Fertirrigación)..... | 30 |
| 3.4.7 Pruebas de filtración en cajones aeropónicos..... | 30 |
| 3.4.8 Adquisición de vitro plantas..... | 30 |
| 3.4.9 Trasplante..... | 31 |
| 3.4.10 Fertilización..... | 31 |
| 3.4.11 Poda inicial..... | 33 |
| 3.4.12 Tutoreo..... | 33 |
| 3.4.13 Podas..... | 33 |
| 3.4.14 Controles fitosanitarios..... | 33 |
| 3.4.15 Cosecha..... | 34 |
| 3.4.16 Lavado y Desinfección..... | 34 |
| CAPITULO IV..... | 35 |
| 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN..... | 35 |
| 4.1. Rendimiento..... | 35 |
| 4.2. Clasificación de tubérculos..... | 35 |
| 4.3. Análisis de costos de producción..... | 37 |
| 4.3.1.1 Servicios..... | 37 |
| 4.3.1.2 Costo general de Cubrimiento del Invernadero..... | 37 |
| 4.3.1.3 Costos de Modulares aeropónicos..... | 38 |
| 4.3.1.4 Costo general del sistema de riego..... | 39 |
| 4.3.1.5 Costo general de materiales complementarios..... | 40 |
| 4.3.2. Costos variables..... | 41 |
| 4.3.2.1. Costos de insumos agrícolas..... | 41 |
| 4.3.2.2. Costos por mano de obra..... | 42 |
| 4.4 Análisis de indicadores económicos..... | 43 |
| 4.4.1. Ingresos..... | 43 |
| 4.5 Beneficio/ costo..... | 44 |
| 4.5.1 Beneficios del Experimento..... | 45 |
| 4.6 Margen de Beneficio..... | 46 |
| 4.6.1 Punto de equilibrio..... | 46 |

| | |
|--|----|
| 4.6.2 Análisis de sensibilidad | 47 |
| CAPITULO V | 49 |
| 5.1 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES | 49 |
| 5.1.1 CONCLUSIONES | 49 |
| 5.2 RECOMENDACIONES | 51 |
| BIBLIOGRAFÍA | 53 |
| ANEXOS | 55 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|---|----|
| Tabla 1. Uso de semillas certificadas, por estratos de agricultores que compran semillas en el INIAP..... | 9 |
| Tabla 2: Principales multiplicadores de semilla fiscalizados por el MAGAP en el Ecuador..... | 10 |
| Tabla 3. Clasificación de tubérculos | 26 |
| Tabla 4 Concentración y fuentes de nutrientes para la solución final en el cultivo de papa bajo aeroponía. Ibarra 2015 | 32 |
| Tabla 5. Rendimiento de semilla pre-básica de papa <i>v-superchola</i> por planta. Ibarra, 2015 | 35 |
| Tabla 6. Clasificación de semilla pre-básica de papa/planta. Ibarra, 2015 | 36 |
| Tabla 7. Inversión en servicios básicos para el funcionamiento de equipos y maquinaria para la producción de semilla pre-básica de papa en un invernadero de 200 m² . Valores expresados en US \$. Ibarra 2015..... | 37 |
| Tabla 8. Inversiones en la implementación de un Invernadero de 200 m² para el desarrollo del sistema aeropónico. Ibarra 2015 | 38 |
| Tabla 9. Costos de materiales para la construcción de modulares aeropónicos para la producción de semilla pre-básica de papa en invernadero. Ibarra 2015..... | 39 |
| Tabla 10: Costo del sistema de riego para la producción de semilla pre-básica de papa en el sistema aeropónico. Ibarra 2016..... | 39 |
| Tabla 11. Costos de materiales complementarios para la producción de semilla pre-básica de papa bajo el sistema aeropónico. Ibarra 2015..... | 40 |
| Tabla 12. Costos de insumos agrícolas en la producción de semilla pre-básica de papa bajo un sistema aeropónico. Ibarra 2015 | 41 |
| Tabla 13. Costos de mano de obra para la producción de semilla pre-básica de papa por medio del sistema aeropónico. Valores expresados en US \$. Ibarra 2015..... | 42 |
| Tabla 14. Costo de producción de una campaña para la producción de semilla pre-básica de papa en el sistema aeropónico. Ibarra 2015..... | 43 |
| Tabla 15. Ingresos de una campaña de producción de semilla pre-básica de papa en el sistema aeropónico. Ibarra 2015..... | 44 |
| Tabla 16: Relación beneficio/costo de una campaña de producción de semilla pre-básica de papa en el sistema aeropónico. Ibarra 2015..... | 44 |

| | |
|--|----|
| Tabla 17. Beneficio del experimento de una campaña de producción de semilla pre-básica de papa en el sistema aeropónico. Ibarra 2015 | 45 |
| Tabla 18. Margen beneficio de una campaña de producción semilla pre-básica de papa en el sistema aeropónico. Ibarra 2015 | 46 |
| Tabla 19. Análisis de sensibilidad de producción de semilla pre-básica de papa bajo el sistema aeropónico. Ibarra 2015..... | 48 |
| Tabla 20. Costos del invernadero | 65 |
| Tabla 21 Costos de modulares aeropónicos. | 66 |

ÍNDICE DE GRÁFICOS Y FIGURAS

| | |
|---|----|
| Gráfico N° 1. Variable, clasificación de semilla pre-básica de papa/planta. Ibarra, 2015 .. | 36 |
| Gráfico N° 2. Relación beneficio/costo (USD), para la producción de semilla pre-básica de papa..... | 45 |
| Gráfico N° 3. Punto de equilibrio..... | 47 |

ÍNDICE DE ANEXOS

| | |
|---|----|
| Anexo N° 7: Mapa de Ubicación de la investigación | 56 |
| Anexo N° 8. Análisis de agua | 57 |
| Anexo N° 1: <i>Costos</i> | 65 |
| Anexo N° 2: Costos de modulares aeropónicos. | 66 |
| Anexo N° 3: Costo del sistema de riego | 67 |
| Anexo N° 4: Costos de insumos agrícolas | 68 |
| Anexo N° 5: Costos de materiales de campo | 69 |
| Anexo N° 6: Costos por mano de obra | 69 |

ÍNDICE DE FOTOS

| | |
|--|----|
| Foto N° 1 Convenio UTN e INIAP | 56 |
| Foto N° 2 Construcción Invernadero..... | 58 |
| Foto N° 3 Recubierta de plástico..... | 56 |
| Foto N° 4 Recubierta de plástico..... | 58 |
| Foto N° 5 Colocación de Malla anti-áfido..... | 56 |
| Foto N° 6 Malla anti-áfido..... | 58 |
| Foto N° 7 Instalación de ventiladores..... | 56 |
| Foto N° 8 Instalación de generador..... | 59 |
| Foto N° 9 Equipo de riego..... | 57 |
| Foto N° 10 Bomba de succión..... | 59 |
| Foto N° 11 Cajones aeropónicos..... | 57 |
| Foto N° 12 Distribuidor de mangueras y aspersores..... | 59 |
| Foto N° 13 Tanque de presión..... | 57 |
| Foto N° 14 Timer..... | 60 |
| Foto N° 15 Aires Acondicionados..... | 58 |
| Foto N° 16 Enfriadores..... | 60 |
| Foto N° 17 Termómetro..... | 58 |
| Foto N° 18 Higrómetro..... | 60 |
| Foto N° 19 Desinfección..... | 58 |
| Foto N° 20 Nivelación..... | 61 |
| Foto N° 21 Papa <i>in vitro</i> | 59 |
| Foto N° 22 Gradilla de plántulas | 61 |
| Foto N° 23 Lavado de plántulas..... | 59 |
| Foto N° 24 Trasplante..... | 61 |
| Foto N° 25 Desarrollo vegetal..... | 59 |
| Foto N° 26 Desarrollo vegetal..... | 62 |
| Foto N° 27 Reactivos..... | 60 |
| Foto N° 28 Solución Nutritiva..... | 62 |
| Foto N° 29 Aplicación fitosanitaria..... | 60 |
| Foto N° 30 Desarrollo Vegetal..... | 62 |
| Foto N° 31 Visita CIP..... | 60 |

| | |
|---|----|
| Foto N° 32 Visita CIP..... | 62 |
| Foto N° 33 Formación Tubérculos..... | 61 |
| Foto N° 34 Tuberización..... | 63 |
| Foto N° 35 Cosecha..... | 61 |
| Foto N° 36 Recolección..... | 63 |
| Foto N° 37 Clasificación | 61 |
| Foto N° 38 Clasificación | 63 |
| Foto N° 39 Visita de medios de comunicación | 64 |

“ESTUDIO ECONÓMICO DE LA PRODUCCIÓN DE SEMILLA PRE-BÁSICA DE PAPA (*Solanum tuberosum* L.) EN EL SISTEMA AEROPÓNICO EN LA GRANJA EXPERIMENTAL YUYUCOCHA, PARROQUIA CARANQUI, CANTÓN IBARRA”

Autores: Brayan Germán Huera Arteaga
Jenny Isabel Benavides Cuascota

Director de tesis: Ing. Juan Pablo Aragón

Año: 2017

RESUMEN

La semilla de papa (*Solanum tuberosum* L.) se produce y promueve en el sistema aeropónico, como metodología alternativa en el país; sin embargo, hay pocos estudios sobre los costos reales de su producción, situación por la que se realizó esta investigación, utilizando la información obtenida en la Granja Experimental Yuyucocha (Caranqui-Imbabura) donde se mantiene el sistema aeropónico. Las variables que se estudiaron fueron el rendimiento, clasificación de tubérculos, análisis de costos de producción, análisis de indicadores económicos, indicador beneficio/costo y análisis del margen de beneficio. La producción de semilla pre-básica de papa/planta fue de 93 a una densidad de siembra de 20 x 20 cm y un total de 74833 mini tubérculos. El costo general de fabricación o Costo fijo fue de 4153,28 USD, y el costo variable de 2657,30 USD, sumando un total de 6720,58 USD de inversión del sistema aeropónico. El valor por mini tubérculo fue de 0,09 centavos de dólar y el precio referencial de mercado de 0,17 centavos de dólar. El ingreso neto total de producción de mini tubérculos en el sistema aeropónico fue de 12721,61 USD, lográndose un Beneficio/Costo del 1,90 USD. De acuerdo al índice de Beneficio/Costo, el proyecto de inversión en la producción de semilla pre-básica en el sistema aeropónico fue factible y recomendable. El punto de equilibrio fue de 51916 mini-tubérculos de producción por campaña, caso contrario causarían pérdidas.

Palabras claves

Aeroponía, mini-tubérculos, inversión, costo fijo, costo variable, costo/beneficio, punto de equilibrio.

TITLE: ECONOMIC SURVEY OF POTATO SEED PRODUCTION (*Solanum tuberosum* L.) IN AN AEROPONICS SYSTEM IN THE YUYUCOCHA EXPERIMENTAL FARM, CARANQUI PARISH, DISTRICT OF "IBARRA"

Author: Brayan Germán Huera Arteaga

Thesis Director: Ing. Juan Pablo Aragón.

Year: 2017

SUMMARY

Seed potatoes (*Solanum tuberosum* L.) are produced and promoted in an aeroponic system, as an alternative methodology in the country; however, there are few studies on the real costs of production. This research was conducted to remedy this situation, using information obtained in the Experimental Farm Yuyucocha (Caranqui-Imbabura) where the aeroponic system is maintained. The variables studied were performance, classification of tubers, production cost analysis, analysis of economic indicators, benefit / cost ratio and analysis profit margin analysis. The production of mini tubers by plant was 93 at a seeding density of 20 x 20 cm and a total of 74833 mini tubers. The overall manufacturing cost or fixed cost was \$ 4,153.28, and the variable cost was \$ 2,657.30, for a total of \$ 6,720.58 invested in the aeroponic system. The mini tuber value was 0.09 cents and the market reference price was 0.17 cents. The total net income of production of mini tubers in the aeroponic system was \$ 12,721.61, achieving a benefit / cost ratio of \$ 1.90. According to the Benefit / Cost index, the investment project in the seed potato production in the aeroponic system was feasible and advisable. The breakeven point was production any 51916 mini-tubers per cycle to avoid losses.

Keywords

Aeroponics, mini-tubers, investment, fixed cost, variable cost, cost / benefit, breakeven point.

CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En el Ecuador la papa (*Solanum tuberosum* L.) es uno de los cultivos más importantes y significativos para la economía del país especialmente para la zona interandina en donde su producción y comercialización genera ingresos económicos para sus productores y para muchos de ellos constituye su única fuente de ingresos. (Herrera M, Carpio H y Chávez Galo, 1999)

Sin embargo en los últimos años esta actividad no se ha desarrollado sostenidamente debido al deficiente manejo del cultivo, factores climáticos adversos y sobre todo la poca planificación para la producción, es por esto que en la actualidad el Ecuador es uno de los países con menor rendimiento por hectárea (8 a 9 ton/ha), en comparación a otros países andinos como Colombia y Venezuela que producen hasta 16 ton /ha. (Pumisacho M y Sherwood S, 2002)

En gran parte este bajo rendimiento se debe a la escasa utilización de semilla certificada o de buena calidad, donde los productores seleccionan la semilla en forma tradicional, y también hay zonas con poca accesibilidad a semilla certificada.

Estas limitaciones en el abastecimiento de semilla de calidad son barreras que conllevan a la degeneración de semilla, es por ello que únicamente el 1.5 % del total de la superficie sembrada se trata de semilla certificada, por lo que se concluye que existe una escasa utilización de semilla de buena calidad física, sanitaria y genética. (Herrera M, Carpio H y Chávez Galo, 1999)

Para garantizar la utilización de semilla de buena calidad, se adoptan tecnologías adicionales de producción de semillas, a un precio apropiado dirigida especialmente a agricultores especialistas en manejar áreas destinadas para reproducción de semilla, empresas privadas, centros de experimentación agrícola, entre otros. Meza A, (2002),

menciona que, buena semilla con manejo adecuado, son cuestiones fundamentales para disminuir costos y que permitan incrementar la rentabilidad del cultivo.

1.2. JUSTIFICACIÓN

El sector agropecuario en la actualidad está atravesando notables alzas de producción para productos tales como el arroz, cacao, caña de azúcar y maíz, mientras que para otros productos como el banano, café, palma africana, papa y soya las perspectivas de producción no son positivas. (Banco Central del Ecuador, 2013)

En el año 2014 la producción de papa a nivel nacional incrementó en 28,17% respecto al año 2013. A pesar del descenso de la superficie cosechada en 26,69 %, este comportamiento se debió al aumento notable de los niveles de rendimientos en 74,83%, pasando de 7,31 ton/ha en el 2013 a 12,7 ton/ha en el 2014.

En la producción de papa hay un rendimiento promedio de 8.3 toneladas métricas por hectárea, siendo la provincia del Carchi con mayores rendimientos, 17,94 ton/ha para el 2012. El consumo per cápita de papa en Ecuador es de 21,87 kg/año.

La papa es un cultivo que puede ser afectado de manera incierta por los cambios climáticos, ataque de plagas y enfermedades que dan como resultado la disminución del tamaño y calidad del tubérculo como también bajos rendimientos, (200 qq/ha.). (Flores R y Naranjo H, 2012)

Considerando que el precio del quintal de papa gruesa o de primera en la mayoría de los meses del año no cubre los costos de producción, y por ende afecta notablemente la situación económica de los agricultores, especialmente del sector norte: Carchi, Imbabura y parte de Pichincha. (Montesdeoca L, 2011).

La producción de papa en nuestro país se concentra en la Sierra. Según el III Censo Nacional Agropecuario (CNA) la producción de papa a nivel provincial determina que Carchi concentra el 35,09% de producción anual, siendo esta una de las tres provincias con mayor extensión de cultivo de papa.

Con el interés de incorporar un plan de producción de semilla de papa eficiente, se han creado nuevas técnicas de multiplicación donde Mejía R, Méndez S, Pineda J, Hernández L. (2013), mencionan a la multiplicación *in vitro*, mediante técnicas de cultivo de tejidos; al sistema autotrófico hidropónico; a la multiplicación de plántulas para obtención de semilla-tubérculo a nivel de casas, mallas y otros sistemas de multiplicación masiva (aerponía e hidroponía).

La utilización de semilla certificada en el país es escasa, por tanto se busca establecer a la aerponía como un nuevo sistema viable de producción de mini-tubérculos semilla, que podrían ser utilizados por los pequeños, medianos y grandes productores para mejorar los rendimientos de sus cultivos. Este sistema no requiere de grandes extensiones para su implementación, pues se puede convertir en una alternativa económicamente factible.

La semilla de calidad consiste en ofrecer una alternativa que pueda utilizarse en cultivos, áreas y sistemas agrícolas FAO, (2015) que puedan fácilmente ser adaptados a sistemas convencionales. De acuerdo a Garcia, L., (2013), es necesario encontrar métodos de multiplicación de semilla que puedan reducir dichos costos, y de esta manera adoptar ideas que permitan hacer el proceso de multiplicación de semilla de papa de calidad un negocio sustentable.

La Red Agrícola, señala que con la aerponía como método de producción de mini-tubérculos semilla se obtienen rendimientos de 3 a 5 veces superior al convencional, añadiendo un alto grado de sanidad.

La aerponía es un sistema que implica costos para su implementación, pero siendo una alternativa que promueve el mejoramiento del cultivo de papa para incrementar los rendimientos y abaratar sus costos.

Por esta razón se justifica la realización de esta investigación para verificar las bondades del sistema aeropónico y de la misma manera tener el costo total de producción de este sistema y al final establecer la relación beneficio/costo para la implementación a pequeña, mediana y gran escalas en nuestro medio.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo general:

“Realizar el estudio económico de la producción de semilla pre-básica de papa (*Solanum tuberosum* L.), variedad “*superchola*”, mediante el sistema aeropónico para establecer la rentabilidad y su viabilidad en la Granja Experimental Yuyucocha, en la parroquia Caranqui, cantón Ibarra; provincia de Imbabura”.

1.3.2 Objetivos específicos:

- Determinar el costo para una campaña de producción de semilla de papa variedad *superchola* mediante el sistema aeropónico.
- Evaluar el rendimiento del sistema aeropónico en la producción de semilla pre-básica de papa.
- Identificar el beneficio/costo de la producción de semilla de papa variedad *superchola* mediante el sistema aeropónico.

1.4.HIPÓTESIS.

Las hipótesis consideradas fueron:

Ha: La producción de semilla de papa variedad *superchola* en el sistema aeropónico es económicamente rentable.

Ho: La producción de semilla de papa variedad *superchola* en el sistema aeropónico no es económicamente rentable.

CAPÍTULO II

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Importancia económica de la papa en el Ecuador.

Según Reinoso, I. (2007), la papa es uno de los rubros más importantes de los sistemas de producción de la sierra ecuatoriana, así como constituye una fuente importante de alimentación e ingresos para la familia campesina.

Para Velázquez J. (2002), en este cultivo participan mayoritariamente pequeños y medianos productores, con fincas de hasta 20 hectáreas. Todos ellos representan el 88% de cultivadores de papa y el 12% restante pertenece a productores con superficies mayores a 20 hectáreas, considerados como grandes.

Por consiguiente este tubérculo constituye una fuente importante de empleo e ingresos en las zonas rurales. En términos de generación de empleo, el cultivo de papa se caracteriza por el alto uso de mano de obra, entre contratada y familiar. De acuerdo a Flores R y Naranjo H. (2012), durante un ciclo de cultivo se emplean alrededor de 150 jornales por hectárea, frente a las 49,000 hectáreas que en promedio son cultivadas cada año, significa que se usan 7.35 millones de jornales al año, los que a un promedio de 12 dólares por jornal pagado, se obtienen ingresos directos sólo por mano de obra, de 88.2 millones de dólares.

Además, Flores R *et al.*, (2012) manifiestan que en el 2011, se han producido 319,764 TM de papa al año, con un área cosecha promedio de 43,300 has y un rendimiento promedio relativamente bajo de 9.5 TM/ha. Este último crece a una tasa de 4.7% anual, lo cual indica que los productores están trabajando para superar este problema de baja productividad.

La comercialización de la papa carece de toda técnica, se lo hace únicamente en base a la oferta y la demanda cíclica. Por consiguiente Banco Central del Ecuador, (2013) menciona que las exportaciones de papa son mínimas, representan el 0,015% de la producción total, mientras que las importaciones ascienden a 5, 480.5 TM al año, 1,3% de la producción nacional.

Es por esto que el Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca, (2013); afirma que el Ecuador es autosuficiente en la producción de papa para el consumo fresco tal es el caso: Autoconsumo en finca 14%; comercialización: 86%; consumo fresco 80%, chips 4%, exportaciones el 2% reiterando que el país tiene niveles económicos bajos en exportaciones.

Según, Reinoso, I., (2007) se estima que el cultivo de papa se realiza en 45 000 unidades productivas; si cada una está integrada en promedio de 5 personas, se colige que alrededor de 225 000 personas dependen directamente de este tubérculo para su subsistencia.

Con esto Banco Central del Ecuador, (2013), cita que “Las provincias de mayor importancia de actividad papera en la zona norte son: Carchi, Imbabura y Pichincha; sin embargo, debido a la escasa superficie y producción, no se incluye en el análisis a la provincia de Imbabura. De ellas se destaca Carchi con 13.190 ha en 1997, equivale tres veces más que Pichincha (3.620 ha). Además, Carchi presenta la más alta productividad en el país, 12.580 kg en relación a los 7.470 kg del promedio nacional y 11.600 kg en Pichincha, datos de 1997, en la provincia de Carchi la papa es el principal cultivo y la mayor fuente de ingresos”.

En términos globales entonces, alrededor del 7% de la población económicamente activa del país, tiene a la papa como su principal medio de ingreso. (Reinoso, I., 2007)

Finalmente Reinoso, I., (2007) menciona que la superficie total cultivada anualmente es de (49,000 hectáreas) y requiere una inversión promedio de 2,500 dólares. Esto implica que el movimiento del capital sólo para la producción de papa al año, es de 122.5 millones de dólares.

2.2. Importancia de la producción de semilla.

Generalmente en nuestro país existe despreocupación en el uso de semilla de buena calidad ya que es notable que las pérdidas económicas que sufren nuestros agricultores se deben a problemas fitosanitarios y fisiológicos de sus propias semillas. De acuerdo con THIELE G, (1999), se debe efectuar la multiplicación desde las categorías iniciales (básica) hasta obtener semilla certificada que es la que deben utilizar el universo de agricultores.

La mayoría de productores de papa de los países en desarrollo no usan semilla de calidad debido a sus altos costos y limitado acceso. “Como resultado, existe la imperante necesidad de contar con métodos eficientes para producir semillas de calidad accesibles para los pequeños agricultores y a menores costos”.(Otazú V, 2010).

La producción de semilla en la Estación Experimental Santa Catalina del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) empezó en 1968. Santa Catalina permanece como único lugar del INIAP donde se produce semilla básica de papa, con el apoyo del CIP (Centro Internacional de la Papa), que incide en los servicios de investigación, transferencia de tecnología. (Velázquez J, 2010)

En los países andinos la práctica más frecuente es la selección de los tubérculos grandes es para el mercado de consumo y los tubérculos medianos o pequeños para el mercado de semilla. Ezeta, (2001), afirma: “Que en estos países los sistemas artesanales abastecen más del 95 % de las necesidades de semilla mientras que en los países no andinos donde la papa no es el cultivo tradicional los sistemas tecnificados tienen mayor participación en el mercado de semillas”.

Andrade Héctor (2013), define a la semilla como uno de los insumos más importante para la producción de un cultivo y es el elemento clave para la disseminación de variedades mejoradas o la re-introducción de variedades nativas. En el caso de papa, la semilla es un tubérculo que, por su naturaleza asexual, tiene varias ventajas y desventajas. Puede ser re-utilizado de una campaña a otra, reduciendo así los costos de producción, pero al mismo tiempo es voluminoso, perecible y puede ser atacado por plagas y enfermedades que disminuyen su calidad a lo largo del tiempo produciendo la degeneración de la semilla.

En el 2013 Andrade H., comenta que “la forma en la que la semilla se produce y distribuye es un tema altamente sensible, pues de ella depende en gran medida la productividad de un cultivo”.

La falta de semilla de calidad es uno de los factores limitantes al momento de incrementar los rendimientos, “el sistema informal que los agricultores tienen para producir semilla prevalece, la cual es utilizada reiteradamente en sus siembras” (Hidalgo, 2008).

Con respecto a Chuquillanquí & Mateus, (2009), la forma convencional de producir semilla pre-básica de papa es multiplicando material limpio en invernaderos usando sustratos esterilizados.

2.3. Beneficios del uso de semilla Certificada de papa.

La utilización de semilla certificada garantiza un sin número de beneficios para los agricultores pues esta semilla tiene la capacidad de germinar, emerger y generar cultivos uniformes y productivos, así como también no tiene riesgos de transmitir problemas fitosanitarios y sobre todo la calidad física de la semilla evita que haya materiales extraños o insectos dentro del material certificado.

Por otro lado una semilla certificada puede garantizar mayor adaptabilidad, productividad y resistencia a plagas y enfermedades.

2.4. Variedades de semilla demandada.

Actualmente se utiliza tubérculos oriundos de campos, destinados a papa comercial, donde Velázquez, J., (2010), difiere que “el 55,2% de los productores usan su propia semilla, porque no tienen otra alternativa de compra, el 43,3% desconfían de la calidad de los materiales existentes en los diferentes mercados y el 1,5% no precisan comprar”. La venta de “semilla” casera es realizada en varios mercados y almacenes localizados en todas las provincias.

Una vez que el productor toma la decisión de la variedad de papa a sembrar, es fundamental establecer qué tipo de semilla de papa de dicha variedad va a utilizar en el lote de terreno.

Estudios realizados por el proyecto “Fortalecimiento de la innovación agrícola para la seguridad alimentaria en la región andina” por medio del Estudio de la demanda de semilla de papa de calidad en el Ecuador realizado en el 2012, encontró que las variedades más demandadas por los productores de papa son:

- Carchi: Súper Chola (41%), Diacol-Capiro (29%) y Única (20%).
- Cotopaxi: INIAP-Cecilia (Leona Blanca) (31%), Súper Chola (23%) y Uvilla (8%).
- Tungurahua: Súper Chola (46%), INIAP -Fripapa (15%), y única (10%).
- Chimborazo: INIAP -Gabriela (27%), INIAP –Fripapa (20%) y Súper Chola (14%).
- Cañar: Súper Chola (78%) y Jubaleña (22%).

2.5. Uso de semilla certificada.

Se verifica que el uso de semilla certificada es bajo, y que la mayor parte de la semilla de alta calidad está concentrada en superficies grandes de terreno, que corresponden a un número reducido de productores, generalmente con recursos financieros y localizados cerca de la Estación Santa Catalina del INIAP, Tabla 1.

En el Ecuador se siembran a mayor escala, alrededor de 30 variedades y cultivares de papa de las cuales más del 90% son variedades mejoradas por el INIAP (Velázquez, 2013).

Tabla 1. Uso de semillas certificadas, por estratos de agricultores que compran semillas en el INIAP

| ESTRATO (kg semilla) | ÁREA TOTAL (ha) | ÁREA PLANTADA CON SEMILLA CERTIFICADA (ha) | USO DE SEMILLA CERTIFICADA (%) |
|-------------------------|--------------------|--|--------------------------------------|
| 1 (<450 kg) | 281 | 4,3 | 1,5 |
| 2 (451-900 kg) | 590 | 7,6 | 1,3 |
| 3 (>901 kg) | 5360 | 79,4 | 1,48 |
| Total | 6231 | 91,3 | 1,47 |

Fuente: Centro Internacional de la Papa (CIP 2010).

Según el INIAP, Tabla 1, se da a conocer que el uso de semilla certificada corresponde a un mínimo porcentaje que es del 1.47%.

2.6. Oferta y demanda de semilla pre-básica de papa

Para la oferta de semilla, existe un Sistema Formal (o Convencional) de semilla de papa, es generada y comercializada por el Departamento de Producción de Semillas de la Estación Experimental Santa Catalina del INIAP, MAGAP y los multiplicadores certificados de semilla de papa (que se registran y son evaluados por el MAGAP).

Según, Velázquez J, (2010) anualmente en el INIAP se produce aproximadamente 200 t en 10 ha sembradas, siendo las variedades más utilizadas: Gabriela, Esperanza, María, Santa Catalina, Friepapa, Rosita, Margarita y Súper chola (INIAP 1998 - INIAP 2001).

Actualmente la oferta de semillas de las categorías iniciales: pre básica, básica y registrada, solo es hecha en el Departamento de Producción de Semillas de la Estación Experimental Santa Catalina, del INIAP

En regiones productoras de papa, el área promedio plantada es de 49,000 ha/año, no existe problemas en el abastecimiento de la cantidad necesaria de tubérculos utilizados como semilla, pero existen serias limitaciones al respecto de la calidad de este insumo.

De acuerdo con Velázquez J, (2010) la cobertura de las áreas sembradas con tubérculos-semilla certificada es muy reducida así, se puede observar que la superficie sembrada por los agricultores cubre aproximadamente 1.5% del área total.

Quienes demandan de semilla de papa producida por el sistema formal son las siguientes personas naturales y empresas siendo estos los productores principales de semilla en el país:

Tabla 2: Principales multiplicadores de semilla fiscalizados por el MAGAP en el Ecuador.

| NOMBRE | AREA DE INFLUENCIA | TIPO DE SISTEMA |
|------------------------------|---------------------------|------------------------|
| AGRIPAC | Nacional | Formal |
| ECUAQUIMICA | Nacional | Formal |
| Aso. Manuel J. Bastidas | Carchi | Formal |
| Corporación Sembrando Futuro | Carchi | Formal |
| Marcelo Imbaquingo | Carchi | Formal |
| Leandro Garcés | Cotopaxi | Formal |
| CONPAPA | Tungurahua | Formal |

| | | |
|---|--------------------|----------|
| CONPAPA | Chimborazo | Informal |
| Asociación de productores y comercializadores PURUGUAY | Chimborazo | Formal |
| Santa Susana | Cayambe | Formal |
| UCE-FCA | Carchi y Pichincha | Formal |
| ST Sebastián Corp. S.A. | Cayambe | Formal |
| Agroventura | Pichincha | Formal |
| ESPE-IASA | Pichincha | Formal |
| Asociación de productores y comercializadores de semillas de Cotopaxi "ALLI MUYU" | Cotopaxi | Formal |
| Asociación de Desarrollo Comunitario INCA | Chimborazo | Formal |
| Asociación Productores Agropecuarios y Comerciantes San Francisco | Bolívar | Formal |

Fuente: OFIAGRO, 2012; MAGAP, 2013; RED LATINPAPA, 2013.

2.7. Costos de semilla

Los precios de papa a nivel nacional muestran alta volatilidad, debido a los cambios climatológicos como son las heladas, granizadas, sequías o la poca o nula planificación en el sistema productivo (Flores *et al.*, 2012).

Sin embargo el precio de comercialización del quintal de Semilla Registrada de papa del INIAP alcanza los USD \$31,50. Es importante recalcar que según los datos recabados del INIAP, éste únicamente abastece del 7% al 11% de la demanda requerida de Semilla Registrada, sucediendo que normalmente los multiplicadores demandan mayores volúmenes de semilla.

Los tubérculos-semilla de mejor calidad son más costosos, pero a la vez tienen mejores rendimientos y por lo tanto mejores tasas de retorno. Las semillas de categorías altas (prebásica, básica y registrada) se comercializan menos pero algunos productores de semillas las solicitan. Los precios de estas categorías son más elevados que los de las categorías comunes o certificadas. (Hidalgo O, 2008).

2.8. Precios de Compra y Venta de la Semilla de Papa.

Los precios de compra y venta de semilla se ven influenciados por factores como la accesibilidad de compra y venta, la variedad de la semilla, pues unas son más demandadas que otras y sobre todo el nivel o tipo de productor.

En términos generales, se observa que el precio promedio de compra pagado por el pequeño productor llega a USD \$ 10,97, mientras que para un mediano productor alcanza los USD \$ 16,63 (1,5 veces mayor al precio de compra del pequeño productor), en tanto que un gran productor de papa paga por el quintal de semilla un promedio de USD 21,2 (1,9 veces mayor al precio de compra del pequeño productor). Flores *et al.* (2012).

Para el caso de los precios de venta, el pequeño productor vende mucho más barata su semilla (USD 13,14) en comparación con los precios de venta del quintal de semilla del mediano productor (USD 16,69) y del productor grande (USD 21,19). Esto obviamente está relacionado con la calidad de semilla que cada tipo de productor utiliza.

2.9. Costos de producción de semilla certificada

Según Carrion, L, (2010), los costos totales en la producción de semilla de papa alcanzan un valor promedio de 5625.82 USD y en INIAP- DPS un valor de 4301.80 dólares por hectárea. Una relación beneficio/costo de 1,29 USD. El rubro que más influye es la mano de obra. Pues como manifiesta Carrión, L., (2010), se realizan actividades adicionales como descarte de plantas atípicas, control de calidad y desinfección de semilla.

El rubro que más influye es la mano de obra. Pues la producción de semilla difiere a la producción comercial, porque se realizan actividades adicionales como descarte de plantas atípicas, control de calidad, y desinfección de la semilla.

2.10. Sistemas de producción de semilla.

Básicamente existen dos sistemas de semilla: el sistema formal (llamado también convencional o de certificación.) y el sistema informal (llamado también de campesino, de agricultor o tradicional). (Andrade, 2013).

Los sistemas de semilla en la mayoría de países en vía de desarrollo provienen de un sistema tradicional o informal, esto quiere decir que son manejados por los propios agricultores, sin la regulación del sector público. De acuerdo a Graham, (2008) el sistema informal sigue siendo mucho más importante de acuerdo a los siguientes factores:

La demanda de semilla formal es baja por su alto costo pues para el agricultor esto elevaría su costo de producción, sin mencionar que en el sistema informal interviene mano de obra familiar no remunerada, que de ser adquirida semilla formal o certificada, esto representaría un mayor porcentaje de gastos monetarios.

El desarrollo del sistema formal sucede cuando el agricultor siente interés por conseguir variedades mejoradas e inicialmente pueden demandar algo de semilla formal, pero una vez que tienen su propia semilla, la demanda cae, como piensa Bidaux (como se citó en Graham, 2008).

Por lo general en países en vía de desarrollo el sistema informal está adaptado a las necesidades de los agricultores, donde pueden acceder a variedades acordes al gusto y necesidad del agricultor, a diferencia del sistema formal que aquí se puede difundir semilla y mantener su calidad de forma limitada.

Generalmente en nuestro medio se distribuye ampliamente, pero no siempre se mantiene su calidad, ya que se pasa desapercibido las normas fitosanitarias al momento de su clasificación después de la cosecha, o pueden entrar en contacto con estiércol y animales domésticos, dando lugar a la proliferación de plagas y enfermedades. (Vega G, 2013).

Para el sistema formal existe una producción diferente al informal donde depende de procesos debidamente controlados, Graham, (2008) se refiere que pasa por varias multiplicaciones produciendo diferentes categorías. La semilla pre-básica, producida en

invernaderos o laboratorios, es usada para producir semilla básica en campo. La semilla básica es usada para producir semilla registrada y la registrada es para producir semilla certificada; así se cumple con la Ley y Reglamento de Semillas del Ecuador de 1979.

En nuestro país la producción de semilla certificada ha sido muy variable; generalmente llegaba a los agricultores más grandes en las áreas favorecidas. Por eso Reynoso (como se citó en Graham, 2008) delibera que la semilla certificada solo abastecía la parte central del Ecuador

Según Hidalgo (1999). Dentro del sistema formal de producción de tubérculos-semillas, el programa de certificación es una parte fundamental para completar el proceso de producción y garantizar la calidad del producto; La certificación está basada en un conjunto de normas legales que establecen las pautas para medir la calidad del producto y de sus productores.

Montesdeoca *et al.*, (2001), manifiesta que las categorías de tubérculos-semillas de papa que están definidas en la Codificación de la Ley y Reglamento de Semillas del Ecuador de 1979, son:

Semilla Pre-básica.- Son tubérculos que provienen de plántulas producidas *in vitro*, que han pasado por un proceso de limpieza por métodos meristemáticos y termo-terapéuticos y que han satisfecho las tolerancias establecidas por el control de calidad y se producen dentro de un ambiente protegido.

Semilla Básica.- Es la semilla que se produce multiplicando semilla Pre-básica siguiendo métodos que garanticen su alto grado de identidad genética y pureza varietal. Es esta fase el índice de selección y límite de tolerancia deben estar de acuerdo a las normas y reglamentos de producción de semilla.

Semilla Registrada.- Es la semilla que proviene de la multiplicación de los tubérculos-semilla de categoría Básica. Esta es la semilla que se vende a los agricultores en especial a los promotores de semilla.

Semilla Certificada.- Es la semilla que proviene de la multiplicación de los tubérculos-semilla de categoría Registrada.

Semilla Común.- Corresponde a especies, mejoradas o no genéticamente, que no se encuentran registradas y que, para su comercialización, deberán cumplir los requisitos de calidad establecidos en la Ley y Reglamento de Semillas de Ecuador de 1979.

Por lo contrario el sistema informal no se encuentra regulado por el estado, no considera categorías de semilla, produce y distribuye variedades que no han sido registradas (como variedades nativas) y, en países en desarrollo en determinados cultivos (como papa), es el sistema que abastece la mayoría de semilla. (Hidalgo 1999).

2.11. Tecnologías para la producción de semilla pre-básica de papa.

El cultivo de papa en el país es característico, porque está conformado por agricultores pequeños, donde su objetivo fundamental es incrementar su producción con buenas prácticas agrícolas y con el uso de tecnologías amigables con el ambiente y sobre todo económicamente factible para los productores.

Según Otazú, (2009) comenta que la producción de tubérculos-semillas de papa debe iniciarse con material de la más alta calidad sanitaria. Es necesario, por tanto, disponer de núcleos iniciales generados de plantas *in vitro* o de plantas que provengan de un programa de multiplicación clonal. A partir de estas plantas o de sus descendientes se pueden producir muchas más por medio de la multiplicación acelerada.

La producción de semilla de papa pre-básica se basa en un proceso o etapas como son: cultivo *in vitro* o en laboratorio, la producción de plantas madres y el uso de estas plantas para obtener esquejes o brotes, los cuales son sembrados en invernaderos para la producción de semilla de papa pre-básica a través de sistemas convencionales, hidropónicos o aeropónicos.

2.12. La Aeroponía como una nueva técnica de producción.

Para Farran I, Mingo-Castel A., (2006), la palabra aeroponía se deriva del latín “aero” que significa (aire) y “Ponic” que significa (trabajo), refiriéndose al método de cultivo donde las raíces crecen suspendidas en un medio nebulizado. Al no existir problema para el desarrollo de raíces de las plantas, se promueve un mejor crecimiento radicular y de estolones, facilitando la absorción de nutrientes y contribuyendo a un aumento en el número de tubérculos por planta.

Una de las tecnologías para abaratar costos es la aeroponía. Se trata de una técnica novedosa capaz de producir grandes cantidades de mini-tubérculos de papa. Las raíces crecen en el aire dentro de módulos especialmente adaptados dentro de un invernadero, y las plantas se alimentan por medio de una solución nutritiva por medio de nebulización dirigida a sus raíces.

Según Kromann, (2010), científico del CIP, con la aeroponía las cosechas son múltiples y secuenciales, se ahorra agua y no se utilizan desinfectantes de suelo. Además, la semilla que proviene de estos invernaderos es de muy alta calidad.

Por consiguiente Kromann, (2010), dice que “Implementando esta técnica se logra mejorar los rendimientos y se reducen los costos de producción hasta USD 0.09 por mini tubérculo; también, permite aprovechar mejor el espacio vertical del invernadero, se pueden cosechar sólo semillas del tamaño y peso deseado (10 a 12 gramos), y lo más importante, se mejora la calidad sanitaria de los mini tubérculos”.

Por otro lado Chuquillanquí & Mateus, (2009) afirma que la técnica de cultivo sin suelo es una herramienta ideal para obtener semilla pre-básica de papa. Las semillas de papa obtenidas son de excelente calidad y de tamaño y peso apropiados para la siembra, por esta razón, aquellos futuros productores aeropónicos de semilla pre-básica podrán tener mayores ingresos por la venta de tubérculos de papa producidos, libre de virus, hongos y bacterias.

2.13. Ventajas y desventajas de la Aeroponía.

Según Chuquillanquí & Mateus, (2009), comentan que entre las ventajas se pueden mencionar las siguientes:

- Mayor rendimiento de tubérculos por planta.
- Control en el tamaño deseado de la semilla final.
- Al desarrollar las raíces suspendidas en un sistema cerrado, totalmente oscuro, no se desarrollan algas.
- Excelente aireación del microambiente radicular, origina un crecimiento vigoroso de las raíces.
- El gasto de agua y nutrientes es sumamente bajo con respecto a otros sistemas hidropónicos.

Entre las desventajas se pueden mencionar las siguientes:

- Alto costo inicial en la instalación del sistema aeropónico.
- Es necesario hacer un manejo del componente de nutrición en el sistema.
- Un desbalance puede afectar la producción final o pérdida de plantas.
- Si hay descuido en la higiene, se pueden infectar a las raíces por bacterias y hongos.

2.14. Análisis económico en la producción de semilla de papa.

El análisis económico permite evaluar objetivamente los resultados de un proyecto, que ha generado ingresos y egresos, considerando que existen métodos para identificar, clasificar, asignar, recolectar e informar y comparar costos. “Es importante evaluar los costos de cualquier método de producción de semilla, o tecnología general, para determinar su rentabilidad”. Espinoza, P. Crissman c., (1996). Llevando registros permanentes de todos los costos de producción pues genera un manejo óptimo de recursos, también lleva a tomar decisiones acertadas.

La producción de papa para Pumisacho M y Sherwood S, (2002) debe ser entendida no solo como un proceso social y técnico, si no también económico. Los costos son todos

los egresos, no solo en efectivo sino también en especie, que se realizan durante el proceso productivo. Estos egresos o costos deben ser registrados cuidadosamente y ser categorizados para propósitos de análisis. Esto permitirá determinar los costos de producción (costos fijos, variables y totales) dentro del proceso productivo, que es muy importante puesto que año tras año estos costos varían por la influencia de factores internos y externos.

Los indicadores económicos denominados índices, permiten representar una realidad económica de manera cuantitativa y directa, donde el proyecto es evaluado durante un cierto periodo, para realizar proyecciones y lograr el crecimiento sustentable de la empresa, reduciendo costos de producción, asignando valores adquisitivos del producto final que sean convenientes al consumidor.

CAPÍTULO III

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Descripción del área de estudio

La investigación se realizó en la Granja Experimental “Yuyucocha”, situada en la ciudad de Ibarra, parroquia de Caranqui, ver Anexo N° 1. Presenta las siguientes coordenadas geográficas:

3.1.1. Ubicación geográfica.

| | |
|----------------------|--------------------|
| Latitud: | 00° - 21' - 53'' N |
| Longitud: | 78° - 06' - 32'' W |
| Coordenada X: | 819312 m E UTM |
| Coordenada Y: | 10036401 m N UTM |
| Datum: | WGS 84 |
| Zona: | 17 Sur |

3.1.2. Características climáticas.

Donde está situado el invernadero se registraron las siguientes características:

| | |
|---------------------------------|--------------|
| Altitud: | 2228 msnm |
| Temperatura media anual: | 26 °C |
| Luminosidad: | 12 horas/día |
| Humedad relativa: | 75% |

Fuente: Carta Topográfica Ibarra (2010)

El área de estudio fue un invernadero de 144 m², recubierto en su totalidad con plástico calibre N° 7. Dentro del invernadero se contó con cuatro modulares aeropónicos de 1,00 m de ancho, 1 m de alto, y 14 m de largo, un sistema de riego por micro aspersion, un equipo para regulación del riego

3.2. Materiales y equipos.

A continuación se detallan los materiales y equipos empleados en la producción de semilla pre-básica de papa.

3.2.1 Material vegetal.

Plantas de papa *in vitro*, variedad superchola.

3.2.2 Insumos

3.2.2.1 Insumos de protección.

Guantes

Mascarillas

Mandiles

3.2.2.2 Insumos Agrícolas.

Shy (insecticida)

Confidor (insecticida)

Gladiador (insecticida)

Thiofanato metil (fungicida)

Kumulus (fungicida)

Acrobat (fungicida)

3.2.2.3 Insumos para Solución Nutritiva.

Nitrato de calcio

Sulfato de magnesio

Sulfato de potasio

Nitrato de potasio

Nitrato de amonio

Quelato de hierro

Ácido fosfórico
Sulfato de cobre
Cloruro de manganeso
Sulfato de zinc
Ácido bórico
Molibdato de amonio

3.2.2 Materiales de campo.

Cinta métrica
Balanza de digital
Medidor d pH
Escobas
Balde
Gavetas
Esponjas
Termómetros
Higrómetros
Bomba de fumigar a mochila.
Bomba de fumigar a motor.
Rótulos de identificación
Herramientas de campo (palas, azadones, rastrillo, etc.).
Alambre calibre Nro. 10
Piola
Marcadores permanentes
Malla para tutoreo Cinta de embalaje
Sarán
Tijeras
Vasos plásticos
Atomizadores
Toallas absorbentes
Fundas plásticas
Gillets
Pinzas metálicas

Pomina 3.2.3 Materiales de invernadero.

Listones de madera

Plástico de invernadero calibre #7

Malla Antiáfido

Estructura Metálica

Pintura esmalte

Polietileno color negro

Plástico bicolor

Tubo galvanizado ½"

Tubo PVC roscable ½"

Manguera ½"

Tanque plástico 1000 lts

Tanque de hormigón armado Fc" 210 kg

Tubería PVC 2"

Bomba hidroneumática de 1,5 HP

Tanque de presión de 40 G

3.2.4 Accesorios de instalación.

Alambre Nro. 14

Tubo PVC roscable de 1"

Uniones

Neplos

Universales

Válvula Check

Válvula de Control de Aire

Filtro de discos

Manómetro

Válvula de pie

Llave de control de compuerta

Manguera Flex de 32 mm

Manguera Flex de 16 mm

Manguera ¾" (Acometida eléctrica)

Caja térmica de 2 a 4 puntos
Micro-aspersores
Codos
Conectores
Focos de 100 watts
Clavos
Tornillos
Pega Blanca
Pintura
Lijas
Esmalte
Thinner
Cinta aislante
Planchas de espuma Flex
Toma corrientes dobles Mang ½ “
Válvula eléctrica de 1”
Tubo PVC ½” (Agua Potable)
Llave pico de madera ½

3.2.5 Equipos.

Equipo de riego
Aire acondicionado
Ventiladores
Sistema de control automático Timer y Tablero

3.2.6 Equipos de oficina.

Computadora
Cámara fotográfica
Hojas de papel bond
Fotocopias
Memoria USB
Libreta de campo

Material Bibliográfico
Esferográfico

3.3 METODOS.

3.3.1 Factores en estudio.

La investigación contempla cubrir completamente los costos que se muestran a continuación detallando los rubros que se utilizaron para estructurar los costos de producción agrícolas:

Costos del invernadero
Costos de los modulares aeropónicos
Costos del sistema de riego
Costos de Insumos agrícolas
Costos de materiales de campo
Costos de materiales de laboratorio
Costos de mano de obra
Costos de administración

3.3.2 Características del experimento

El experimento estuvo constituido por un invernadero de estructura metálica, recubierto de plástico calibre número 7, malla anti áfido, en su interior permanecen cuatro modulares aeropónicos, cada modular de 14 m de largo y 1m de ancho, en total. Largo: 20m; Ancho: 8m

La unidad experimental, estuvo constituida por dos planchas de espuma flex de 1,20 m² dando (2,40 m²), siendo el número de plantas la superficie neta de la unidad experimental, localizados sobre los modulares aeropónicos. En las planchas se encontraron los hoyos distanciados de acuerdo a la densidad en estudio consideradas anteriormente indicadas en el tratamiento.

| | |
|---------------------------------------|----------------------------------|
| a) Repeticiones: | 4 |
| b) Tratamientos: | 1 |
| c) Superficie total del experimento: | 144 m ² (invernadero) |
| d) Superficie de unidad experimental: | 2,40 m ² |
| e) Superficie neta de UE: | Número de plantas |
| f) Superficie neta del ensayo: | 28,80 m ² (2,40 x 12) |

3.3.2.1 Características de modulares

| | |
|--------|-----|
| Largo: | 14m |
| Ancho: | 1m |
| Alto: | 1m |

3.3.3 Variables evaluadas.

- Rendimiento
- Clasificación de tubérculos por tamaño y peso
- Análisis de costos de producción
- Análisis de indicadores económicos

3.3.3.1 Rendimiento.

Para determinar esta variable se registró el número de tubérculos semilla por planta en los cuatro módulos aeropónicos experimentales.

3.3.3.2 Clasificación de tubérculos por tamaño y peso.

La clasificación de los tubérculos, se la realizó del total de mini-tubérculos cosechados observando la siguiente, Tabla 3:

Tabla 3. Clasificación de tubérculos

| CLASIFICACION | TAMAÑO (cm) | PESO (g) |
|---------------|-------------|-------------|
| Cero | 0.8 a 1.4 | < 2 g |
| Uno | 1.5 a 1.7 | 2 g a 5 g |
| Dos | 1.8 a 2.5 | 5 g a 10 g |
| Tres | 2.6 a 3.5 | 10 g a 15 g |
| Cuatro | 3.5 a 4.5 | > 15 g |

Fuente: (Autores).

Diferenciación por tamaño según el INIAP

3.3.3.3 Análisis de Costos de Producción.

En este análisis se tomó en cuenta los factores en estudio señalados anteriormente, ordenando y señalando en una tabla los rubros, unidad, cantidad, costo unitario, costo total, porcentajes y observaciones.

En cada uno de los rubros se tomaron en cuenta ítems de gastos adicionales para cada una de las actividades o acciones a ejecutar, de acuerdo a las necesidades de la investigación y desarrollo del cultivo.

Los costos de producción se clasificaron en:

Costo general de fabricación o costos fijos, denominados así ya que fueron aquellos bienes que participaron en el inicio del proceso investigativo, tal es el caso del equipamiento; sistema de riego, modulares, e infraestructura.

Costos variables o directos, denominados así ya que estos fueron aquellos que intervinieron directamente, para la producción en sí, aquí estuvieron presentes rubros como materia prima, insumos y mano de obra directa.

3.3.3.4 Análisis de indicadores económicos.

Este análisis consistió en cuantificar los rubros económicos, sus relaciones y evolución de las actividades económicas producidas en los costos totales de producción de la obtención

de semilla bajo el sistema aeropónico; realizar comparaciones con otros indicadores económicos, con el objetivo de guiar gastos de alguna de las actividades relacionadas con la inversión; consecuentemente estos indicadores llevó a tomar en cuenta la realización del análisis de sensibilidad del producto, incrementando y disminuyendo su costo.

3.3.3.5. Análisis de Beneficio/costo.

Esta variable permitió conocer el margen de ganancia que existió en el proyecto; siendo el beneficio los ingresos y el costo la inversión; por lo cual está representado en porcentaje de ganancia, siempre y cuando este sea mayor que uno.

3.3.3.3. Análisis del margen de beneficio.

Para de determinación del margen de beneficio del experimento se utilizó la siguiente fórmula:

$$\text{Margen de Beneficio} = \text{Ventas} - \text{Costo}$$

Entendiéndose que los ingresos obtenidos por el rendimiento total de mini-tubérculos semillas en el sistema aeropónico, se llamó Ventas y la inversión realizada en el sistema se llamó el costo.

3.4 Manejo específico del experimento.

El estudio se basó en la investigación agronómica titulada: “Evaluación del sistema aeropónico en la producción de papa semilla”, llevando a cabo las fases agrarias de: siembra, poda inicial, tutorado, floración, formación de tubérculos, madurez fisiológica, cosecha y clasificación.

Con la finalidad de que se comprenda la fase agronómica, en forma secuencial, se detallan las actividades relevantes que se realizaron:

3.4.1 Estructuración del invernadero.

La Universidad Técnica del Norte y el Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca, en el año 2014 realizaron un convenio para emprender el proyecto integral basado en los ejes de mejoramiento de calidad de la semilla de papa y protección medio ambiental. El proyecto se ejecutó en las instalaciones de la Granja Experimental Yuyucocha.

Para la ubicación del invernadero se optó por un área con orientación Norte-Sur, con una luminosidad de 12 horas por día, provisto de servicios básicos como agua y electricidad. Otros factores que se tomaron en cuenta para la ubicación fueron: nivelación del suelo, drenaje, ausencia de árboles y otros cultivos especialmente solanáceos. Ver Foto N° 1.

Consecuentemente se procedió a armar la estructura externa del invernadero con una película plástica traslúcida (calibre N° 6) y malla anti-áfido. En la parte interna del invernadero se instalaron cuatro modulares aeropónicos de 1 m x 1 m x 14 m de longitud, un sistema de riego por micro aspersion, un equipo para regulación del riego. Ver anexos Fotos N° 1, 2, 3, 4, 5, 6. Finalmente se realizó la instalación de ventiladores y el generador. Ver anexos Foto N° 7 y 8.

3.4.2 Limpieza externa e interna del invernadero.

Para garantizar un ambiente aséptico permanente dentro y fuera del invernadero. Esta actividad se realizó por tres ocasiones durante todo el ciclo de vida del cultivo. Ver anexos Foto N° 18.

3.4.3 Construcción y preparación de cajones aeropónicos.

En el interior del invernadero se construyó cuatro cajones de madera de (1 m x 14 m x 1 m), reforzados en su estructura con listones de madera, acoplados con pernos. En la parte superior media de los cajones se efectuaron perforaciones, tanto en la parte anterior como posterior donde se encajaron las manguerillas de 16 mm de ancho, con micro aspersores, con la finalidad de suministrar el riego y la fertilización (Ferti-irrigación). Ver anexos, Foto N° 11 y 12.

3.4.4 Instalación de planchas de espuma Flex.

Las estructuras de los cajones de madera, se recubrieron con planchas de espuma flex en su totalidad. En la parte lateral se diseñaron ventanas movibles para facilitar la cosecha de los tubérculos; mientras que en la parte superior propuesta para la parcela del experimento se situaron láminas de espuma flex de $1,20\text{ m}^2$ recubiertas de plástico blanco; en dichas láminas se efectuaron perforaciones con una separación de 20 cm para colocar tubos plásticos cuya finalidad fue perfeccionar la ubicación de las *vitro plantas*.

3.4.5 Adecuaciones al interior del invernadero.

En el piso del invernadero se colocó una capa de 10 cm de pomina (cascajo blanco), material inerte que proporcionó desinfección y control de humedad al ambiente interno. Los motores de los equipos se situaron en la parte exterior del invernadero, empotrados en mesas de cemento, protegidos con mallas de hierro y cubiertos con una lámina de eternit.

El monitoreo diario de la temperatura con el uso de termómetros colocados dentro de los modulares y fuera en el invernadero; mostraron las siguientes lecturas: 7 a 14 °C durante las primeras horas del día (madrugada), 15 a 32 °C durante el día (mañana y media tarde) respectivamente. Los registros de temperatura permitieron la colocación estratégica de tres aires acondicionados permitiendo la circulación y enfriamiento del aire especialmente en días soleados. Ver anexos Foto N° 15.

La intensidad de la radiación solar, promovió el incremento de la temperatura y la humedad relativa en el interior del invernadero alcanzando los 32°C, por lo cual se colocó sarán de color negro en la parte superior, costados laterales y frontales del invernadero como protector solar, evitando el golpe directo de los rayos solares. Adicionalmente fue necesario colocar tres ventiladores eléctricos en la parte media y posterior superior del invernadero para obtener un movimiento homogéneo del aire frío y caliente dentro del invernadero. Ver anexos, Foto N° 16 y 17.

Con estas adecuaciones se alcanzó una temperatura de 26°C en promedio, parámetro aceptable para la producción de mini-tubérculos en aeroponía. Durante el tiempo de prueba,

los higrómetros dieron lecturas que variaron entre 60 y 90% de humedad relativa dentro del invernadero, que gracias al sistema de ventilación y enfriamiento, se consiguió estabilizar este factor en un rango de 70 y 80 %. Ver anexos Foto N°18

3.4.6 Sistema de riego y fertilización (Fertirrigación).

El sistema de riego constó de un tanque de 1000 litros de capacidad que se conectó a una bomba de 1/2 caballo de potencia, para distribuir la solución nutritiva por medio de los nebulizadores que fueron acoplados a las mangueras (distancia de 50 cm) y distribuidas en cada uno de los módulos; paralelamente se instaló un interruptor horario (timer), con el objetivo de regular automáticamente el tiempo de la fertirrigación. Ver anexos Foto N° 9 y 10.

El tiempo de riego fue cada quince minutos, 12 segundos (15´ 12´´). Previamente se realizaron varias pruebas del sistema de riego para evitar cualquier imprevisto y comprobar el normal funcionamiento de la presión de la bomba, calibración del timer para automatizar la ferti-irrigación, la limpieza y sanidad del agua. Ver anexos Foto N° 13 y 14.

3.4.7 Pruebas de filtración en cajones aeropónicos.

Durante el funcionamiento del sistema de riego, se verificó el reciclaje de la solución nutritiva, inclinación de los modulares aeropónicos (1-2%) y el deslizamiento de la solución nutritiva a través del plástico en el interior de los cajones. Posteriormente se efectuaron las correcciones correspondientes para su óptimo uso. Ver anexos Foto N° 20.

3.4.8 Adquisición de vitro plantas.

Una vez terminada la adecuación y la climatización del invernadero para el desarrollo de las vitro plantas, se adquirieron 1000 plantas del Departamento de Biotecnología de la Estación Experimental Santa Catalina del INIAP. Ver anexos Foto N° 20, 21,22.

3.4.9 Trasplante.

Las plántulas in vitro llegaron en tubos de ensayo de 10 cm x 15 mm, conteniendo 4 ml de medio agar estéril, guardando sus condiciones climatológicas. Las plántulas que mostraron una altura de 5 a 6 cm fueron removidas con pinzas estériles hacia el exterior del tubo de ensayo y lavadas con agua caliente para eliminar los residuos de agar que se hallaban en sus raicillas. Inmediatamente fueron depositadas sobre un papel filtro húmedo en bandejas de plástico, con el fin de mantenerlas hidratadas y colocarlas en las mesas aeropónicas. Para la siembra se cubrió el cuello de la raíz y la base del tallo con delgadas esponjas para ser sujetadas en el hoyo de la mesa. Ver anexos Foto N° 23. Las plántulas se sembraron a una densidad de siembra de 20 x 20 por m².

3.4.10 Fertilización.

Esta práctica se manejó a través del sistema de riego; las soluciones nutritivas fueron aplicadas en dos etapas fisiológicas del cultivo, la etapa inicial (desde el trasplante hasta el inicio de la tuberización) y la etapa final (desde la floración hasta la tuberización). Los primeros días se preparó una solución nutritiva inicial, con una mínima cantidad de nutrientes. Más adelante, se cambió la solución nutritiva por una más concentrada denominada solución nutritiva final, véase en Tabla 4. Para la preparación de las soluciones se tomaron en cuenta los porcentajes de concentración de los elementos nutritivos que existieron en las sales fuentes, para los cálculos de ppm requeridos por el cultivo. Ver anexos Foto N° 27,28.

Tabla 4 Concentración y fuentes de nutrientes para la solución final en el cultivo de papa bajo aeroponía. Ibarra 2015

| Nutriente | Concentración (ppm) | Fuentes de los nutrientes |
|------------------|--------------------------------|--|
| N | 150 | NH ₄ NO ₃ , Ca(NO ₃) ₂ , KNO ₃ , (NH ₄) ₆ Mo ₇ O ₂₄ |
| P | 45 | H ₃ PO ₄ |
| K | 260 | K ₂ SO ₄ , KNO ₃ |
| Ca | 150 | Ca(NO ₃) ₂ , agua |
| Mg | 45 | MgSO ₄ |
| S | 92 | MgSO ₄ , CuSO ₄ , ZnSO ₄ , K ₂ SO ₄ |
| Fe | 1 | Quelato de hierro |
| Mn | 0.4 | MnCl ₂ |
| Zn | 0.074 | ZnSO ₄ |
| B | 0.13 | H ₃ BO ₃ |
| Mo | 0.036 | (NH ₄) ₆ Mo ₇ O ₂₄ |
| Cu | 0.038 | CuSO ₄ |

Fuente: (CIP, 2010).

El procedimiento para preparar la solución nutritiva para un tanque de 500 litros de agua, fue la siguiente:

1. Pesar y medir las cantidades requeridas de cada fertilizante.
2. Disolver en forma separada cada fertilizante en recipientes que contengan medio litro de agua. Disolver el sulfato de potasio en agua caliente para agilizar el proceso.
3. Colocar el 50% de agua en el tanque de 500 litros, en los cuales se fue colocando cada fertilizante disuelto.
4. Para medir el quelato de hierro (20 ml) y el ácido fosfórico (44 ml), se utilizó una probeta y se añadieron directamente al tanque de 500 litros.
5. Colocar los mililitros de cada una de las soluciones de micro elementos.
6. Llenar el tanque con el agua restante hasta completar los 500 litros.
7. Agitar bien la solución para que la distribución de los nutrientes sea homogénea en toda la solución. Proceso que debe hacerse todos los días.
8. Determinar el pH y la conductividad eléctrica de la solución nutritiva.

3.4.11 Poda inicial

Esta práctica se realizó cuando las plantas llegaron a una altura de 10 cm aproximadamente. A la edad de un mes y veinte días después del trasplante. Consistió en el corte de hojas bajas cuidando que se mantengan las yemas axilares del tallo principal e introduciendo el tallo en los orificios de cada planta, procurando que solamente queden al aire el ápice de las mismas con tres pares de hojas. Esta actividad permite un normal desarrollo vegetal. Ver anexos Foto N° 25 y 26.

3.4.12 Tutoreo

Se efectuó a los 45 días después del trasplante, se sujetó alambre galvanizado número 10 alrededor de los módulos con el fin de mantener estable a la malla totora a diferentes alturas: la primera a los 20 cm, la segunda a los 50 cm, la tercera a los 100 cm, la cuarta a los 150 cm y la quinta a los 180 cm de altura, que fueron necesarias para sostener los tallos y hojas de las plantas. Ver anexos Foto N° 30.

3.4.13 Podas.

Cuando las plantas estuvieron en una etapa fisiológica más desarrollada se eliminó los brotes axilares inferiores en el tallo principal, pues demandaba a la planta un gasto innecesario de energía y se consideraba como posible fuente de infección de enfermedades. Fue importante desinfectar los cortes utilizando fungicidas para evitar cualquier infección en los tallos.

3.4.14 Controles fitosanitarios

De forma preventiva, se aplicó el insecticida, Trofeo – Acefato en una dosis de (1 cc/litro), para controlar “trips” que se encontraron en el módulo 1 en poca incidencia. Para el control de “araña roja” se aplicó al follaje el insecticida Confidor – Imidacloprid a una dosis de (1 ml/litro). Para control de hongos (*Fusarium*) se aplicó el fungicida Thiofanato metil en una

dosis de (1cc/litro), agregado en mezcla; Kumulus en una dosis de (1.5 cc/litro) y Acrobat MZ (1.5 cc/litro) para controlar Lancha (*Phytophthora infestans*). Ver anexos Foto N° 29.

3.4.15 Cosecha

La cosecha se realizó cuando las plantas alcanzaron el estado de senescencia; es decir cuando el follaje presentó un color amarillento y los mini-tubérculos alcanzaron las características de la variedad, es decir la coloración rosa jaspeado con crema, señal de madurez del tubérculo. Ver anexos Foto N° 35 y 36.

El inicio de la cosecha fue a los 126 a 135 días. Posteriormente se efectuaron seis cosechas consecutivas; la primera se realizó el 18 de noviembre del 2014, las siguientes cosechas se efectuaron cada 15 a 20 días, prolongándose el período de cosecha durante 95 días siendo la última el 3 de febrero de 2015.

3.4.16 Lavado y Desinfección.

Esta práctica se la realizó luego de haber recolectado los tubérculos, aprovechando para retirar los residuos de las raíces. Posterior a esto se sumergieron en una solución de hipoclorito de sodio al 0.1% hasta dos veces y se expusieron al ambiente para su secado.

3.4.5 Diseño experimental.

De acuerdo al estudio “Incidencia de la densidad de siembra en la producción de semilla de papa (*Solanum tuberosum* L.) variedad Superchola en el sistema aeropónico”; se utilizó el diseño experimental de Bloques completos al azar (DBCA), los tratamientos aplicados consistieron en tres densidades de siembra: 20, 12 y 10 plantas/m², con cuatro repeticiones.

CAPITULO IV

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Rendimiento

La variable rendimiento fue evaluada al momento de la cosecha, donde se tomó en cuenta el número de tubérculos promedio por planta; para luego obtener el número total de tubérculos por modulo o repetición. Véase en Tabla 5.

Tabla 5. Rendimiento de semilla pre-básica de papa ν -Superchola por planta. Ibarra, 2015

| DETALLE | NUMERO DE MÓDULOS | | | | | TOTAL | Promedio |
|----------------------------|-------------------|--------------|--------------|--------------|--|--------------|----------|
| | I | II | III | VI | | | |
| NUMERO PLANTAS | 149 | 263 | 249 | 189 | | 850 | (213) |
| NUMERO TUBERCULOS | 126 | 71 | 75 | 99 | | 371 | (93) |
| Nº TOTAL TUBÉRCULOS | 18774 | 18673 | 18675 | 18711 | | 74833 | |

Fuente: (Autores).

De acuerdo a la Tabla 5 se determina un rendimiento promedio de 93 tubérculos por planta, dato que se asemeja a las investigaciones de Otazú V. et. al. (2010), que obtuvo una producción de más de 100 tuberculillos/planta, en la Estación Experimental CIP- Huancayo (Perú); en cambio que Mateus, J. et. al. 2013, en sus estudios de producción de mini-tubérculos de papa cultivados en el sistema aeropónico, consiguió un rendimiento promedio de 70 tubérculos/planta. Estas semejanzas o diferencias de los rendimientos de mini tubérculos/planta dependerán de la variedad o variedades con las que se esté trabajando.

4.2. Clasificación de tubérculos.

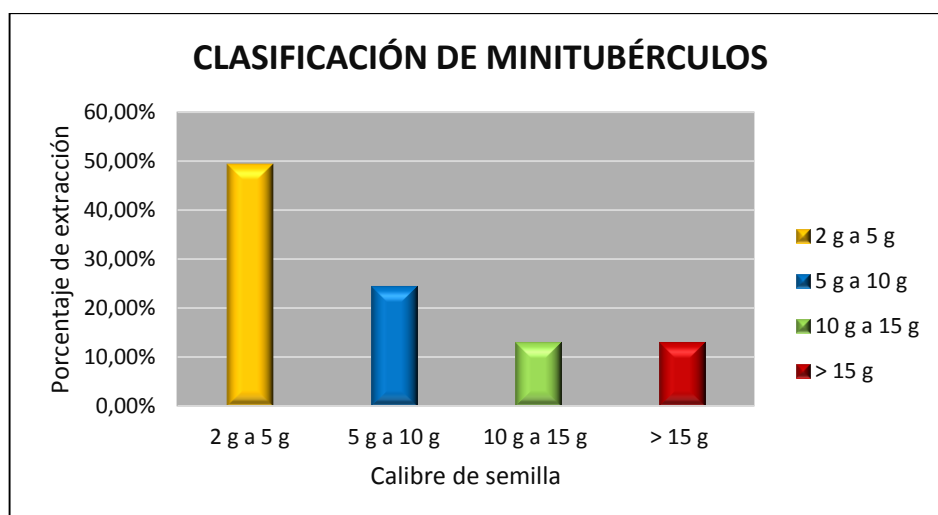
La clasificación de tubérculos se realizó de acuerdo al tamaño y peso que presentaron los mini tubérculos semilla cosechados, alcanzándose el 49,46% de primera categoría; 24,45% de segunda, 13,04 % de tercera y cuarta categorías, respectivamente. Estos datos indicaron que la variedad Superchola, presentó un mayor porcentaje de tubérculos en calibres uno y dos, Tabla 6.

Tabla 6. Clasificación de semilla pre-básica de papa/planta. Ibarra, 2015

| CLASIFICACIÓN | TAMAÑO (cm) | PESO (gramos) | N° TUBÉRCULOS (número) | PORCENTAJE |
|---------------|-------------|---------------|------------------------|------------|
| Uno | 1.5 a 1.7 | 2 g a 5 g | 37014 | 49,46% |
| Dos | 1.8 a 2.5 | 5 g a 10 g | 18299 | 24,45% |
| Tres | 2.6 a 3.5 | 10 g a 15 g | 9760 | 13,04% |
| Cuatro | 3.5 a 4.5 | > 15 g | 9760 | 13,04% |
| TOTAL | | | 74833 | 99,99% |

Fuente: (Autores).

Como se observa en la Tabla 6, la producción de papa ν -Superchola tuvo un alto porcentaje de mini-tubérculos en el rango de 2 a 5 g, y en menor porcentaje en el rango de >15 g; resultados que concordaron con lo que dijo Otazú, V. (2010), sobre el sistema aeropónico, indicando que es un método que produce una gran cantidad de mini-tubérculos, de los cuales, más del 90% son de un peso menor de 10g, y de éstos el 67% tienen un peso de 2 a 5 g.

**Gráfico N° 1. Variable, clasificación de semilla pre-básica de papa/planta. Ibarra, 2015**

Fuente: (Autores).

La obtención significativa de mini tubérculos semilla de peso 2 a 5 g; Gráfico 1 y pocos de >15 g ; se debió fundamentalmente a las temperaturas diurnas en el invernadero que fluctuaron entre los 26 a 30°C, durante el período de tuberización; resultado que concuerda con lo que manifestó Midmore, D. (1988), que el número y tamaño de tubérculos por planta disminuyen cuando existen temperaturas altas en las etapas de formación de tubérculos, debido a su efecto directo sobre el proceso fotosintético, respiración y tasas de conversión de azúcares a almidones; añade además, que en las áreas donde influyó con más intensidad los rayos del sol, hubo menor ganancia en peso y tamaño de los tubérculos.

4.3. Análisis de costos de producción.

Los costos de producción, muestran los costos fijos y variables realizados en la producción de semilla bajo el sistema aeropónico, describiendo los rubros, unidad, cantidad, precios unitario y total, como se detallan a continuación.

4.3.1. Costos fijos

4.3.1.1 Servicios

Se establecieron los gastos de servicios básicos y análisis de laboratorio que intervinieron en el desarrollo de la investigación como se indica en la siguiente Tabla 7:

Tabla 7. Inversión en servicios básicos para el funcionamiento de equipos y maquinaria para la producción de semilla pre-básica de papa en un invernadero de 200 m². Valores expresados en US \$. Ibarra 2015.

| RUBRO | UNIDAD | CANTIDAD | PRECIO | PRECIO |
|---------------|----------------|----------|---------------------|------------------|
| | | | UNITARIO (US \$) | TOTAL (US \$) |
| Consumo agua | m ³ | 52 | 0,9 | 46,8 |
| Consumo luz | Kv/h | 5760 | 0,08 | 460,8 |
| Análisis agua | N° Muestras | 1 | 25 | 25 |
| TOTAL | | | | 532,6 |

Fuente: (Autores).

El consumo de estos servicios fue ineludibles durante el período vegetativo del cultivo, sumando un costo total de 532,60 USD, Tabla 7.

4.3.1.2 Costo general de Cubrimiento del Invernadero.

En la granja experimental Yuyucocha, se encontró establecida una estructura metálica de invernadero, de 10 m de ancho, 20 m de largo y 8 m de alto, que redujo el gasto operativo de la investigación. Esta estructura se recubrió con plástico y malla anti-áfidos, materiales considerados como costos indirectos. Tabla 8.

Tabla 8. Inversiones en la implementación de un Invernadero de 200 m² para el desarrollo del sistema aeropónico. Ibarra 2015

| RUBRO | CANTIDAD | VALOR UNITARIO (US \$) | CANTIDAD TOTAL (US \$) | VIDA ÚTIL (años) | DEPRECIACION EXPERIMENTO (US \$) |
|----------------------------------|----------|------------------------|------------------------|------------------|----------------------------------|
| Estructura metálica. | 180 | 15,56 | 2800,8 | 5 | 373,44 |
| Malla anti-áfido. | 84 | 1,88 | 157,92 | 3 | 35,09 |
| Plástico invernadero calibre # 6 | 224 | 3,36 | 752,64 | 3 | 167,25 |
| TOTAL | | | | | 575,79 |

Fuente: (Autores).

El costo más significativo fue el de la estructura metálica del invernadero, que a pesar de su existencia se le determinó un valor económico por su vida útil y depreciación. Luego se tiene el costo del plástico de invernadero calibre # 6, para el cubrimiento de 200 m² y la malla anti-áfidos para el cubrimiento de ventanas o zonas de aireación, material muy específico para proteger y prevenir la infestación de insectos de los géneros díptera, hemíptera, lepidóptera y ortóptera al cultivo de papa, como recomienda Nichols, M. (2009), para la producción de la primera generación de tubérculos se debe prever un ambiente protegido de insectos.

4.3.1.3 Costos de Modulares aeropónicos.

En los costos de los modulares aeropónicos, se detallan los valores de los materiales de construcción, los mismos que suman los 1605,89 dólares. Para el estudio se consideró 3 años de vida útil y una depreciación para cada campaña de producción; al respecto el investigador Mateus, J. (2010), en sus trabajos consideró la vida útil para los módulos aeropónicos, de 7 años, tiempo que puede variar por la calidad y tipo de material utilizados en su construcción Tabla 9.

Tabla 9. Costos de materiales para la construcción de modulares aeropónicos para la producción de semilla pre-básica de papa en invernadero. Ibarra 2015

| DETALLE | CANTIDAD (número) | VALOR UNITARIO (US \$) | CANTIDAD TOTAL (US \$) | VIDA ÚTIL (años) | DEPRECIACION EXPERIMENTO (US \$) |
|-------------------------|----------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------|--|
| Estructura de módulos | 616 | 5,67 | 3492,72 | 3 | 776,16 |
| Listones de madera | 616 | 0,88 | 542,08 | 3 | 120,46 |
| Planchas de espuma flex | 235 | 9,19 | 2159,65 | 3 | 479,92 |
| Polietileno color negro | 235 | 2,81 | 660,35 | 3 | 146,74 |
| Plástico bicolor | 118 | 3,15 | 371,7 | 3 | 82,60 |
| TOTAL | | | | | 1605,89 |

Fuente: (Autores).

4.3.1.4 Costo general del sistema de riego

En la Tabla 10, se señalan los costos ejecutados en el sistema de riego que representó el 7,9% de la inversión total de la construcción del sistema aeropónico. Este sistema estuvo compuesto por un medidor de tiempo automatizado o también denominado “timer”; una electrobomba de 2 HP; una bomba hidroneumática de presión; tanque plástico con una capacidad de 1000 litros para almacenar la solución nutritiva; mangueras para la distribución de la solución nutritiva, aspersores y elementos de ferretería; sistema similar al construido por Otazú, V. y Chuquillanquí en el Centro Internacional de la Papa (CIP), para la producción de semillas pre-básicas a bajo costo.

Tabla 10: Costo del sistema de riego para la producción de semilla pre-básica de papa en el sistema aeropónico. Ibarra 2016

| DETALLE | CANTIDAD (número) | VALOR UNITARIO (US \$) | CANTIDAD TOTAL (US \$) | VIDA ÚTIL (años) | DEPRECIACION EXPERIMENTO (US \$) |
|--|----------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------|--|
| Sistema de control automático timer y tablero. | 1 | 425 | 425 | 3 | 94,44 |
| Manguera Flex de 32 mm. | 45 | 5,72 | 257,4 | 10 | 17,16 |
| Manguera flex de 16mm. | 150 | 4,8 | 720 | 10 | 48,00 |
| Llave pico de manguera ½ | 1 | 9,55 | 9,55 | 10 | 0,64 |
| Tanque de hormigón armado | 0,72 | 395 | 284,4 | 10 | 18,96 |
| Bomba hidroneumática de 1,5 HP | 1 | 1.352,00 | 1352 | 1 | 901,33 |
| Generador eléctrico | 1 | 1.372,50 | 1372,5 | 5 | 183,00 |

| | | | | | |
|--|------|-------|---------|----|----------------|
| Tubería PVC 2" para desagüe de líquidos. | 71 | 5,6 | 397,6 | 10 | 26,51 |
| Tanque de plástico 1000Litros | 1 | 256,1 | 256,1 | 10 | 17,07 |
| Tubo PVC | 30 | 2,4 | 72 | 10 | 4,80 |
| Tubo Galvanizado | 1 | 4,39 | 4,39 | 10 | 0,29 |
| Excavación para instalación de tanque plástico | 1,57 | 10,02 | 15,7314 | 10 | 1,05 |
| Tubo PVC roscable | 2 | 7,5 | 15 | 10 | 1,00 |
| Instalación de Agua potable | 2 | 19,92 | 39,84 | 10 | 2,66 |
| Instalación de válvula eléctrica de 1" tipo Bermad | 1 | 97,15 | 97,15 | 10 | 6,48 |
| Herramientas y accesorios | 1 | 10,43 | 10,43 | 5 | 1,39 |
| TOTAL | | | | | 1324,78 |

Fuente: (Autores).

4.3.1.5 Costo general de materiales complementarios.

En la Tabla 11, se detallan los materiales que se utilizaron durante el proceso de desarrollo del cultivo. La malla “totora” para el tutorado de los tallos y follaje de las plantas; el sarán, localizado y recubriendo la parte superior y lateral del invernadero, para evitar el ingreso directo de luz solar a los tallos y follaje de las plantas; los baldes y gavetas, para la recolección de mini-tubérculos a la cosecha. La evaluación de duración de estos materiales se determinó en 3 años de vida útil para su depreciación.

Tabla 11. Costos de materiales complementarios para la producción de semilla pre-básica de papa bajo el sistema aeropónico. Ibarra 2015.

| DETALLE | CANTIDAD | VALOR UNITARIO (US \$) | CANTIDAD TOTAL (US \$) | VIDA ÚTIL (años) | DEPRECIACIÓN EXPERIMENTO (US \$) |
|-------------------|----------|------------------------|------------------------|------------------|----------------------------------|
| Baldes | 3 | 8 | 24 | 3 | 5,33 |
| Gavetas plásticas | 20 | 4 | 80 | 3 | 17,78 |
| Malla totora | 200 | 1,5 | 300 | 3 | 66,67 |
| Sarán | 100 | 1,1 | 110 | 3 | 24,44 |
| Total | | | | | 114.22 |

Fuente: (Autores).

4.3.2. Costos variables.

En estos costos se agruparon los bienes y servicios que sufrieron o pueden sufrir variaciones y que intervienen en forma directa de acuerdo al volumen de producción o nivel de actividad; entre ellos se encuentran:

4.3.2.1. Costos de insumos agrícolas.

En la Tabla 12, se detallan los materiales objeto de la investigación como las *vitro* plantas, fertilizantes fuente, insecticidas, fungicidas, herbicida y otros insumos agrícolas utilizados en el cultivo. El cálculo de estos insumos se realizó de acuerdo al volumen gastado. Chuquillanqui, J. (2009), al referirse al uso de insumos agrícolas en sus investigaciones señala que el gasto en los fertilizantes fuente de las soluciones nutritivas y pesticidas es mínima, situación que disminuye significativamente la inversión de producción de papa semilla en el sistema aeropónico y punto clave para los inversionistas.

Tabla 12. Costos de insumos agrícolas en la producción de semilla pre-básica de papa bajo un sistema aeropónico. Ibarra 2015

| DETALLE | UNIDAD | CANTIDAD | VALOR | COSTO |
|----------------------|--------------|----------|---------------------|------------------|
| | | | UNITARIO (US \$) | TOTAL (US \$) |
| Vitro plantas | Número | 1000 | 0,60 | 600 |
| Nitrato de calcio | kilos/litros | 12 | 0,97 | 11,64 |
| Nitrato de potasio | kilos/litros | 10 | 0,64 | 6,4 |
| Nitrato de amonio | kilos/litros | 5 | 0,52 | 2,6 |
| Sulfato de magnesio | kilos/litros | 10 | 0,61 | 6,1 |
| Ácido fosfórico | kilos/litros | 6 | 19,11 | 114,66 |
| Sulfato de potasio | kilos/litros | 0,5 | 48,17 | 24,085 |
| Quelato de hierro | kilos/litros | 1,5 | 20 | 30 |
| Sulfato de cobre | kilos/litros | 0,01 | 37,64 | 0,3764 |
| Cloruro de manganeso | kilos/litros | 0,37 | 24,18 | 8,9466 |
| Sulfato de zinc | kilos/litros | 0,01 | 28,38 | 0,2838 |
| Ácido bórico | kilos/litros | 0,01 | 44,46 | 0,4446 |
| Molibdato de amonio | kilos/litros | 0,01 | 24,28 | 0,2428 |

| | | | | |
|--------------|--------------|-----|----|---------------|
| Insecticidas | kilos/litros | 0,5 | 15 | 7,5 |
| Fungicidas | kilos/litros | 0,5 | 12 | 6 |
| Alcohol | kilos/litros | 20 | 4 | 80 |
| Cloro | kilos/litros | 8 | 3 | 24 |
| Herbicidas | kilos/litros | 12 | 8 | 96 |
| Total | | | | 1019,3 |

Fuente: (Autores).

4.3.2.2. Costos por mano de obra.

En este acápite se señala el gasto por pago de mano de obra o jornal, de cada una de las actividades realizadas durante el ciclo vegetativo del cultivo de papa, monitoreo, manejo y limpieza externa e interna del sistema aeropónico e invernadero. Tabla 13.

Tabla 13. Costos de mano de obra para la producción de semilla pre-básica de papa por medio del sistema aeropónico. Valores expresados en US \$. Ibarra 2015

| DETALLE | UNIDAD | CANTIDAD (número) | VALOR UNITARIO (US \$) | COSTO TOTAL (US \$) |
|------------------------------|--------|----------------------|------------------------------|---------------------------|
| Nivelación | Jornal | 1 | 12 | 12 |
| Desinfección | Jornal | 1 | 12 | 12 |
| Plantación | Jornal | 12 | 12 | 144 |
| Arreglo invernadero | Jornal | 4 | 12 | 48 |
| Arreglo ventiladores | Jornal | 2 | 12 | 24 |
| Arreglo aires acondicionados | Jornal | 2 | 12 | 24 |
| Riegos | Jornal | 53 | 12 | 636 |
| Poda-aporque | Jornal | 8 | 12 | 96 |
| Aplicación controles | Jornal | 6 | 12 | 72 |
| Mantenimiento | Jornal | 6 | 12 | 72 |
| Tutorado | Jornal | 10 | 12 | 120 |
| Recolección | Jornal | 10 | 12 | 120 |
| Clasificación | Jornal | 10 | 12 | 120 |
| Limpieza, Lavado | Jornal | 2 | 12 | 24 |
| Almacenado | Jornal | 2 | 12 | 24 |
| TOTAL | | | | 1548 |

Fuente: (Autores).

4.4 Análisis de indicadores económicos.

La evaluación del sistema aeropónico en la producción de papa semilla variedad superchola, permitió obtener los datos de producción de mini tubérculos/planta, mismos que se sometieron al análisis económico para la campaña de producción y conocer la factibilidad o no de esta actividad en este sistema.

En la Tabla 14, se señala el resumen financiero sobre los costos ejecutados en la producción de papa semilla en el sistema aeropónico. Se observa que el costo total de producción fue de 6720,58 USD, para un ciclo de producción de semilla, gasto bastante considerable si comparamos con los 9000,00 USD que le costó al investigador Chuquillanqui, C. (2012). Mateus, 2010, al comentar sobre el costo de inversión de los 9000,00 USD, mencionó que el proyecto fue factible si los rendimientos de papa semilla superen los 30 mini tubérculos/planta.

Tabla 14. Costo de producción de una campaña para la producción de semilla pre-básica de papa en el sistema aeropónico. Ibarra 2015

| INDICADOR | USD |
|----------------------------------|----------------|
| MATERIA PRIMA | 1019,30 |
| MANO DE OBRA | 1548,00 |
| COSTO GENERAL DE FABRICACIÓN | 4153,28 |
| COSTO TOTAL DE PRODUCCIÓN | 6720,58 |

Fuente: (Autores).

4.4.1. Ingresos

Para la obtención de los ingresos totales Tabla 15, se tomó en cuenta la producción total de mini tubérculos/planta, en este caso fue de 74833, Tabla 5. El precio unitario de cada mini tubérculo (0,09 centavos de dólar) fue el resultado de la división del costo total de producción (6720,58 USD) y la producción de mini tubérculos (74833). El precio estimado del mini tubérculo en el mercado que fue de 0,17 centavos de dólar, se estimó de la resta entre el precio real de esta investigación (0,09 centavos de dólar) y la del investigador Otazú, V. (2009), (0,25 centavos de dólar). Entonces los ingresos totales reales fue de 12721,61 USD (74833 x 0,17). Mediante estos análisis matemáticos de datos y precios de investigaciones

similares, se confirma la validez del sistema aeropónico y la oportunidad para producir semilla de alta calidad genética, con un 90% de ganancia.

Tabla 15. Ingresos de una campaña de producción de semilla pre-básica de papa en el sistema aeropónico. Ibarra 2015

| INDICADOR | USD |
|-----------------------------|-----------------|
| Producción total | 74833 |
| Costo unitario | 0,09 |
| Precio estimado del mercado | 0,17 |
| Ganancia en cada tubérculo | 0,08 |
| % De ganancia | 90% |
| Ingresos totales | 12721,61 |

Fuente: (Autores).

4.5 Beneficio/ costo.

La relación beneficio/costo del proyecto de producción de papa semilla en el sistema aeropónico fue de 1,90 USD, para la variedad superchola, Tabla 16, lo que significa que por cada dólar invertido en la inversión se recupera el dólar y se obtiene una ganancia de 0,90 centavos, demostrando de esta forma la validez del proyecto y económicamente rentable Gráfico 2.

Tabla 16: Relación beneficio/costo de una campaña de producción de semilla pre-básica de papa en el sistema aeropónico. Ibarra 2015

| INDICADOR | USD |
|-------------------------------|-------------|
| Ingresos | 12721,61 |
| Egresos | 6720,58 |
| Índice beneficio/costo | 1,90 |

Fuente: (Autores).

Análisis gráfico de la relación beneficio/costo

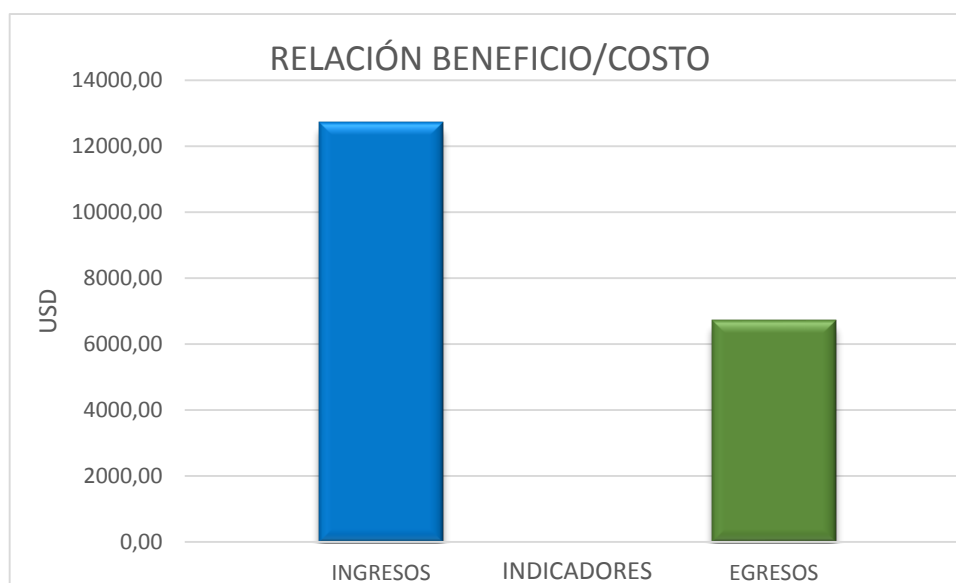


Gráfico N° 2. Relación beneficio/costo (USD), para la producción de semilla pre-básica de papa

Fuente: (Autores).

4.5.1 Beneficios del Experimento.

El beneficio del experimento (6001,03 USD) fue la diferencia entre los ingresos (12721,61 USD) menos los costos totales de producción (6720,58 USD) en un ciclo de producción Tabla 17.

Tabla 17. Beneficio del experimento de una campaña de producción de semilla pre-básica de papa en el sistema aeropónico. Ibarra 2015

| INDICADOR | USD |
|-----------------------------------|----------------|
| Ingresos | 12721,61 |
| Costos | 6720,58 |
| Beneficios del experimento | 6001,03 |

Fuente: (Autores).

4.6 Margen de Beneficio

El margen de beneficio de 0,90 centavos de dólar, Tabla 18, fue el producto del beneficio del experimento (6001,03 USD) dividido por el costo total de producción de los mini tubérculos (6720,58 USD).

Tabla 18. Margen beneficio de una campaña de producción semilla pre-básica de papa en el sistema aeropónico. Ibarra 2015

| INDICADOR | USD |
|----------------------------|-------------|
| Ganancias del experimento | 6001,03 |
| Costo del experimento | 6720,58 |
| Margen de beneficio | 0,90 |

Fuente: (Autores).

4.6.1 Punto de equilibrio.

Este indicador se determinó, tomando en cuenta los costos generales de fabricación o costos fijos y los costos variables; en los costos fijos se analizaron las depreciaciones de los equipos, herramientas y materiales; mientras que para los costos variables, se tomaron en cuenta los costos que cambiaron en forma directa en el desarrollo del proyecto.

Se calculó con la siguiente fórmula:

$$PE = \frac{CF}{P - CV}$$

Donde:

PE: Punto de equilibrio

CF: Costos fijos

P: Precio de venta

CV: Costos variables

$$PE = \frac{4153,28}{0,17 - 0,03}$$

$$PE = 29666.29 \text{ Unidades.}$$

Costos fijos = Costo general de fabricación

Ventas totales = Ingresos totales

Como resultado se obtuvo 29666.29 unidades, es decir, que el punto de equilibrio para que el sistema aeropónico sea rentable se debería producir esta cantidad de mini tubérculos, caso contrario, el sistema no será rentable y ocasionaría pérdidas a la inversión.

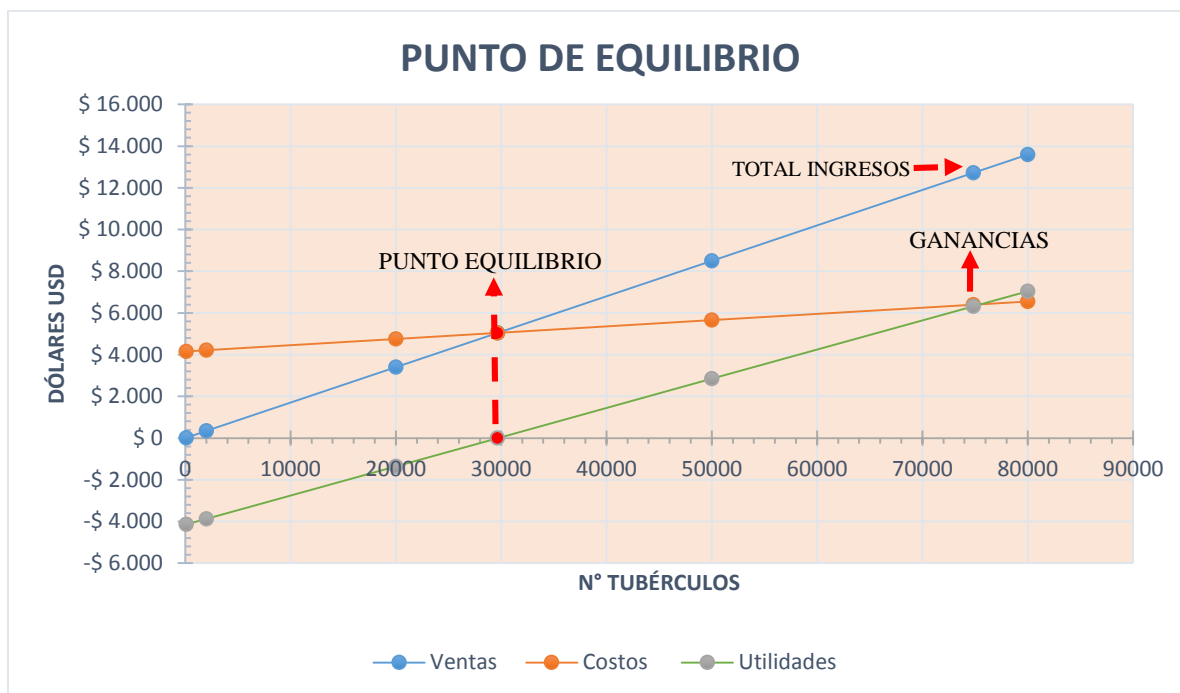


Gráfico N° 3. Punto de equilibrio

Fuente: (Autores)

4.6.2 Análisis de sensibilidad

Para un proyecto de carácter financiero o económico es necesario proyectar posibles escenarios, que identifiquen las variaciones que pueden suceder durante el tiempo de vida del proyecto, en base a estas variaciones tomar la decisión más adecuada, logrando la mejor rentabilidad de los capitales utilizados.

El análisis de la Tabla 19, se realizó con diferentes escenarios de producción como son 20, 60, 93 y 120 mini-tubérculos/planta, como también escenarios de variación en el mercado, para saber de qué forma pueden afectar a la inversión y con esto se podrá analizar el precio mínimo de venta.

Tabla 19. Análisis de sensibilidad de producción de semilla pre-básica de papa bajo el sistema aeropónico. Ibarra 2015.

| | PRECIO | |
|----------------------------|-----------|-------|
| | TUBÉRCULO | B/C |
| | US \$ | |
| RENDIMIENTO | 0,09 | US \$ |
| 20 mini-tubérculo/planta | -5190,58 | 0,23 |
| 60 mini-tubérculo/planta | -2130,58 | 0,68 |
| 93 mini-tubérculos/planta | 18,89 | 1,00 |
| 120 mini-tubérculos/planta | 2459,42 | 1,37 |
| RENDIMIENTO | 0,17 | |
| 20 mini-tubérculo/planta | -3830,58 | 0,43 |
| 60 mini-tubérculo/planta | 1949,42 | 1,29 |
| 93 mini-tubérculos/planta | 6001,03 | 1,89 |
| 120 mini-tubérculos/planta | 10619,42 | 2,58 |
| RENDIMIENTO | 0,22 | |
| 20 mini-tubérculo/planta | -2980,58 | 0,56 |
| 60 mini-tubérculo/planta | 4499,42 | 1,67 |
| 93 mini-tubérculos/planta | 9753,68 | 2,45 |
| 120 mini-tubérculos/planta | 15719,42 | 3,34 |

Fuente: (Autores).

Se puede apreciar en la Tabla 19, que existiendo una variación en los rendimientos en este caso de 20, 60, 93 y 120 mini-tubérculos/planta, con un valor de 0,09 US \$ se observa valores negativos y que existiría un beneficio a partir de una producción mayor a 100 mini-tubérculos.

Para la variación de 0,17 US \$ ya existe un margen de recuperación notorio, bastaría con una producción aproximada de 60 mini-tubérculos/planta para tener un margen de beneficio de 1949,42 US \$ y un beneficio costo de 1,29 US \$, donde los 0,29 US \$ son ingresos netos o ganancias. Tabla 19.

Para la variación de 0,22 habría un valor negativo siendo el caso con una producción de 20 mini-tubérculos/planta, Tabla 19, pero si la producción incrementa a 60 o a 93 mini-tubérculos/planta, habría un incremento de los ingresos muy aceptable debido que es un precio muy conveniente para la producción de semilla.

CAPITULO V

5.1 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1.1 CONCLUSIONES

- El sistema aeropónico establecido en la Granja Experimental Yuyucocha produjo 93 mini tubérculos/planta a una densidad de siembra de 20 x 20 cm y un total de 74833 mini tubérculos.
- De acuerdo a la clasificación; 37014 mini tubérculos tuvieron un peso entre el rango de 2 a 5 g, seguido de 18299 en el rango de 5 a 10 g y manteniendo el mismo valor de 9760 en el rango de 10 a 15 y mayor a 15 g.
- El costo general de fabricación o costo fijo fue de 4153,28 USD, y el costo variable de 2657,30 USD, sumando un total de 6720,58 USD de inversión para el sistema aeropónico.
- El precio unitario por mini tubérculo es de 0,09 centavos de dólar a comparación del precio referencial del mercado que es de 0,17 centavos de dólar; obteniéndose un beneficio de ganancia de 0,08 centavos de dólar.
- El ingreso neto total de producción de mini tubérculos en el sistema aeropónico fue de 12721,61 USD, con una producción promedio de 93 mini tubérculos por planta.
- De acuerdo al índice de Beneficio/Costo, el proyecto de inversión en la producción de papa semilla bajo el sistema aeropónico fue factible y recomendable ya que en (1) dólar invertido hay un beneficio de ganancia de 0,90 centavos de dólar.
- Manteniendo una producción de 93 mini-tubérculos/planta, sensibilizando un precio de 0,22 USD por mini-tubérculo, existirá ingresos de 9753,68 US \$ por campaña.

- El punto de equilibrio fue de 29666.29 mini-tubérculos de producción por campaña, caso contrario causarán pérdidas.
- Los resultados obtenidos por medio de las variables evaluadas, rendimiento, clasificación de tubérculos, análisis de costo de producción, análisis de indicadores económicos permitió identificar un análisis positivo para ser adquirido por zonas productivas.

5.2 RECOMENDACIONES

- Con el fin de activar al sector productor de semilla, se recomienda utilizar el sistema aeropónico como alternativa válida en la producción y productividad de papa de calidad.
- Promover alternativas para la reducción de costos promoviendo el uso de materiales y equipos tecnológicos más baratos en la construcción de este sistema.
- Para próximas campañas reducir el costo por mano de obra en las diferentes labores culturales, esto se efectuaría gracias a un mejor conocimiento, manejo de las etapas fenológicas del cultivo de papa.
- Acudir a personal capacitado en construcción e instalación que mantengan al sistema aeropónico en funcionamiento, sin repercutir el ciclo de vida del cultivo para lograr el éxito en la producción de semilla pre-básica de papa.
- Incentivar a instituciones de investigación agrícola, el desarrollo de este sistema de producción de semilla en zonas de alta producción, a través de programas o proyectos inclusivos con el pequeño y mediano productor.
- Desarrollar nuevas técnicas para elaborar soluciones nutritivas con el objeto de tener un buen equilibrio en los diferentes componentes, una relación apropiada entre la absorción del agua y sus llegada a la planta; manteniendo un modelo sustentable y amigable con el medio ambiente.
- Garantizar al agricultor el uso de semilla certificada, como producto libre de plagas y enfermedades, incentivando cada vez más al uso del sistema formal en nuestro medio.
- Investigar otras alternativas en los reactivos que se utilizan para la fertilización del sistema aeropónico ya que no existe abastecimiento inmediato.

- Para próximas campañas tomar en cuenta la importancia de monitorear la temperatura en el invernadero; asegurando el desarrollo, estimulación y producción de tubérculos; con el fin que el producto final cumpla con los estándares de calidad.

BIBLIOGRAFÍA

- Andrade, Héctor. (2013). *Variedades de papa cultivadas en el Ecuador*. Quito: INIAP.
- Banco Central del Ecuador. (2013). *SECTOR AGROPECUARIO Programa de Encuestas de conyuntura*. Quito: Banco Central del Ecuador.
- Carrion, L. (2010). Estudio de Mercado para determinar las ventajas comparativas en la producción de semilla de papa (*Solanum tuberosum L.*). QUITO, PICHINCHA, ECUADOR.
- Chuquillanquí, C., & Mateus, J. (2009). PRODUCCION DE SEMILLA DE PAPA EN UN SISTEMA AEROPONICO (<https://research.cip.cgiar.org/confluence/display/redlatinpapa/Innovacion+Semillas>). *Red Iberoamericana de Innovación en Mejoramiento y Diseminación de la Papa*, 3.
- Espinoza, P. Crissman c. (1996). Contabilidad para los costos de producción de semilla de papa . *Un mecanismo de administración con base en una hoja de cálculo computarizada*. QUITO, PICHINCHA, ECUADOR.
- Ezeta. (2001). Producción de semilla de papa en Latinoamérica. *Revista Latinoamericana de la Papa*.
- FAO. (2015). *Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura*. Obtenido de Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura: <http://www.fao.org/3/a-a0503s/a0503s02.pdf>
- Farran I, Mingo-Castel Am. (2006). Potato Minituber Production Using Aeroponics. *Effect of plant Density and Harvesting Intervals Amer*.
- Flores R y Naranjo H. (2012). Estudio de la demanda de semilla de calidad en el Ecuador. *Superficie cosechada, producción y rendimiento de papa en Ecuador*. Quito, Pichincha, Ecuador : OFIAGRO.
- Flores R y Naranjo H. (1 de Noviembre de 2012). Estudio de la demanda de semilla de papa de calidad en Ecuador. *Breve diagnóstico de la situación de la papa en el Ecuador*. Quito, Pichincha, Ecuador: OFIAGRO.
- García, M. (2013). EVALUACIÓN TÉCNICA, ECONÓMICA Y DE SUSTENTABILIDAD DE DOS MÉTODOS DE PRODUCCIÓN DE SEMILLA PRE BÁSICA DE PAPA BAJO INVERNADERO. LIMA, PERÚ.
- Graham, T. (2008). *Sistemas Informales de Semilla*. Bolivia.
- Herrera M, Carpio H y Chávez Galo. (1999). Estudio sobre el subsector de la papa en el Ecuador . Quito, Pichincha, Ecuador: INIAP.
- Hidalgo O. (2008). Conceptos básicos sobre la producción de semillas de papa y de sus Instituciones. *Costos de semilla* . CHILE.

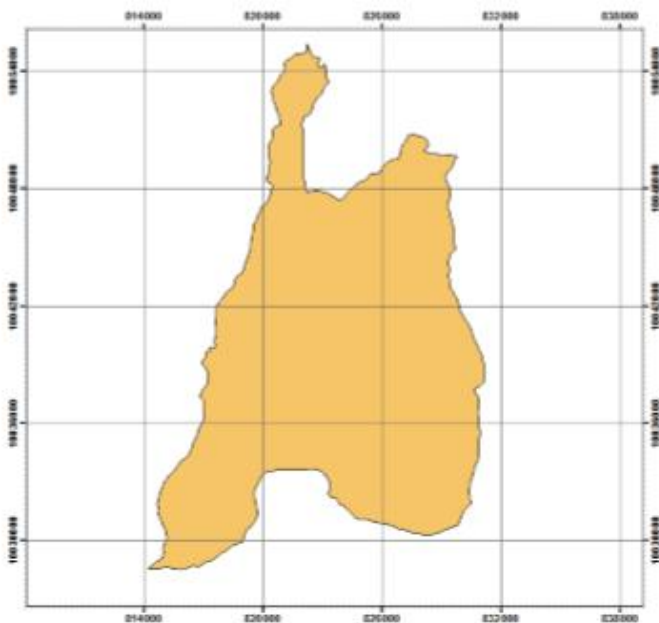
- Hidalgo, O. (2008). *Produccion de semilla Prebásica y Básica*.
- Kromann, P. (2010). PRODUCCIÓN DE MINITUBÉRCULOS DE SEMILLA DE PAPA EN EL SISTEMA AEROPÓNICO. *V Congreso Ecuatoriano de la Papa*, (pág. 2). RIOBAMBA.
- Mejía R, Méndez S, Pineda J, Hernández L. (2013). Manual de produccion de semilla de papa mediante técnicas de multiplicación asexual. Honduras: PYMERURAL.
- Meza A. (2002). PROCEDENCIA Y TAMAÑO DE SEMILLA, DISTANCIAMIENTO DE SIEMBRA, FERTILIZACIÓN ORGÁNICA Y MINERAL EN EL CULTIVO DE PAPA. Yungay, Lima, Perú.
- Ministerio de Agricultura, Ganaderia, Acuacultura y Pesca. (2013). *El cultivo de papa en Ecuador y planes de mejora*. Quito.
- Otazú V. (2010). Manual on quality seed potato production using aeroponics. Lima, Lima, Perú: Centro Internacional de la Papa .
- Otazú, V. (2009). Factores a tenerse en cuenta antes de empezar con aeroponía. En V. Otazú, *Manual de produccion de semilla de papa de calidad usando aeroponía* (pág. 36). Perú.
- Paredes, M., Calvache, M., Montesdeoca, F., & Benítez, J. (2012). ESTUDIO DE PRODUCCIÓN DE TUBÉRCULO-SEMILLA CATEGORÍA PREBÁSICA DE DOS VARIEDADES DE PAPA BAJO DIFERENTES SISTEMAS DE MANEJO. QUITO, PICHINCHA, ECUADOR.
- Pumisacho M y Sherwood S. (2002). El cultivo de la papa en Ecuador. *Origen e importancia*. Quito, Pichincha, Ecuador: Centro Internacional de la Papa.
- Reinoso, I. (2007). *El cultivo de papa y su participación en la Economía Ecuatoriana*.
- THIELE G. (1999). Sistemas Infomales de Semila de Papa en los Andes. *¿Por qué son importantes y que hacer con ellos?* Lima, Lima, Perú: Centro Internacional de la Papa.
- Vega G. (2013). *Organizacion de las naciones unidas para la agricultura y la alimentación*. Obtenido de <http://www.fao.org/climatechange/25232-0591200481e0e0f0d2dedae33b267aa55.pdf>
- Velázquez J. (2002). El sector de semillas de papa en la región andina del ecuador. Quito, Pichincha, Ecuador: INIAP.

ANEXOS

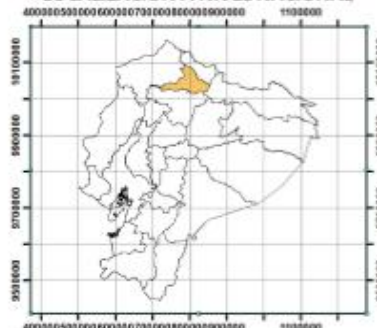
ANEXOS

Anexo N° 2: Mapa de Ubicación de la investigación

MAPA BASE AREA DE UBICACIÓN DEL ESTUDIO



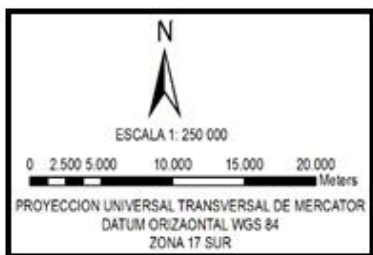
LOCALIZACION A NIVEL NACIONAL



LOCALIZACION A NIVEL PROVINCIAL



LOCALIZACION A NIVEL CANTONAL



| | | | |
|---|---------|-----------------|--------|
| UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE | | | |
| FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES | | | |
| CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA | | | |
| TÍTULO: | | | |
| INCIDENCIA DE LA DENSIDAD DE SIEMBRA EN LA PRODUCCIÓN DE SEMILLA DE PAPA (<i>Solanum tuberosum</i> L.) VARIEDAD SUPERCHOLA EN EL SISTEMA AEROPÓNICO, EN LA GRANJA EXPERIMENTAL PASTORAL - OMBAYASA | | | |
| AUTORES: | | DIRECTOR: | |
| DIEGO FLORES WILMER CAJICEDO | | ING. DAISY OAZO | |
| CONTENIDO: | | | |
| MAPA DE UBICACIÓN | | | |
| ESCALA: | FUENTE: | ELABORACIÓN: | HORA: |
| 1:250.000 | NUN | LOS AUTORES | 1 DE 1 |

Anexo N° 3. Análisis de agua



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

UNIVERSIDAD ACREDITADA RESOLUCIÓN 002-CONEA-2010-129-DC.
Resolución No. 001-073-CEAACES-2013-13

Laboratorio de Análisis Físicos, Químicos y Microbiológicos

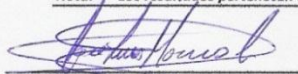
REPORTE DE ANALISIS DE AGUAS

| DATOS DEL SOLICITANTE | | DATOS DEL SITIO DE MUESTREO | |
|-----------------------|-------------------------------|-----------------------------|------------------|
| Nombre: | Universidad Técnica del Norte | Provincia: | Imbabura |
| Ciudad: | Ibarra | Cantón: | Ibarra |
| Solicitante: | Ing. Carlos Cazco | Parroquia: | Yuyucocha |
| Fax: | | Sitio: | Granja Yuyucocha |

| CARACTERÍSTICAS DE LA MUESTRA | | DATOS DEL LABORATORIO | |
|-------------------------------|--------------------|-----------------------|--------------------|
| Código: | Sin código | Nro. Reporte: | 111 - 2014 |
| Fecha: | 28 de mayo de 2014 | Tipo de Análisis: | SEMICOMPLETO |
| Color: | Incolora | Muestra: | Única |
| Aspecto: | Transparente | Fecha de Ingreso: | 28 de mayo de 2014 |
| | | Fecha de Reporte: | 11 de junio 2014 |

| Parámetros Químicos | Unidad | Valor | Método Aplicado |
|---|--------|-------|---|
| Cloruros (Cl) | mg/l | 46,62 | APHA 4500 Cl ⁻ B |
| Dureza Total (como CaCO ₃) | mg/l | 63,63 | APHA 2340 C |
| Hierro Total (Fe) | mg/l | 0,03 | HACH 8146 |
| P - Fosfatos (PO ₄) ³⁻ | mg/l | 0,88 | APHA 4500 P C |
| N - Nitratos (NO ₃) ⁻ | mg/l | 0,02 | APHA 4500 NO ₃ ⁻ B |
| Sulfatos (SO ₄) ²⁻ | mg/l | 65,69 | APHA 4500 SO ₄ ²⁻ E |
| Sodio (Na) | mg/l | 12,75 | APHA 3111 B |
| Potasio (K) | mg/l | 1,70 | APHA 3111 B |
| Calcio (Ca) | mg/l | 25,45 | APHA 3111 B |
| Magnesio (Mg) | mg/l | 16,00 | APHA 3111 B |
| Manganeso (Mn) | mg/l | 0,00 | APHA 3111 B |
| Cinc (Zn) | mg/l | 0,203 | APHA 3111 B |
| Cobre (Cu) | mg/l | 0,006 | APHA 3111 B |

Nota: Los resultados pertenecen exclusivamente para las muestras analizadas en el laboratorio.



Bioq. José Luis Moreno
TECNICO DE LABORATORIO



Visión Institucional

La Universidad Técnica del Norte en el año 2020, será un referente en ciencia, tecnología e innovación en el país, con estándares de excelencia institucionales.

Av. 17 de Julio S-21 y José María
Córdova. Barrio El Olivo.
Teléfono: (08)2997800
Fax: Ext. 7711.
Email: utn@utn.edu.ec
www.utn.edu.ec
Ibarra - Ecuador

Anexo 1 Ubicación del área de estudio Estructuración del Invernadero

Foto N° 1 Convenio UTN e INIAP



Foto N° 2 Construcción Invernadero



Foto N° 3 Recubierta de plástico



Foto N° 4 Recubierta de plástico



Foto N° 5 Colocación de Malla anti-áfido



Foto N° 6 Malla anti-áfido



Foto N° 7 Instalación de ventiladores



Foto N° 8 Instalación de generador



INSTALACIÓN DE SISTEMA DE RIEGO

Foto N° 9 Equipo de riego



Foto N° 10 Bomba de succión



Foto N° 11 Cajones aeropónicos



Foto N° 12 Distribuidor de mangueras y aspersores

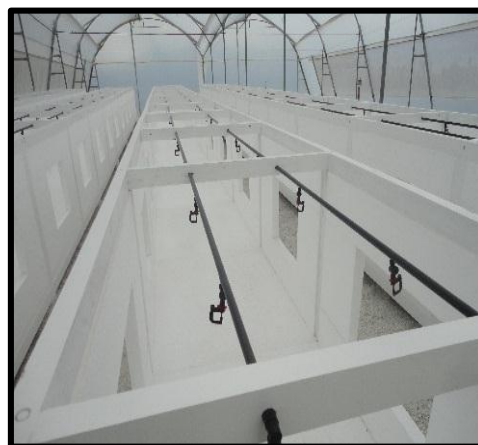


Foto N° 13 Tanque de presión



Foto N° 14 Timer



Foto N° 15 Aires Acondicionados



Foto N° 16 Enfriadores



Foto N° 17 Termómetro



Foto N° 18 Higrómetro



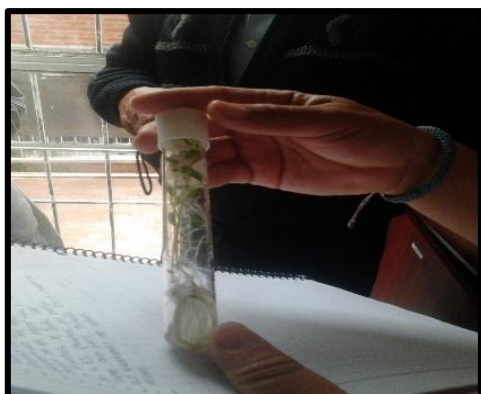
Foto N° 19 Desinfección**Foto N° 20 Nivelación****ADQUISICIÓN DE PLANTAS *in vitro*****Foto N° 21 Papa *in vitro*****Foto N° 22 Gradilla de plántulas****Foto N° 23 Lavado de plántulas****Foto N° 24 Trasplante**

Foto N° 25 Desarrollo vegetal



Foto N° 26 Desarrollo vegetal

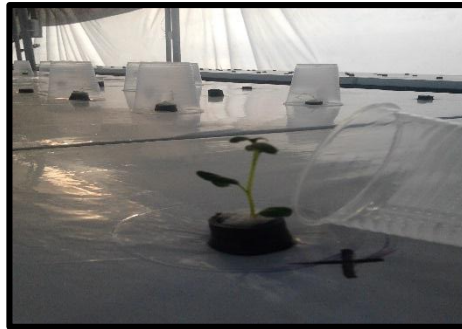


Foto N° 27 Reactivos



Foto N° 28 Solución Nutritiva



Foto N° 29 Aplicación fitosanitaria



Foto N° 30 Desarrollo Vegetal



Foto N° 31 Visita CIP



Foto N° 32 Visita CIP



Foto N° 33 Formación Tubérculos



Foto N° 34 Tuberización



Foto N° 35 Cosecha



Foto N° 36 Recolección



Foto N° 37 Clasificación



Foto N° 38 Clasificación



Foto N° 39 Visita de medios de comunicación

UNIVERSIDADES

Para cultivar las papas no es necesaria la tierra

Universidad Técnica del Norte La investigación se hizo con bitoplasmas que fueron obtenidas en un laboratorio de biotecnología. La meta: producir semillas más resistentes.



EL DESARROLLO

El proyecto. Los estudios se realizaron en Santa Marta de Cuba, cantón Huaca, Cacha.

Los costos. Esta investigación tuvo una inversión de USD 50 000. La UTN aportó con 20 000 y el Magap aportó con 30 000. Se invirtieron en la construcción de un cuarto frío y en la adquisición de bombas de fangar, termostatos, plásticos, químicos, entre otros.

El cultivo de la papa sin tierra se investiga desde hace ocho meses en una de las grandes experimentaciones de la Universidad Técnica del Norte (UTN), en Huaca, de parte del proyecto titulado "Evaluación del sistema Aeropónico para la producción de semilla de papa".

Este método, originario de Japón, basa la producción del bulbo en las raíces de la planta, que pueden alcanzar hasta dos metros de longitud. En este lapso de la investigación, se han cosechado, en un invernadero, 30 000 micro-papas, que miden 2 cm y pesan 50 gramos, explica Carlos Caceres, director-investigador de la UTN.

Uno de los objetivos de este plan es producir semillas con menos plagas y bacterias, que generalmente se encuentran en el suelo como los ácaros. Estos, presuntamente, atacan a las semillas cuando se siembran en la tierra.

La papa es uno de los cultivos transitorios de mayor producción en el Ecuador. En el 2012 se cosecharon 285 000 toneladas métricas, según el INEC. Las provincias con mayor producción fueron Cacha, Cotacachi y Chimborazo. Para ser controlado se utilizó la variedad Sólper Chola, una especie de forma ovalada y color rojo, común demandada en la Sierra norte. Esta es una de las 500 variedades del subespecie que se cultivan en el país, según el Magap.

Caceres dice que por estas razones se eligió como esta variedad, para ser el primer sistema aeropónico de producción de semillas que se plasma en la región norte.

La investigación la realizó Caceres junto a Wilmer Cisneros, Diego Jijón, Jenny Benavides y Bryan Huera, estudiantes de la Facultad de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias y Ambientales (EICA). Las primeras 1 000 bitoplasmas, semillas germinadas en tubos de ensayo, se obtuvieron a partir de células madre en el laboratorio de Biotecnología. Sin embargo, 800 fueron utilizadas para el estudio y el resto fueron almacenadas.

Durante el cultivo, las raíces crecieron suspendidas en cuatro capas de agua, de 1 metro de ancho por 14 de largo, conectadas como módulos aeropónicos. La base donde se encuentran los sistemas estaba cubierta de algodón y fundas plásticas negras, para generar una especie de cuarto oscuro, que impide el paso de la luz solar hacia la raíz. Para mejorar el crecimiento, las cepas se mantuvieron a una temperatura de 36

grados centígrados, por lo que en el invernadero se implementaron tres máquinas de aire acondicionado y varios ventiladores.

El objetivo era mantener la temperatura estándar en los 360 m² que mide el invernadero. La obtención de estas semillas, llamadas probióticas, es la primera de un total de cuatro fases de estudio.

Wilmer Cisneros, egresado de Agropecuaria, explica que los siguientes serán: generar la semilla básica, registrarla y certificarla.

Actualmente, las muestras probióticas están almacenadas en unas bodegas de la UTN, para luego ser utilizadas en una siembra en tierra esterilizada para probar en mayores proporciones.

El proyecto también busca la optimización del espacio que existe de planta a planta. En la siembra en el campo, el riego tiene entre 40 y 50 cm, mientras que en el sistema aeropónico de 20 cm. En la parte superior, se instaló un sistema de riego solar hacia la raíz. Para mejorar el drenaje, las cepas se mantuvieron a una temperatura de 36

Los cultivos de papa ubicados en la grana experimental en Yuyucocha, de la Universidad Técnica del Norte.

ANEXOS:**Anexo N° 4: Costos****Tabla 20.** *Costos del invernadero*

| COSTOS DE INVERNADERO | | | | |
|--|--------|----------|-----------------|----------------|
| RUBROS | UNIDAD | CANTIDAD | PRECIO UNITARIO | PRECIO TOTAL |
| Estructura metálica. incluye accesorios e instalación | m^2 | 180 | 2.800 | 2.800,00 |
| Instalación malla anti-áfido. Incluye accesorios e instalación. | m^2 | 84 | 1,88 | 157,92 |
| Instalación de plástico para invernadero calibre #7 en cubierta y fachadas, incluye accesorios e instalación | m^2 | 224 | 3,36 | 752,64 |
| | | | Total | 3710,56 |

Anexo N° 5: Costos de modulares aeropónicos.

Tabla 21 *Costos de modulares aeropónicos.*

| COSTOS DE MODULARES AEROPÓNICOS | | | | |
|---|----------------|-----------------|----------------------------|-------------------------|
| RUBROS | UNIDAD | CANTIDAD | PRECIO UNITARIO | PRECIO TOTAL |
| Listones de madera de colorado o similar al horno de 4 x 7 cm de sección. | MI | 616,00 | 5,67 | 3492,72 |
| Listones de madera incluido pintura, lijas, thinner, entre otros. | MI | 616,00 | 0,88 | 542,08 |
| Instalaciones de planchas de espuma flex de 5cm de espesor con ventanas en partes específicas para efectuar cosechas | m ² | 235,00 | 9,19 | 2.159,65 |
| Polietileno color negro Inc. | m ² | 235,00 | 2,81 | 660,35 |
| Instalación Plástico bicolor Inc. Instalación | m ² | 118,00 | 3,15 | 371,70 |
| | | | Total | 7226,5 |

Anexo N° 6: Costo del sistema de riego

Tabla 21 Costo del sistema de riego

| RUBROS | UNIDAD | CANTIDAD | PRECIO UNITARIO | PRECIO TOTAL |
|---|----------------|----------|--------------------|-----------------|
| Sistema de control automático timer y tablero. | Unid. | 1 | 425,00 | 425,00 |
| Manguera Flex de 32 mm Inc. Accesorios de Instalación | MI | 45 | 5,72 | 257,40 |
| Manguera flex de 16mm. | MI | 150 | 4,80 | 720,00 |
| Llave pico de manguera ½”. | Unid. | 1 | 9,55 | 9,55 |
| Tanque de hormigón armado | m ³ | 0,72 | 395 | 284,40 |
| Bomba hidroneumática de 1,5 HP | Unid. | 1 | 1.352,00 | 1.352,00 |
| Generador eléctrico de 5000 Watts a gasolina Inc. Tablero térmico de transferencia. | Unid. | 1 | 1.372,50 | 1.372,50 |
| Tubería PVC 2” para desagüe de líquidos. | MI | 71 | 5,60 | 397,60 |
| Tanque de plástico 1000Litros | Unid. | 1 | 256,10 | 256,10 |
| Tubo PVC ROSCABLE ½’ | MI | 30,00 | 2,4 | 72,00 |
| Tubo Galvanizado ½’ | MI | 1,00 | 4,39 | 4,39 |
| Excavación para instalación de tanque plástico de 1000 Lts. | m ³ | 1,57 | 10,02 | 15,73 |
| Tubo PVC roscable de 1” Inc. Accesorios. | MI | 2 | 7,50 | 15,00 |
| Instalación de Agua potable. | Pto | 2 | 19,92 | 39,84 |
| Instalación de válvula eléctrica de 1” tipo Bermad | Unid. | 1 | 97,15 | 97,15 |
| Herramientas y accesorios de instalación del sistema | Unid. | 1 | 10,43 | 10,43 |
| | | | TOTAL | 5329,09 |

Anexo N° 7: Costos de insumos agrícolas

Tabla 22 Costos de insumos agrícolas

| RUBROS | UNIDAD | CANTIDAD | PRECIO | PRECIO |
|-------------------------|--------------|----------|--------------|---------------|
| | | | UNITARIO | TOTAL |
| Nitrato de calcio | kilos/litros | 12 | 0,97 | 14,55 |
| Nitrato de potasio | kilos/litros | 10 | 0,64 | 6,40 |
| Nitrato de amonio | kilos/litros | 5 | 0,52 | 2,60 |
| Sulfato de magnesio | kilos/litros | 10 | 0,61 | 6,10 |
| Ácido fosfórico | kilos/litros | 6 | 19,11 | 152,92 |
| Sulfato de potasio | kilos/litros | 0,5 | 48,17 | 48,17 |
| Quelato de hierro | kilos/litros | 1,5 | 20,00 | 30,00 |
| Sufato de cobre | kilos/litros | 0,01 | 37,64 | 0,37 |
| Cloruro de manganeso | kilos/litros | 0,37 | 24,18 | 17,58 |
| Sufato de zinc | kilos/litros | 0,01 | 28,38 | 0,28 |
| Ácido bórico | kilos/litros | 0,01 | 44,46 | 0,44 |
| Molibdato de amonio | kilos/litros | 0,01 | 24,28 | 0,24 |
| Insecticidas | kilos/litros | 0,5 | 15,00 | 7,50 |
| Fungicidas | kilos/litros | 0,5 | 12,00 | 6,00 |
| Alcohol | Litros | 20 | 4,00 | 80,00 |
| Cloro | Litros | 8 | 3 | 24,00 |
| Herbicidas | kilos/litros | 12 | 8 | 96,00 |
| | | | TOTAL | 493,15 |

Anexo N° 8: Costos de materiales de campo

Tabla 23 *Costos de materiales de campo*

| RUBROS | UNIDAD | CANTIDAD | PRECIO UNITARIO | PRECIO TOTAL |
|-------------------|---------------|-----------------|----------------------------|-------------------------|
| Baldes | Número | 3 | 8,00 | 24,00 |
| Gavetas plásticas | Número | 20 | 4,00 | 80,00 |
| Malla totora | Metros | 200 | 1,50 | 300,00 |
| Sarán | Número | 100 | 1,10 | 110,00 |
| | | | TOTAL | 514,00 |

Anexo N° 9: Costos por mano de obra

Tabla 24 *Costos por mano de obra*

| RUBROS | UNIDAD | CANTIDAD | P.UNITARIO (USD) | P.TOTAL (USD) |
|-----------------------------------|---------------|-----------------|-----------------------------|--------------------------|
| Nivelación | Jornal | 1 | 12,00 | 12,00 |
| Desinfección | Jornal | 1 | 12,00 | 12,00 |
| Plantación | Jornal | 12 | 12,00 | 144,00 |
| Arreglo invernadero | Jornal | 4 | 12,00 | 24,00 |
| Arreglo ventiladores | Jornal | 2 | 12,00 | 24,00 |
| Arreglo aires acondicionados | Jornal | 2 | 12,00 | 48,00 |
| Riegos | Jornal | 53 | 12,00 | 636,00 |
| Poda-aporque | Jornal | 8 | 12,00 | 96,00 |
| Aplicación controles | Jornal | 6 | 12,00 | 72,00 |
| Mantenimiento | Jornal | 6 | 12,00 | 72,00 |
| Tutorado | Jornal | 10 | 12,00 | 120,00 |
| Recolección de mini tubérculos | Jornal | 10 | 12,00 | 120,00 |
| Clasificación | Jornal | 10 | 12,00 | 120,00 |
| Limpieza, Lavado | Jornal | 2 | 12,00 | 24,00 |
| Almacenado | Jornal | 2 | 12,00 | 24,00 |
| | | | TOTAL | 1548,00 |