



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES

CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA

“EFICIENCIA Y RENTABILIDAD DEL SISTEMA HIDROPÓNICO VERTICAL FRENTE AL CONVENCIONAL EN LA PRODUCCIÓN DE TRES VARIETADES DE FRESA (*Fragaria vesca* L.), EN LA GRANJA EXPERIMENTAL YUYUCOCHA, IMBABURA”

Trabajo de grado previo a la obtención del Título de Ingeniero Agropecuario

AUTOR:

Félix Daniel Ibadango Ruiz

DIRECTOR:

Ing. Juan Pablo Aragón M.Sc.

Ibarra – Ecuador

2017

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y
AMBIENTALES
CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA**

**"EFICIENCIA Y RENTABILIDAD DEL SISTEMA HIDROPÓNICO
VERTICAL FRENTE AL CONVENCIONAL EN LA PRODUCCIÓN DE TRES
VARIETADES DE FRESA (*Fragaria vesca* L.), EN LA GRANJA
EXPERIMENTAL YUYUCOCHA, IMBABURA"**

Trabajo de grado revisado por el Comité Asesor, por lo cual se autoriza su presentación
como requisito parcial para obtener el Título de:

INGENIERO AGROPECUARIO

APROBADO:

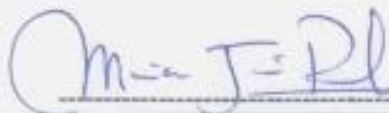
Ing. Juan Pablo Aragón M.Sc.
Director de trabajo de Grado



Ing. Gladys Yaguana M.Sc.
Tribunal de Grado



Ing. María José Romero M.Sc.
Tribunal de Grado



Ing. María Isabel Vizcaino
Tribunal de Grado



**Ibarra – Ecuador
2017**

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
BIBLIOTECA UNIVERSITARIA
AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN 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:	100354125-5
Apellidos y nombres:	Ibadango Ruiz Félix Daniel
Dirección:	Entrada San Luis y Panamericana – Antonio Ante
Email:	daniel_ibafel@hotmail.com
Teléfono fijo:	0986416477

DATOS DE LA OBRA	
Título:	EFICIENCIA Y RENTABILIDAD DEL SISTEMA HIDROPÓNICO VERTICAL FRENTE AL CONVENCIONAL EN LA PRODUCCIÓN DE TRES VARIEDADES DE FRESA (<i>Fragaria vesca</i> L.), EN LA GRANJA EXPERIMENTAL YUYUCOCHA, IMBABURA.
Autor:	Ibadango Ruiz Félix Daniel
Fecha:	23 de febrero del 2017
Solo para trabajos de grado	
Programa:	Pregrado
Título por el que opta:	Ingeniero Agropecuario
Director:	Ing. Juan Pablo Aragón M.Sc.

2. AUTORIZACIÓN DE USO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD

Yo, Ibadango Ruiz Félix Daniel, con cédula de ciudadanía Nro. **100354125-5**, 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. Autorizo a la Universidad Técnica de 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

El autor manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin los derechos de autor de terceros, por lo tanto la obra es original y es el titular de los derechos patrimoniales, por lo que asume la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, 23 de febrero del 2017.

EL AUTOR:

ACEPTACIÓN:


x 
Ing. Betty Chávez
JEFE DE BIBLIOTECA


Ibadango Ruiz Félix Daniel
C.I.: 100354125-5

CERTIFICACIÓN DE AUTORÍA

Certifico que, el presente trabajo fue desarrollado por Félix Daniel Ibadango Ruiz, bajo mi supervisión.

Ibarra, 23 de febrero del 2017

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Juan Pablo Aragón', is written over a horizontal dashed line.

Ing. Juan Pablo Aragón M.Sc.

Director de trabajo de Grado

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

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

Yo, Ibadango Ruiz Félix Daniel, con cédula de ciudadanía Nro. 100354125-5; manifiesto la voluntad de ceder a la Universidad Técnica del Norte los derechos patrimoniales consagrados en la ley de propiedad intelectual del Ecuador, artículo 4, 5 y 6, en calidad de autor de la obra o trabajo de grado denominado, **“EFICIENCIA Y RENTABILIDAD DEL SISTEMA HIDROPÓNICO VERTICAL FRENTE AL CONVENCIONAL EN LA PRODUCCIÓN DE TRES VARIETADES DE FRESA (*Fragaria vesca* L.), EN LA GRANJA EXPERIMENTAL YUYUCOCHA, IMBABURA”**, 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.



Ibadango Ruiz Félix Daniel
C.I.: 100354125-5

Ibarra, 23 de febrero del 2017

REGISTRO BIBLIOGRÁFICO

Guía: FICAYA – UTN

Fecha: 23 de febrero del 2017


Félix Daniel Ibadango Ruiz "Eficiencia y rentabilidad del sistema hidropónico vertical frente al convencional en la producción de tres variedades de fresa (*Fragaria vesca* L.), en la Granja Experimental Yuyucocha, Imbabura" / TRABAJO DE GRADO. Ingeniero Agropecuario.

Universidad Técnica del Norte. Carrera de Ingeniería Agropecuaria Ibarra, 23 de febrero del 2017. 62 páginas.


DIRECTOR: Ing. Juan Pablo Aragón M.Sc.

El objetivo principal de la presente investigación fue Determinar la eficiencia y rentabilidad del sistema hidropónico vertical frente al convencional en la producción de tres variedades de fresa (*Fragaria vesca* L.), en la Granja Experimental Yuyucocha. Entre los objetivos específicos se encuentran: Evaluar la eficiencia del sistema hidropónico vertical frente al convencional en la producción de tres variedades de fresa (*Fragaria vesca* L.); Determinar el mejor sistema y variedad para la producción de fresa (*Fragaria vesca* L.) y Realizar el análisis económico de presupuesto parcial.

Fecha: 23 de febrero del 2017



Ing. Juan Pablo Aragón M.Sc.
Director de Trabajo de Grado



Félix Daniel Ibadango Ruiz
Autor

PRESENTACIÓN

La presente investigación se la realizó con el objetivo de buscar una nueva alternativa en el sistema de siembra hidropónico vertical en el cultivo de fresa, que sirva a los Agricultores de la Provincia de Imbabura, Cantón Otavalo, de los sectores de San Pablo, González Suarez y San Rafael de La Laguna.

Los datos obtenidos, figuras, cuadros, tablas, conceptos, comentarios, sugerencias e incluso omisiones son de absoluta responsabilidad del autor.

Félix Ibadango R.

AGRADECIMIENTO

*A mi familia por todo su apoyo brindado durante toda una vida,
por ser la fuerza para culminar mis sueños.*

*Al Ing. Juan Pablo Aragón, Director de Tesis, por la orientación
brindada durante esta investigación.*

*A las Ingenieras Gladys Yaguana, María Isabel Vizcaino y María
José Romero, por la colaboración desinteresada y por la confianza
brindada durante este trabajo de investigación en calidad de
asesores.*

*A los Ingenieros Carlos Cazco y Víctor Hugo Cardoso por
compartir sus conocimientos y apoyo durante la investigación.*

Félix Ibadango R.

DEDICATORIA

A Dios por permitirme vivir, guiarme y bendecirme cada instante de mi vida.

Esta investigación dedico con todo mi corazón a mis hermanos y en especial a mis padres por todo su esfuerzo, apoyo, sacrificio, comprensión brindada siempre y durante toda mi vida.

A todas las personas quienes me han visto luchar, superarme, vencer, caer; y, que comparten conmigo la alegría y felicidad de poder culminar esta etapa profesional de mi vida y que siempre han estado a mi lado apoyándome, de corazón gracias.

Félix Ibadango R.

ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE CONTENIDO	XI
ÍNDICE DE TABLAS	XV
ÍNDICE DE FIGURAS	XVI
ÍNDICE DE ANEXOS	XVII
RESUMEN	XVIII
SUMMARY	XIX
CAPÍTULO I.....	1
1.1. Planteamiento del problema	1
1.2. Formulación del problema.....	2
1.3. Justificación.....	2
1.4. Objetivos:	3
1.4.1. General.....	3
1.4.2. Específicos	3
1.5. Hipótesis	3
2. REVISIÓN DE LITERATURA	4
2.1. La Fresa	4
2.2. Importancia del cultivo de fresa	4
2.3. Zonas productoras de fresa en Ecuador	5
2.4. Variedades de fresa.....	5
2.5. Sistemas de cultivo	6
2.5.1. Sistema tradicional.....	6
2.5.2. Sistema hidropónico	6
2.6. Ubicación del cultivo hidropónico	7
2.7. Recipientes y contenedores	7
2.8. Sustratos	8
2.8.1. Tipos de sustratos	9
2.8.1.1. Pomina.....	9
2.8.1.2. Cascarilla de arroz	9
2.8.2. Características de los sustratos	10
2.9. Plagas y enfermedades	10

2.9.1. Trips (<i>Frankliniella occidentalis</i>).....	10
2.9.2. Pulgón de la frutilla (<i>Chaetosiphon fragaefolii</i>).....	10
2.9.3. Araña roja (<i>Tetranychus urticae</i> Koch).....	10
2.9.4. Botrytis (<i>Botrytis cinerea</i>)	11
2.9.5. Oídio (<i>Sphaerotheca macularis</i>).....	11
2.9.6. Pudrición roja (<i>Phytophthora fragariae</i>).....	11
2.9.7. Bacterias (<i>Xanthomonas fragariae</i>).....	12
2.10. Nutrientes.....	12
2.11. Trasplante.....	13
2.12. Podas.....	13
2.13. Riego.....	14
2.14. Cosecha y Poscosecha	14
MATERIALES Y MÉTODOS.....	16
3.1. Caracterización del área de estudio	16
3.1.1. Ubicación geográfica	16
3.2. MATERIALES Y EQUIPOS	17
3.2.1. Material experimental.....	17
3.2.2. Materiales	17
3.2.3. Materiales de oficina.....	17
3.2.4. Insumos.....	17
3.3. MÉTODOS.....	18
3.3.1. Factores en estudio	18
3.3.2. Tratamientos	18
3.3.3. Diseño Experimental	18
3.3.4. Características del experimento.....	19
3.3.5. Análisis Estadístico.....	20
3.3.6. Análisis funcional	20
3.4. Variables.....	20
3.4.1. Porcentaje de prendimiento	20
3.4.2. Porcentaje de sobrevivencia de plantas a la cosecha	21
3.4.3. Número de frutos/parcela neta.....	21

3.4.4. Rendimiento/parcela neta	21
3.4.5. Clasificación de frutos	21
3.4.6. Grados Brix (°Bx).....	22
3.4.7. Análisis económico de los tratamientos	22
3.5. Manejo específico del experimento.....	22
3.5.1. Selección del lote	22
3.5.2. Sistema hidropónico vertical: Construcción de la estructura.....	22
3.5.2.1. Sustratos: preparación y desinfección	23
3.5.2.2. Contenedores hidropónicos verticales.....	23
3.5.2.3. Ubicación de los contenedores en la estructura hidropónica	24
3.5.3. Sistema en suelo: Preparación de platabandas.....	24
3.5.3.1. Fertilización de platabandas	24
3.5.3.2. Desinfección de suelo.....	25
3.5.3.3. Acolchado.....	25
3.5.3.4. Hoyado	25
3.5.4. Sistema de riego: Construcción de la estructura para el riego por goteo.....	25
3.5.4.1. Pruebas de humedecimiento:.....	25
3.5.5. Siembra	26
3.5.5.1. Variedades utilizadas.....	26
3.5.5.2. Desinfección de plántulas y trasplante de plantas	26
3.5.6. Fertilización	26
3.5.6.1. Preparación de la solución nutritiva	27
3.5.7. Control de plagas y enfermedades	27
3.5.8. Cosecha.....	27
3.5.9. Clasificación	28
3.5.10. Comercialización	28
4.1. Porcentaje de prendimiento	29
4.2. Porcentaje de sobrevivencia de plantas a la cosecha.....	31
4.3. Número de frutos / parcela neta	33
4.4. Rendimiento / parcela neta	35
4.5. Clasificación de frutos.....	37

4.6. Grados Brix ($^{\circ}\text{Bx}$)	39
4.7. Análisis económico de presupuesto parcial de los tratamientos	42
4.7.1. Tasa de retorno marginal	43
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	45
5.1. CONCLUSIONES.....	45
5.2. RECOMENDACIONES	46
BIBLIOGRAFÍA	47
ANEXOS.....	51

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Tratamientos. Ibarra, 2017	18
Tabla 2. Esquema del ADEVA	20
Tabla 3. Categorías de clasificación de frutos de fresa	21
Tabla 4. Fertilizantes	26
Tabla 5. Control Fitosanitario	27
Tabla 6. ADEVA porcentaje de prendimiento. Ibarra, 2017.....	29
Tabla 7. ADEVA porcentaje de sobrevivencia a la cosecha. Ibarra, 2017.....	31
Tabla 8. ADEVA porcentaje de frutos. Ibarra, 2017.....	33
Tabla 9. ADEVA peso de frutos. Ibarra, 2017	35
Tabla 10. Prueba de Tukey 5% para Peso de frutos en los Sistemas de siembra. Ibarra, 2017..	36
Tabla 11. Prueba de Tukey 5% para Rendimiento en Variedades. Ibarra, 2017	36
Tabla 12. Prueba Tukey al 5% para Rendimiento en las interacciones Sistemas de siembra y Variedades. Ibarra, 2017	37
Tabla 13. ADEVA para la Clasificación de frutos. Ibarra, 2017.....	37
Tabla 14. Prueba Tukey al 5% para clasificación de frutos en sistemas de siembra. Ibarra, 2017	38
Tabla 15. Prueba Tukey al 5% para clasificación de frutos en Variedades. Ibarra, 2017	38
Tabla 16. Prueba Tukey al 5% para Clasificación de frutos en la interacción Sistemas de siembra y Variedades. Ibarra, 2017.....	38
Tabla 17. Clasificación de frutos en porcentaje. Ibarra, 2017	39
Tabla 18. ADEVA grados brix (°Bx). Ibarra, 2017	40
Tabla 19. Prueba Tukey al 5% para Grados Brix en Sistemas de siembra. Ibarra, 2017	40
Tabla 20. Prueba Tukey al 5% para Grados Brix (°Bx) en Variedades. Ibarra, 2017	41
Tabla 21. Prueba Tukey al 5% para Grados Brix (°Bx) en la interacción Sistemas de siembra y Variedades. Ibarra, 2017	41
Tabla 22. Análisis de dominancia económica de los tratamientos evaluados. Ibarra, 2017.....	42
Tabla 23. Tasa de retorno marginal (TRM). Ibarra, 2017	43

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de ubicación. Ibarra, 2017.....	16
Figura 2. Croquis del experimento en el campo.....	19
Figura 3. Diseño de la estructura hidropónica vertical.....	23
Figura 4. Diseño de contenedor hidropónico vertical	23
Figura 5. Diseño de platabanda en suelo	24
Figura 6. Valores promedios de porcentaje de prendimiento para sistema hidropónico vertical y suelo. Ibarra, 2017	30
Figura 7. Valores promedios de porcentajes de prendimiento para variedades. Ibarra, 2017	30
Figura 8. Valores promedios de porcentajes de sobrevivencia a la cosecha para sistema hidropónico vertical y suelo. Ibarra, 2017	32
Figura 9. Valores promedios de porcentajes de sobrevivencia a la cosecha para variedades. Ibarra, 2017.....	32
Figura 10. Valores promedios de número de frutos/planta para el sistema hidropónico vertical y suelo. Ibarra, 2017	34
Figura 11. Valores promedios de número de frutos para variedades. Ibarra, 2017.....	35
Figura 12. Curva de beneficios netos de los tratamientos no dominados. Ibarra, 2017	43

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Ubicación del área de estudio. Granja Experimental Yuyucocha, 2017	52
Anexo 2. Análisis de suelo del área experimental.....	53
Anexo 3. Datos recopilados para variable porcentaje (%) de prendimiento. Ibarra, 2017	54
Anexo 4. Datos recopilados para variable porcentaje (%) de sobrevivencia de plantas a la cosecha. Ibarra, 2017	54
Anexo 5. Datos recopilados para variable porcentaje (%) de frutos / parcela neta. Ibarra, 2017	54
Anexo 6. Datos recopilados para variable Rendimiento/parcela neta. Ibarra, 2017	55
Anexo 7. Datos recopilados para variable clasificación de frutos. Ibarra, 2017.....	55
Anexo 8. Datos recopilados para variable grados brix (°Brix). Ibarra, 2017.....	55
Anexo 9. Implementación del área de investigación.....	56

TÍTULO: “EFICIENCIA Y RENTABILIDAD DEL SISTEMA HIDROPÓNICO VERTICAL FRENTE AL CONVENCIONAL EN LA PRODUCCIÓN DE TRES VARIEDADES DE FRESA (*Fragaria vesca* L.), EN LA GRANJA EXPERIMENTAL YUYUCOCHA, IMBABURA”

Autor: Félix Daniel Ibadango Ruiz

Director de Trabajo de Titulación: Ing. Juan Pablo Aragón. M.Sc.

Año: 2017

RESUMEN

El presente estudio se realizó en la granja experimental Yuyucocha, ubicada en el cantón Ibarra, parroquia Caranqui, con la finalidad de determinar la eficiencia y rentabilidad del sistema hidropónico vertical frente al convencional en la producción de tres variedades de fresa (*Fragaria vesca* L.). Los objetivos específicos fueron: 1) Evaluar la eficiencia del sistema hidropónico vertical frente al convencional en la producción de tres variedades de fresa, 2) Determinar el mejor sistema y variedad para la producción de fresa, 3) Realizar el análisis económico de presupuesto parcial. La investigación estuvo conformada por seis tratamientos y tres repeticiones. Cada unidad experimental tuvo un área de 3,06 m² en el sistema hidropónico vertical, mientras que en suelo fue de 2,40 m². Las variables evaluadas fueron; porcentaje de prendimiento; porcentaje de sobrevivencia de plantas a la cosecha; porcentaje de frutos/parcela neta; rendimiento/parcela neta; clasificación de frutos, grados brix (°Bx) y análisis económico de los tratamientos. Los datos obtenidos se analizaron bajo un diseño de parcelas divididas (DPD), donde la parcela grande fue los sistemas de siembra y la parcela pequeña las variedades. Esta investigación brindó información de carácter científico en el campo agrícola, siendo un aporte que beneficiará a los agricultores como una nueva alternativa del sistema hidropónico vertical para la producción de fresa, ya que el análisis económico determinó al sistema hidropónico vertical y la variedad Monterrey como el mejor ya que alcanzó una tasa de retorno marginal de 9132%, seguido por el sistema hidropónico vertical y la variedad Albión con 8611% de tasa de retorno marginal.

TITLE: "EFFICIENCY AND PROFITABILITY OF A HYDROPONIC VERTICAL SYSTEM VERSUS A CONVENTIONAL ONE IN THE PRODUCTION OF THREE VARIETIES OF STRAWBERRY (*Fragaria vesca* L.), AT THE YUYUCOCHA EXPERIMENTAL FARM, IMBABURA"

Author: Félix Daniel Ibadango Ruiz

Director: Eng. Juan Pablo Aragón. M.Sc.

Year: 2017

SUMMARY

The present study was conducted at the Yuyucocha Experimental Farm, located in the Ibarra canton, Caranqui parish, for the purpose of determining the efficiency and profitability of a hydroponic vertical system versus a conventional one in the production of three varieties of strawberry (*Fragaria vesca* L.). The specific aims were: 1) to evaluate the efficiency of a hydroponic vertical system a conventional one in the production of three varieties of strawberry, 2) to determine the best system and variety for the production of strawberries, 3) to conduct an economic analysis of a partial budget. The investigation consisted of six treatments and three repetitions; every experimental unit had an area of 3.06 m² in the vertical hydroponic system, whereas in the conventional system it was 2.40 m². The variables evaluated were: percentage of initial survival; net percentage of plant survival; net percentage of fruits per plot; performance per plot; classification of fruits, brix degrees (°Bx) and economic analysis of the treatments. The information obtained was analyzed with Design of Divided Plots (DPD), in which the big plot had the sowing systems and the small plots had the varieties. This investigation provided information of scientific character in the agricultural field, and its contribution will benefit farmers as a new hydroponic vertical system alternative for the production of strawberries. The economic analysis determined that the vertical hydroponic system and the Monterrey variety are the best, because they had a marginal return rate of 9132%, followed the vertical hydroponic system and the Albion variety, with a marginal return rate of 8611%.

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN

Ecuador ocupa el puesto número 12 como proveedor mundial de frutas; y, es el segundo, en Sudamérica. El principal abastecedor internacional de frutas es Estados Unidos y el primero en Sudamérica es Chile, país que está en el tercer lugar a nivel mundial (Macas, 2014).

La fresa (*Fragaria* sp.) es uno de los frutos apetecidos por sus características y cualidades. El Ecuador ocupa el puesto 72 en el ranking de los mayores exportadores de fruta en el mundo (Macas, 2014). Según el Centro de Comercio Internacional en el país existen 1 200 ha en producción de fresa (El Comercio, 2012). No obstante, el uso excesivo de pesticidas y malas prácticas agrícolas de agricultores y técnicos, ha producido un grave daño en el ambiente debido a la contaminación del agua y del suelo, residuos de pesticidas en los productos cosechados, pérdida de la biodiversidad, erosión severa del suelo y costos de producción más elevados (Anguiano, y otros, 2011).

Sin duda, la agricultura es una de las potencialidades más grandes que posee el país; sin embargo, las exigencias de los mercados nacionales e internacionales han hecho sentir a los agricultores y profesionales del sector agropecuario, la necesidad de un cambio en el manejo de los cultivos. Este cambio implica una reducción paulatina del uso de agroquímicos, el impulso hacia la agricultura orgánica y la incursión en la producción de nuevos sistemas de cultivo (FAO, 2003).

1.1. Planteamiento del problema

En la provincia de Imbabura, cantón Otavalo, los agricultores de San Pablo, González Suárez y San Rafael de La Laguna, cultivan fresa con fines comerciales; sin embargo, consiguen bajos rendimientos por la susceptibilidad que presentan las variedades sembradas a plagas y enfermedades, heterogeneidad de dosis de fertilizantes y pesticidas, promovido por el monocultivo, sistema tradicional utilizado en estas comunidades, por lo que propician baja rentabilidad al incrementarse los costos y

problemas de contaminación ambiental, daños a la salud de productores y consumidores (Leyva, y otros, 2014). Además la superficie de siembra se incrementa expandiéndose la frontera agrícola a lugares cercanos a las viviendas agudizándose los problemas de salud.

La FAO (2011) menciona que gran parte de todos los continentes están experimentando altas tasas de degradación del ecosistema, en particular la disminución de la calidad del suelo, la pérdida de biodiversidad y los perjuicios a la recreación y los valores del patrimonio cultural. Asimismo, se han evidenciado problemas estructurales más profundos en la base de recursos naturales; la escasez de agua es cada vez mayor. Están aumentando la salinización y la contaminación de los recursos y las masas de aguas, y la degradación de los ecosistemas relacionados con el agua. La escasez de tierras y agua previsiblemente comprometerá la capacidad de los principales sistemas de producción agrícola para satisfacer la demanda según la (FAO, 2006). Además, la escasez local de estos recursos puede ser aún más limitada debido a prácticas agrícolas no sostenibles, presiones socioeconómicas crecientes y el cambio climático.

1.2. Formulación del problema

¿Será que los bajos rendimientos, rentabilidad y problemas de contaminación ambiental se relacionan con las variedades utilizadas y el tipo de manejo del cultivo de fresa?

1.3. Justificación

En los sectores donde se cultiva fresa el rendimiento del cultivo es cada vez menor, por lo que este estudio tuvo como propósito ofertar una alternativa que incremente la producción del fruto, permita mermer la contaminación del suelo, del ambiente y del mismo fruto. Se propuso la utilización del sistema hidropónico, tecnología que disminuye el uso de los productos químicos, optimiza el recurso hídrico y la consecución de altos rendimientos; y, por ende mejorar los económicos (Cantillano, y otros, 2012).

Al respecto, García y Durga (2012) indican que es necesario hacer una reglamentación en el uso y aplicación de estos compuestos químicos, sobre todo tener un registro y llevar a cabo programas de vigilancia sobre la contaminación ambiental, intoxicación y vigilancia de los residuos que generen estos compuestos.

1.4. Objetivos:

1.4.1. General

Determinar la eficiencia y rentabilidad del sistema hidropónico vertical frente al convencional en la producción de tres variedades de fresa (*Fragaria vesca* L.), en la Granja Experimental Yuyucocha.

1.4.2. Específicos

- Evaluar la eficiencia del sistema hidropónico vertical frente al convencional en la producción de tres variedades de fresa (*Fragaria vesca* L.), en la Granja Experimental Yuyucocha.
- Determinar el mejor sistema y variedad para la producción de fresa (*Fragaria vesca* L.).
- Realizar el análisis económico de presupuesto parcial.

1.5. Hipótesis

H₀: El sistema hidropónico vertical y el cultivo en suelo, en la producción de fresas, no difieren en eficiencia y rentabilidad.

H_a: El sistema hidropónico vertical y el cultivo en suelo, en la producción de fresas, difieren en eficiencia y rentabilidad.

CAPÍTULO II

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. La Fresa

Al hablar de las generalidades ZIPMEC (2013), citado por Yaselga (2015), menciona que:

La fresa, cuyo nombre científico es *Fragaria vesca*, *F. viridis* o *F. moschata*, es un fruto de forma triangular, de color rojo, formado por pequeños puntos, característico por su perfume intenso y su sabor agradable. En realidad la fresa se define como un fruto de manera impropia, porque el fruto real está compuesto por pequeños puntos que circundan la misma fresa y que erróneamente son llamados semillas.

Además, Quishpe (2013) menciona que la fresa es una planta herbácea, perenne, que crece espontánea en algunas regiones de Europa y América. Perteneciente a la familia de las rosáceas y al género *fragaria*. Posee tallos cortos, sus hojas son ovaladas, trifoliadas, con pedúnculo largo, sus flores son blancas hermafroditas, agrupadas en ramas de 3 a 11. Emite tallos al ras del suelo llamados estolones, que dan origen a nuevas plantas. El fruto o fresa es receptáculo que al inicio es verde y al madurar adquieren su color rojizo. La fresa *Fragaria vesca* L., cuyo nombre se deriva del latín *Fragaria* (aroma) por su sabor, aroma y color (Secretaría de Economía, 2002).

2.2. Importancia del cultivo de fresa

La fresa es uno de los productos que puede ser explotado a gran escala. Cada día el mercado de consumidores exige nuevas alternativas de alimentos, por lo que constituye en una oportunidad de generar nuevos emprendimientos como sistemas hidropónicos. El cultivo de fresa en la provincia de Imbabura, es un rubro importante para la economía de los agricultores, la provincia es una de las principales zonas productoras de fresa, dándose en los últimos tiempos un incremento notable en la superficie destinada al cultivo de esta especie, destinándose 300 hectáreas para este propósito (MAG, 2007).

2.3. Zonas productoras de fresa en Ecuador

La mayor producción de fresa está concentrada en Pichincha, con 400 hectáreas cultivadas, siguiendo Tungurahua con 240 hectáreas. En otras provincias como Chimborazo, Cotopaxi, Imbabura y Azuay, la producción supera las 40 hectáreas. Siendo una de las alternativas importantes de la economía en dichas provincias, su producción va a los mercados de Quito, Cuenca, Guayaquil y otras provincias de la Costa (El Comercio, 2011).

2.4. Variedades de fresa

Según, Montes (1980), citado por Gómez y Vallejo (2015), menciona que en el mundo existen más de 1 000 variedades de fresa; en el Ecuador las variedades que más se siembran son Oso grande, Chardler, Festival entre otras a menor escala. Además la Asociación Ecuatoriana de Fruticultores, mencionan que cada vez existen nuevas variedades de fresa, porque los agricultores importan nuevas semillas o plantas. También, realizan pruebas como mezclar diferentes tipos de semillas para obtener una tercera. Así se crearon variedades como San Andreas y Festival (El Comercio, 2012).

Las variedades más cultivadas en el sector de San Pablo del Lago y sus alrededores son:

a. Albión

Una variedad de excelente sabor, calidad y preferida por comercializadores y consumidores. Frutas grandes cónicas y alargadas con color rojo intenso. Planta mediana de fácil recolección de fruta. Excelente sabor y buen comportamiento en postcosecha. Alta resistencia a condiciones meteorológicas adversas y enfermedades (Masagro, 2015).

b. Monterrey

Es una nueva variedad de fotoperiodo normal, con un patrón de producción similar al de Albión, representado una floración levemente mayor y en forma de racimos, siendo

un poco más vigorosa por lo que requiere una densidad algo menor; su follaje tiene un tono verde amarillento y posee un excelente sabor de frutos (Masagro, 2015).

c. San Andreas

Es nueva variedad de fotoperiodo normal, con un patrón de producción muy similar a Albión, presenta frutos un poco más claros, de excelente sabor, y apariencia bastante superior que Albión durante el inicio de temporada. Presenta buena resistencia a enfermedades (Masagro, 2015).

2.5. Sistemas de cultivo

2.5.1. Sistema tradicional

González (2010) menciona que las plantaciones de frutilla se efectúan de diferentes formas según el medio ambiente y el tipo de suelo, la producción, tamaño de la explotación y grado de mecanización. Por lo general se hacen platabandas altas (10-25 cm) y de (60-80 cm) de ancho con dos filas de plantas, el ancho y alto de la platabanda también va a depender del tipo de riego a emplear. Las características de suelo son de gran importancia para que la planta pueda tener un buen desarrollo y sus frutos sean de óptima calidad; es así como la mejor fruta sale en conjunto de terrenos de textura media (terrenos francos) la coloración, así como una mayor porosidad, se ven favorecidas en terrenos ligeros y sueltos.

Además, la agricultura convencional utiliza una gran cantidad de productos químicos de síntesis y técnicas erróneas de laboreo que destruyen la vida subterránea del suelo, debilitando la resistencia natural de las plantas a enfermedades y plagas. Al combatir las plagas y malezas con herbicidas y plaguicidas se provocan más ataques parasitarios que obligan a aumentar la potencia o la cantidad de sustancias químicas, que a su vez destruyen la vida microbiana subterránea (FAO, 2011).

2.5.2. Sistema hidropónico

Según Correa (2009) los cultivos hidropónicos también se denominan sin suelo. Surgen como una alternativa a la agricultura tradicional, cultivos libres de parásitos,

bacterias, hongos y contaminación; permite producir cosechas en contra estación, los costos de producción se reducen; mayor producción en una área menor; hay un mayor ahorro de agua, fertilizantes e insecticidas; mayor precocidad de los cultivos; existe una mayor asepsia en el manejo del cultivo; se evita la utilización de maquinaria agrícola (tractores, rastras, entre otros).

El sistema hidropónico vertical es una respuesta inmediata a las necesidades de los productores, ya que pueden establecerse en espacios reducidos, denominados también como un método que muchos países a nivel mundial están utilizando como un medio de cultivar y obtener cosechas sanas, en relación a otros cultivos en sistemas convencionales.

2.6. Ubicación del cultivo hidropónico

Sánchez (2004), citado por Quishpe (2013) menciona que no es necesario tener un terreno muy grande, se puede usar superficies pequeñas. Este espacio debe tener ciertas características para garantizar la obtención de buenas cosechas.

- Debe tener como mínimo, seis horas luz solar directas, es decir que este bajo el sol seis horas.
- No debe estar debajo de la sombra de árboles o construcción cercanas.
- La fuente de agua debe estar cerca.
- El lugar donde se realice el cultivo no debe tener focos de contaminación.

2.7. Recipientes y contenedores

Marulanda y Izquierdo (2003) indican los tipos de recipientes y contenedores que se pueden usar o construir deben estar de acuerdo con el espacio disponible, las posibilidades técnicas y económicas y las necesidades y aspiraciones de progreso y desarrollo del grupo familiar.

Las bolsas o mangas plásticas de color negro, como las que se usan para plantas de vivero, son recipientes económicos, fáciles de usar y muy productivos en pequeños espacios. Las bolsas son aptas para especies como tomate, pepino, pimiento, frutilla

entre otras. Además las magas verticales no se siembran especies de siembra directa, sólo deben sembrarse especies de tranplante. Usando este sistema han tenido muy buenos resultados con fresa o frutilla, perejil (rizado o liso), lechugas, achicorias y plantas ornamentales de flor de porte reducido. Para la preparación del sustrato de estas mangas, se debe disminuir un poco la cantidad de componentes más pesado y aumentar el más liviano y que retenga más humedad. La nutrición se hace de la misma manera que en un contenedor de madera, regando todos los días con solución nutritiva y con agua cuando es necesario.

2.8. Sustratos

Correa (2009) indica que el sustrato se le denomina un medio sólido inerte que cumple dos funciones esenciales: la primera, anclar y aferrar las raíces protegiéndolas de la luz y permitiéndoles respirar; la segunda, contener el agua y los nutrientes que las plantas necesitan. Describe a un sustrato como todo material sólido distinto al suelo, natural o de síntesis, mineral u orgánico que, colocado en un contenedor, en forma pura o mezcla, permite el anclaje del sistema radicular, desempeñando, por tanto, un papel de soporte para la planta.

Los gránulos componentes del sustrato deben permitir la circulación del aire y la solución nutritiva. Se consideran buenos aquellos que permiten la presencia entre 15% y 35% de aire y entre 20% y 60% de agua en relación con el volumen total. Muchas veces es útil mezclar sustratos buscando que unos aporten lo que les falta a otros, teniendo en cuenta los aspectos siguientes:

- Retención de humedad.
- Alto porcentaje de aireación.
- Estabilidad a las propiedades físicas.
- Químicamente inerte.
- Biológicamente inerte.
- Excelente drenaje. Poseer capilaridad.
- Liviano.

- De bajo costo.
- Alta disponibilidad.

2.8.1. Tipos de sustratos

Correa (2009) manifiesta que los sustratos más utilizados son: cascarilla de arroz, arena, grava, residuos de hornos y calderas, piedra pómez, aserrines y virutas, ladrillos y tejas molidas (libres de elementos calcáreos o cemento), espuma de poliestireno (utilizada casi únicamente para aligerar el peso de otros sustratos.), turba rubia, vermiculita.

2.8.1.1. Pomina

Ansorena (1994), citado por Gómez y Vallejo (2015), menciona que la pomina es una roca volcánica gris o blanca formada de la espuma de las emanaciones volcánicas, lo cual le ha dado una estructura esponjosa y porosa. La pomina es dióxido de silicio (SiO_2) y óxido de aluminio (Al_2O_3), con pequeñas cantidades de Fe, Ca, Mg, y Na en la forma de óxido por lo que es inerte y de reacción neutra. La pomina es usada para fines de propagación, cuyas partículas oscila entre 1,5 a 3,1 mm de diámetro.

2.8.1.2. Cascarilla de arroz

Mientras que Bedoya y Pacheco (2002), citado por Gómez y Vallejo (2015), hablan que es un sub-producto de la industria molinera que se produce en las zonas arroceras y que ofrece buenas propiedades para ser usado como sustrato hidropónico. Sus propiedades físico-químicas incluyen un producto orgánico, con buena porosidad, y liviano de baja tasa de descomposición por su alto contenido de sílice. Su principal costo es el transporte, dado que para los molineros es un desecho. Sin embargo, presenta una baja retención de humedad inicial y es difícil conservar una humedad homogénea, por lo que se recomienda su uso en canaletas. También se requiere un especial cuidado con los residuos de cosecha, como granos de arroz enteros o en fragmento, a la vez que pueden encontrarse semillas de otras plantas que pueden germinar generando un problema de malezas.

2.8.2. Características de los sustratos

Para elegir un sustrato óptimo, se debe considerar que sea químicamente inerte, que el de la planta no tome alimento alguno, que sea fácil de conseguir, de bajo costo, que no se descomponga o se desgaste con facilidad, que retenga humedad, que no sea salino, y que proporcione buena aireación a las raíces de la planta; para ello debe ser granulado y que no se compacte (Alpízar , 2004).

2.9. Plagas y enfermedades

Lozada (2011) menciona las principales plagas y enfermedades en el cultivo de fresa:

2.9.1. Trips (*Frankliniella occidentalis*)

Dañan con su estilete las flores y los frutos, llegando a deformarlos como reacción a su saliva tóxica. Debe prevenirse su ataque dependiendo del número de formas móviles por flor. Suelen aparecer en tiempo seco, aumentando su población con la elevación de la temperatura. Se conoce efectivos depredadores naturales de Trips, como son: *Orius sp.*, y *Aeolothrips intermedius*.

2.9.2. Pulgón de la frutilla (*Chaetosiphon fragaefolii*)

Daña por succión de la savia, deteniendo el crecimiento de las plantas, y lo más importante es que a través de esta acción transmite virosis, el clima seco favorece el desarrollo de nuevas poblaciones. Se pueden controlar con insecticidas sistémicos y de contacto, entre los que se destacan Methomil (Lannate), Malathion, Endosulfan (Thiodan).

2.9.3. Araña roja (*Tetranychus urticae* Koch)

La araña roja se presenta en cualquier momento, aunque su daño es más severo durante la época seca. Las hojas toman un color bronceado y la planta no crece. En el envés de las hojas se pueden encontrar arañitas muy pequeñas que se mueven. El daño

aparece primero en las hojas viejas y su control es muy difícil por la rápida inducción de resistencia a los productos utilizados, así como los problemas de residuos en los frutos.

2.9.4. Botrytis (*Botrytis cinerea*)

Su desarrollo se ve favorecido con la alta humedad y bajas temperaturas típicas de la zona, puede penetrar en el futo sin necesidad de herirlas y durante la cosecha los frutos sanos pueden ser contaminados con esporas provenientes de otros frutos infestados. Cualquier factor que tienda a producir daños como magulladuras o exceso de manipuleo en la cosecha favorece la propagación de la enfermedad.

El combate por métodos culturales es muy impórtate: deshojas, podas de racimos viejos, coberturas del suelo, riego por goteo y buen manejo en el almacenamiento, empaque y transporte de la fruta. También es importante un punto de corte adecuado; si la fruta se corta en avanzada maduración, la enfermedad se presenta rápidamente y no soporta la etapa de comercialización.

2.9.5. Oídio (*Sphaerotheca macularis*)

Es un hongo muy común en áreas de gran humedad ambiental y frío. Los órganos más afectados son las hojas, cáliz de las flores y frutos. El síntoma más característico es el curvamiento de los márgenes de las hojas hacia arriba, acompañado de un velo blanquecino. Si el ataque es muy severo, el envés de las hojas adquiere un color rojizo. Se recomienda aplicaciones de fungicidas sistémicos.

2.9.6. Pudrición roja (*Phytophthora fragariae*)

Produce un marchitamiento generalizado de la planta durante la época seca, especialmente en el segundo año, lo que se debe a que todo el sistema radicular se ve comprometido, coincidiendo con la época de producción de frutas, en el cual la regeneración de raicillas es más lenta. Esta enfermedad es muy frecuente en terrenos mal drenados y con temperaturas bajas. Dentro de los síntomas destacan las hojas

nuevas de un color verde pálido y las adultas amarillos rojizas. Sus raíces se presentan de un color oscuro y al hacer un corte longitudinal en ellas se verá el interior rojo.

2.9.7. Bacterias (*Xanthomonas fragariae*)

Atacan principalmente a la hoja, dando lugar a manchas aceitosas que se van uniendo y progresando a zonas necróticas. Se ven favorecidas por temperaturas diurnas de alrededor de 20 °C y elevada humedad ambiental.

2.10. Nutrientes

Según Álvarez y Ángel (2011) las plantas verdes elaboran sus propios alimentos orgánicos por medio de la fotosíntesis; emplean dióxido de carbono y oxígeno como materias primas. Los nutrientes aportados por el suelo a las plantas son en una mayoría sales minerales.

Los fisiólogos vegetales han descubierto que las plantas necesitan carbono, hidrógeno, oxígeno, nitrógeno, fósforo, potasio, magnesio, azufre, calcio, hierro, manganeso, boro, cinc, cobre y, con mucha probabilidad, molibdeno. Extraen carbono, hidrógeno y oxígeno en grandes cantidades del agua y del aire, pero el resto de los elementos suelen ser aportados por el suelo en forma de sales.

Las cantidades relativas de estos compuestos necesitan para un crecimiento normal difieren para cada planta, pero todas requieren proporciones grandes de nitrógeno, fósforo, potasio, magnesio, azufre y calcio. El hierro, el manganeso, el boro, el cinc, el cobre y el molibdeno se requiere en cantidades muy exiguas, y reciben el nombre de micros nutrientes o elementos vegetales (Alpizar , 2004).

Rivadeneira (2016) manifiesta que la nutrición foliar consiste en aplicar sustancias fertilizantes mediante la aspersion al follaje con soluciones nutritivas, el proceso de absorción de nutrientes por vía foliar tiene lugar en tres etapas, en la primera etapa, las sustancias nutritivas, aplicadas a la superficie, penetra la pared celular por difusión libre. En la segunda, las sustancias son absorbidas por la superficie de la membrana

plasmática y en la tercera, pasan al citoplasma mediante procesos metabólicos. La fertilización equilibrada en fresa es decisiva para obtener alta calidad y rendimiento de fruto.

2.11. Trasplante

Las mediciones realizadas por Gambardella, M. y otros, (1999), citado por Muyulema y Muyulema (2005) dice que; cuando se tiene las plantas de los viveros, se las transporta al sitio definitivo para ser trasplantadas mediante dos métodos de siembra: a raíz desnuda o con pequeños panes de tierra; se los coloca en los orificios de la cubierta plástica, de tal forma que queden cubiertas hasta el cuello de la raíz. Cuando la corona queda suelta o muy superficial, las primeras hojas se presentan encrespadas y amarillas, síntomas que pueden ser confundidos con ataques de virus. Por otro lado las plantas deben haber cumplido de 8 a 12 semanas de edad, es decir deben estar en el mejor estado para soportar las condiciones adversas en el campo.

2.12. Podas

Angulo (2009), citado por Rivadeneira (2016), menciona los tipos de poda:

➤ **De formación:** consiste en eliminar las primeras flores (desflora) que aparecen para darle más vigor a la planta estimulando la formación de nuevas raíces las cuales van a inducir en la producción.

➤ **De producción:** Los brotes productivos que ya dieron frutos deben ser eliminados para dar paso a los nuevos brotes vegetativos y reproductivos los cuales a su vez van a estimular las nuevas inflorescencias y estolones secundarios.

➤ **De mantenimiento:** O deshoje consiste en eliminar las hojas secas o que ya cumplieron con su función, aumentando la aireación, disminuyendo los problemas de hongos ocasionados por alta humedad relativa y estimulando la formación de nuevas inflorescencias y por supuesto nuevos frutos.

➤ **Fitosanitaria:** Consiste en eliminar todas las hojas con ataques de hongos o bacterias y que presentan ataques de ácaros u otros artrópodos plaga. También se deben eliminar las flores que presentan ataque de Botrytis y los estolones débiles.

2.13. Riego

En los cultivos hidropónicos es imprescindible el uso de un sistema de riego para suplir las necesidades de agua de las plantas y suministrar los nutrientes necesarios. Los sistemas de riego que pueden utilizarse van desde un manual con regadera hasta el más sofisticado con controladores automáticos de dosificación de nutrientes, pH y programador automático de riego. Un sistema de riego consta de un tanque para el agua y nutrientes, tuberías conducción de agua y goteros o aspersores. La ubicación del tanque dependerá de la situación del cultivo. En caso de regar por gravedad, deberá tener suficiente altura para lograr una buena presión en los goteros, si se riega utilizando una bomba, el tanque puede ser subterráneo (Correa, 2009).

Por otra parte Angulo (2009), citado por Rivadeneira (2016) dice que el riego y la fertilización son factores clave en el buen desarrollo y éxito del cultivo de fresa, las plantas tienen un sistema radicular muy superficial, razón por la cual se requiere suministros permanentes de agua en dosis bajas, para esto se debe establecer un sistema de riego por goteo o por cinta.

Además, Smart (2014), citado por Rivadeneira (2014) menciona la fertirrigación, como el nombre lo indica, es la aplicación de fertilizantes con el agua de riego: Fertilización + Irrigación. Al utilizarla apropiadamente, la fertirrigación tiene muchas ventajas sobre otros métodos de fertilización: ahorra tiempo y mano de obra, la aplicación de fertilizantes es más precisa y uniforme, y la absorción de nutrientes por las raíces es mejor.

2.14. Cosecha y Poscosecha

Ingeniería Agrícola (2008), citado por Lozada (2011), indica que la recolección se realiza cuando el fruto ha adquirido el color típico de la variedad, al menos en 2/3 a 3/4 de la superficie, dependiendo del destino o mercado, de tal manera que pueda resistir el transporte. La cosecha se efectúa en numerosas pasadas por la plantación. Se arrancan los frutos de acuerdo al mercado, en fresco o en congelado. Para el primer caso se realiza con cuidado especiales, lo que le hace más costoso. Los frutos tienen que conservar el cáliz y una pequeña parte del pedúnculo. Para el segundo caso, es decir

para procesamiento, es menos delicado y la fruta queda sin el cáliz; la cosecha se la efectúa manualmente. El operario arranca el fruto, tomando el pedúnculo entre los dedos índice y pulgar ejerciendo una ligera presión con la uña y efectuando un rápido movimiento de torsión y corte, los frutos se colocan en canastos o jabas plásticas que los operarios llevan a sus espaldas, las mismas que luego de llenarlas son llevadas a los sitios de acopio en el campo. La fresa es un fruto no climatérico, en el que se da un paulatino descenso en la producción de etileno durante su desarrollo, tiene una de las más altas tasas respiratorias de todos los frutos frescos, y debido a su piel fina, es un fruto con una transpiración muy elevada, razón por la cual es importante el medio de almacenamiento. El enfriamiento tras la cosecha se realiza a una temperatura de 2 °C y 5 °C lo cual influye en la calidad y la humedad relativa del aire que lo rodea esto evitará la pérdida de peso. Dependiendo de la variedad, la fruta se mantiene entre 7 a 10 días en cámaras de frío. Para conservar frutillas para el consumo en fresco se recomienda almacenarlas en atmosfera modificada con temperaturas controladas, 2% de anhídrido carbónico, 15 a 20% de oxígeno y 0 °C de temperatura. En estas condiciones la frutilla puede conservarse hasta 30 días. Cuando el producto es destinado para el proceso industrial, es necesario primeramente depositar la fruta o hacer la separación de cáliz.

Beltrano y Gimenez (2015), hablan de las principales ventajas de la hidroponía sobre la agricultura tradicional es la capacidad de obtener un mayor rendimiento. Según algunos autores, la hidroponía resulta en una cosecha que es de dos a 10 veces el de las mismas plantas que se cultivan tradicionalmente. Este aumento del rendimiento se produce en menor tiempo y en menor espacio que en la agricultura tradicional.

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Caracterización del área de estudio

3.1.1. Ubicación geográfica

La presente investigación se realizó en la Granja “Experimental Yuyucocha”, ubicada en la provincia Imbabura, cantón Ibarra, parroquia Caranqui, con una altitud de 2243 msnm, 00°21’53” de latitud Norte y 78°06’32” de longitud Oeste, con una temperatura promedio de 17,50°C, 746.37 mm de precipitación y 70% de humedad relativa (Estación Meteorológica, Granja Experimental Yuyucocha, Ibarra, 2015).

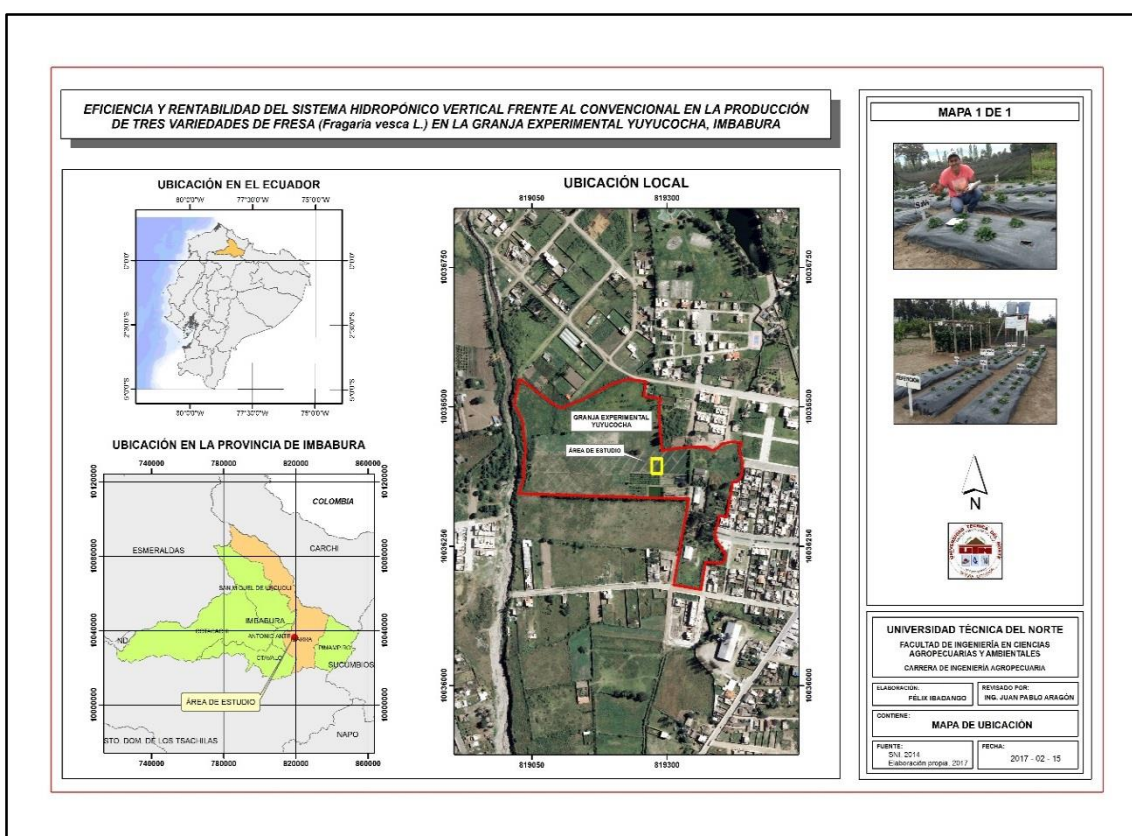


Figura 1. Mapa de ubicación. Ibarra, 2017
Elaborado por: Félix Ibadango Ruíz

3.2. MATERIALES Y EQUIPOS

3.2.1. Material experimental

- Variedades de fresa: Albión, Monterrey y San Andreas

3.2.2. Materiales

- Tanque de 1000 litros
- Plástico negro
- Sustratos: Cascarilla de arroz + pomina (50%+50%)
- Bomba de mochila
- Balanza gramera
- Calibrador
- Flexómetro

3.2.3. Materiales de oficina

- Computadora
- Calculadora
- Cámara fotográfica
- Libreta de campo
- Esferos
- Regla

3.2.4. Insumos

- Fertilizantes
- Fungicidas sistémicos y protectantes
- Insecticidas

3.3. MÉTODOS

3.3.1. Factores en estudio

- Variedades de fresa: V1= Albión
V2= Monterrey
V3= San Andreas

- Sistema de cultivo: H1= Hidropónico vertical
S2= Suelo

3.3.2. Tratamientos

Los tratamientos en estudio fueron el producto de la combinación entre variedades y sistemas de cultivo (Tabla 1).

Tabla 1. Tratamientos. Ibarra, 2017

Tratamientos	Descripción	Código
T1	Sistema hidropónico vertical con variedad 1	H1V1
T2	Sistema hidropónico vertical con variedad 2	H1V2
T3	Sistema hidropónico vertical con variedad 3	H1V3
T4	Sistema en suelo con variedad 1	S2V1
T5	Sistema en suelo con variedad 2	S2V2
T6	Sistema en suelo con variedad 3	S2V3

Elaborado por: Félix Ibadango Ruiz

3.3.3. Diseño Experimental

Se utilizó un Diseño experimental de Parcelas Divididas (DPD), donde la parcela grande fue los sistemas de siembra (Factor A) y la parcela pequeña las variedades (Factor B).

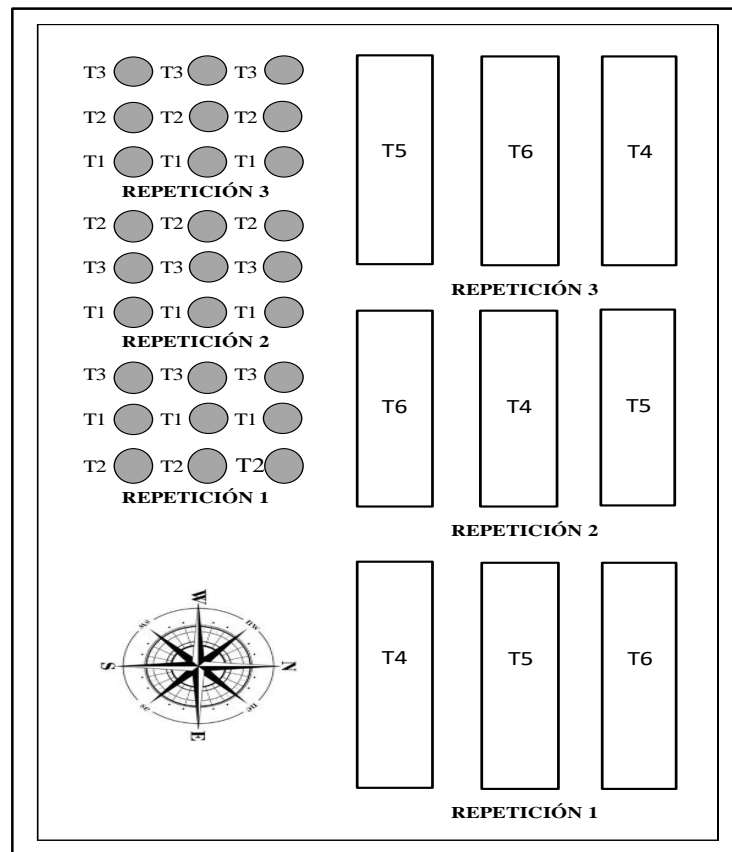


Figura 2. Croquis del experimento en el campo
Elaborado por: Félix Ibadango Ruiz

3.3.4. Características del experimento

Tratamientos: 6

Repeticiones: 3

Total de unidades experimentales: 18

Características de la unidad experimental

Hidroponía Vertical

Forma: Rectangular

Largo: 1,75 m

Ancho: 1,75 m

Área total: 3,06 m²

Área neta: 0,45 m² (0,50 x 0,90)

Suelo

Rectangular

3,00 m

0,80 m

2,40 m²

1,60 m² (2,00 x 0,80)

En la investigación se evaluó dos sistemas de cultivo de fresa: hidropónico vertical y suelo. Los datos se tomaron en las plantas de la parcela neta.

Hidroponía Vertical	Suelo
Separación entre parcelas: 0,40 m	0,50 m
Separación entre repeticiones: 0,40 m	0,50 m
Área total del ensayo: 27,54 m ² (3,06 x 9)	21,60 m ² (2,40 x 9)
Área experimental del ensayo: 49,14 m ²	

3.3.5. Análisis Estadístico

El análisis estadístico de las variables en estudio se realizó con el programa InfoStat® versión actualizada 2016.

Tabla 2. Esquema del ADEVA

Fuentes de variación	Grados de libertad
Total	17
Repeticiones	2
Factor A: Sistemas	1
Error a	2
Factor B: Variedades	2
A x B	2
Error b	8
Coefficiente de variación en %	
Elaborado por: Félix Ibadango Ruiz	

3.3.6. Análisis funcional

En las variables que presentaron significación estadística se aplicó la prueba de Tukey al 5%.

3.4. Variables

3.4.1. Porcentaje de prendimiento

Se contaron las plantas prendidas a los 15 días después del trasplante (Jueves 24 de septiembre del 2015), para determinar el porcentaje de prendimiento, tanto en las mangas verticales hidropónicas como en el suelo.

3.4.2. Porcentaje de sobrevivencia de plantas a la cosecha

Al final de la evaluación de la quinta cosecha para determinar el rendimiento de fresa, en las mangas verticales hidropónicas y en las parcelas en suelo. Se contabilizaron las plantas en producción, para luego calcular el porcentaje de sobrevivencia.

3.4.3. Número de frutos/parcela neta

La variable se determinó contabilizando el número de frutos cosechados en la parcela neta, del sistema hidropónico vertical y en suelo, para luego expresarlos en porcentaje (%).

3.4.4. Rendimiento/parcela neta

El rendimiento se obtuvo de la suma de los pesos de frutos cosechados en cinco épocas (08/11-05/12/2015; 08/12-04/01/2016; 11/01-07/02/2016; 09/02-05/03/2016; 08/03-08/04/2016) y se expresó en g/parcela neta y luego en kg/ha.

3.4.5. Clasificación de frutos

Los frutos se clasificaron en cuatro categorías: primera (fruto comercial), segunda (fruto comercial de menor valor), tercera y cuarta (frutos para la agro-industria), de acuerdo con la escala que se indica (Tabla 3).

Tabla 3. Categorías de clasificación de frutos de fresa

Tamaño	Intervalo de diámetro ecuatorial (cm)	Descripción
A	3.2 > Mayor	Extra grande
B	2.6 - 3.1	Grande
C	2 - 2.6	Mediana
D	1.6 - 1.9	Pequeña

(Secretaría de Economía, 2002)

3.4.6. Grados Brix (°Bx)

Se determinó con la utilización de un refractómetro portátil de mano y de lectura directa; en el cual se colocó 0,5 ml del jugo de la fresa madura (3/4 pintón), conseguida por maceración en mortero.

3.4.7. Análisis económico de los tratamientos

Los rendimientos de campo fueron analizados con el método de análisis económico de presupuesto parcial señalado por el CIMMYT (1998), se utilizaron los datos de rendimiento promedio de campo, tanto del sistema de siembra en hidroponía vertical como del sistema suelo expresado y transformado en kg/ha. Estos rendimientos fueron ajustados al 2% debido a la manipulación y al daño por aves (pájaros silvestres).

3.5. Manejo específico del experimento

3.5.1. Selección del lote

Se eligió un lote adecuado y seguro en la granja Experimental Yuyucocha en donde se construyó la estructura para la hidroponía vertical y las platabandas para el cultivo en suelo.

3.5.2. Sistema hidropónico vertical: Construcción de la estructura

La estructura hidropónica se construyó con postes de madera en una superficie de 9,18 m². Los postes tuvieron una longitud de 2,50 m, de los cuales los 0,50 cm se introdujeron en el suelo. En las vigas de madera horizontales se suspendieron los chimbuzos hidropónicos.

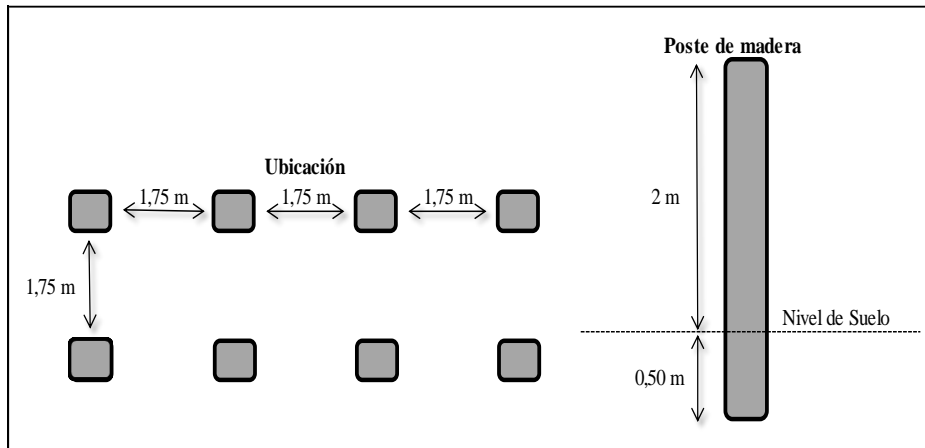


Figura 3. Diseño de la estructura hidropónica vertical
Elaborado por: Félix Ibadango Ruiz

3.5.2.1. *Sustratos: preparación y desinfección*

Los sustratos pomina y cascarilla de arroz fueron lavados con abundante agua limpia, para eliminar contaminantes. Para precautelar la sanidad de las plantas se desinfectó con solución de vitavax (Carboxim + Thiram) al 1%.

3.5.2.2. *Contenedores hidropónicos verticales*

Se utilizó mangas verticales hidropónicas de polietileno de 120 cm de largo y su diámetro de 60 cm.

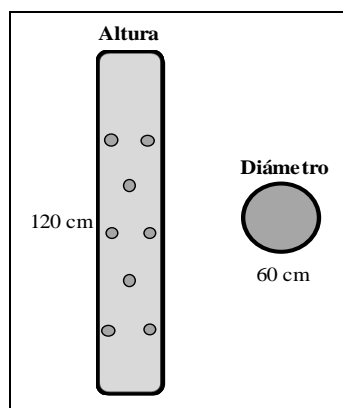


Figura 4. Diseño de contenedor hidropónico vertical
Elaborado por: Félix Ibadango Ruiz

3.5.2.3. Ubicación de los contenedores en la estructura hidropónica

Los contenedores hidropónicos constituidos de 50% de cascarilla de arroz y 50% de pomina en mezcla, se colocaron en las vigas horizontales a un distanciamiento de 63 cm en cuadro, tomando en cuenta la distribución al azar y el diseño experimental a utilizar en la investigación.

3.5.3. Sistema en suelo: Preparación de platabandas

Se construyeron las platabandas de 80 cm de ancho, 3 m de largo, y 25 cm de alto, los mismos que fueron construidos en forma manual con azadón.

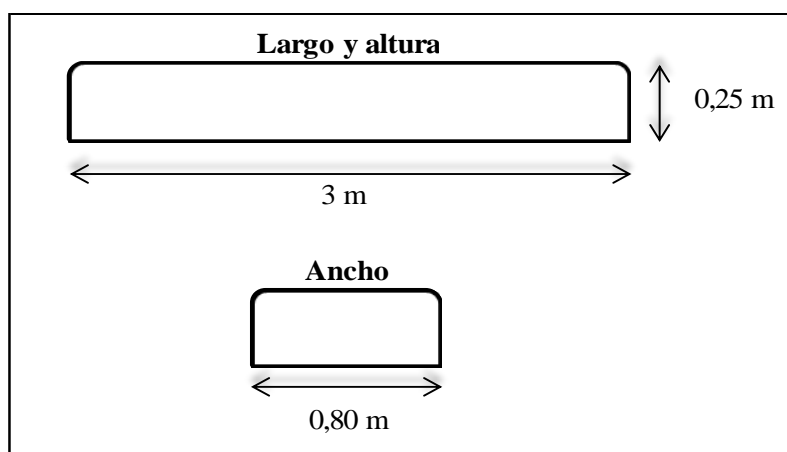


Figura 5. Diseño de platabanda en suelo
Elaborado por: Félix Ibadango Ruiz

3.5.3.1. Fertilización de platabandas

Con base en los resultados del análisis de suelo (*Anexo 3*) se procedió a realizar las enmiendas de macro y micro elementos faltantes con fertilizantes de acuerdo a los resultados del análisis y el requerimiento del cultivo se aplicó; 50 g/platabanda de urea (46-0-0), 40 g/platabanda de fosfato diamónico (18-46-0) y 40 g/platabanda de muriato de potasio (0-0-60). Como fuente de materia orgánica se utilizó humus de lombriz a razón de 13 kg/platabanda. Cada platabanda tuvo una superficie de 2,40 m², en base a la recomendación.

3.5.3.2. Desinfección de suelo

El suelo de las parcelas experimentales se desinfectó con una solución de vitavax (Carboxim + Thiram) al 1%, utilizando una bomba de mochila manual.

3.5.3.3. Acolchado

Sobre las platabandas se colocaron en forma adecuada un plástico de polietileno de color negro para formar el acolchado de las mismas.

3.5.3.4. Hoyado

En el plástico se realizaron hoyos de 5 cm de diámetro, en suelo a 40 x 40 cm (densidad del agricultor) y en los contenedores hidropónicos a 20 x 20 cm, en una distribución de tres bolillo, respectivamente.

3.5.4. Sistema de riego: Construcción de la estructura para el riego por goteo

En un trípode de madera de 3 m de altitud, se colocó un tanque plástico de 1000 litros de capacidad (1 m³). En la base se instaló una manguera de salida de agua, un filtro y una llave de paso, para proveer de agua a las plantas de los contenedores hidropónicos y las platabandas en suelo.

3.5.4.1. Pruebas de humedecimiento:

Antes de iniciar la investigación, se procedió a realizar las pruebas de humedecimiento en los contenedores hidropónicos y en las platabandas del suelo. Se tomó en cuenta el tiempo de riego y el volumen de agua consumida, durante tres días. Los resultados de las pruebas fueron que en cada contenedor hidropónico, así como en cada platabanda de suelo se debió regar con 2 litros de solución nutritiva durante 4 minutos.

3.5.5. Siembra

3.5.5.1. Variedades utilizadas

El estudio se realizó con las variedades: Albión, Monterrey y San Andreas. Las plántulas se adquirieron en la empresa Agro21, ubicada en la provincia de Pichincha, cantón Quito, parroquia Yaruquí.

3.5.5.2. Desinfección de plántulas y trasplante de plantas

La desinfección de plántulas se realizó con una solución de vitavax (Carboxim + Thiram) al 1%, sumergiendo la parte radical de la planta en la solución para luego realizar el trasplante de forma manual en suelo. En el caso de las platabandas; y, en los hoyos de los contenedores hidropónicos.

3.5.6. Fertilización

La fertilización, tanto para el sistema hidropónico vertical y suelo fueron los mismos. En el desarrollo de la investigación se utilizó el agua proveniente del canal de riego que ingresa al reservorio de la granja experimental Yuyucocha y recogida en un tanque plástico de 1,0 m³ de capacidad. En él se preparaba la solución nutritiva con las sales fuentes Hakapos (13-40-13) y Blaunkorm Azul (12-12-17(+2)), para ser utilizado como ferti-irrigación. Al follaje se aplicaron los fertilizantes foliares señalados en la tabla 4. Antes de la preparación de la solución nutritiva el agua fue desclorizada durante 20 horas, aproximadamente.

Tabla 4. Fertilizantes

Fertilizantes granulados	Dosis
Hakapos (13-40-13)	0,5 g/litro de agua
Blaunkorn Azul (12-12-17(+2))	0,5 g/litro de agua
Fertilizantes Foliares	
Maxi-grow	0,5 g/litro de agua
Bayfolan Aktivator	0,5 cm ³ /litro de agua
Fertrilon Combi	0,5 g/litro de agua
Stimufol	0,5 g/litro de agua

Elaborado por: Félix Ibadango Ruiz

3.5.6.1. Preparación de la solución nutritiva

La preparación de la solución nutritiva se realizó en un recipiente de 20 litros de capacidad, donde se mezclaron las sales fuentes indicadas anteriormente, hasta alcanzar su disolución completa. Luego se colocó en el tanque de distribución con 500 litros de agua, para proceder a los riegos en la mañana (08:00 am) y en la tarde (17:00 pm) aproximadamente, tanto al sistema hidropónico vertical como en suelo.

3.5.7. Control de plagas y enfermedades

En el crecimiento y desarrollo del cultivo se observó la presencia de mosca blanca (*Bremisia tabaci*), trips (*Frankliniella occidentalis*) como insectos plaga; así como la botritis (*Botrytis cinerea*), enfermedad que infectó al follaje y al fruto. Para el control de los insectos se aplicaron los insecticidas Cigaral (Imidacloprid) y Olate (Acefato) en forma alternada y para la enfermedad fúngica Korso (Carbendazim) en diferentes etapas fisiológicas del cultivo. La aplicación se realizó utilizando una bomba de fumigar manual en el sistema hidropónico vertical y suelo.

Tabla 5. Control Fitosanitario

Enfermedades	Ingrediente Activo	Dosis
Botritis (<i>Botrytis cinerea</i>)	Carbendazim	0,5 g/litro
Plagas		
Palomilla blanca (<i>Bremisia tabaci</i>)	Imidacloprid	0,5 cm ³ /litro
Trips (<i>Frankliniella occidentalis</i>)	Acefato	0,5 cm ³ /litro

Elaborado por: Félix Ibadango Ruíz

3.5.8. Cosecha

La cosecha se realizó de forma manual, cuando los frutos alcanzaron el estado de madurez fisiológica (3/4 pintón), es decir, tres partes con la coloración rojiza y una parte con la coloración crema. Esta labor se ejecutó semanalmente hasta finalizar la cosecha y durante cinco ciclos, con el fin de garantizar los datos de rendimiento.

3.5.9. Clasificación

Luego de la cosecha los frutos fueron seleccionados de acuerdo con las variedades en estudio: Albión, Monterrey y San Andreas. De cada una de ellas se clasificaron en frutos de primera, segunda, tercera y cuarta categorías, según la escala señalada (Tabla 3). Los frutos fueron almacenados en un lugar adecuado con temperaturas entre los 13 y 14°C para su conservación.

3.5.10. Comercialización

Mediante la información que se obtuvo en el mercado, el rango de fluctuación de precios fue de 0,80 a 1,50 USD por libra de fresa, en tarrinas plásticas o en cajas de cartón. Para el análisis económico se utilizó el precio de 0,80 USD/libra en tarrina plástica.

CAPÍTULO IV

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos en la presente investigación, se presentan a continuación:

4.1. Porcentaje de prendimiento

El análisis de varianza (Tabla 6), no identificó diferencia significativa para Factor A (Sistemas de siembra), Factor B (Variedades) e interacción.

Tabla 6. ADEVA porcentaje de prendimiento. Ibarra, 2017

Fuentes de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	Valor de F		F α ,0,05	F α ,0,01
Total	590,56	17					
Repeticiones	92,96	2	46,48	1,34	ns	19,00	99,00
Factor A: Sistemas	35,00	1	35,00	0,75	ns	18,51	98,49
Error a	92,96	2	46,48				
Factor B: Variedades	92,41	2	46,20	1,33	ns	5,14	10,92
A x B	0,0011	2	0,00056	0,000016	ns	5,14	10,92
Error b	277,22	8	34,65				
CV= 6,14							

Elaborado por: Félix Ibadango Ruiz

El coeficiente de variación fue de 6,14%, permitiendo inferir que hubo homogeneidad de comportamiento en esta variable.

El sistema hidropónico vertical presentó un mayor porcentaje de prendimiento de plantas (97,23%) con relación al sistema suelo (94,44%), debido a que en hidroponía se utilizó sustratos limpios e inertes que promovieron un rápido desarrollo de las raíces del cultivo (Figura 5). Esto coincide con lo mencionado por Pastor (2000), que el mercado actual ofrece una diversidad de estos materiales, los cuales presentan propiedades físicas, químicas y biológicas propias para un buen desarrollo de las plantas.

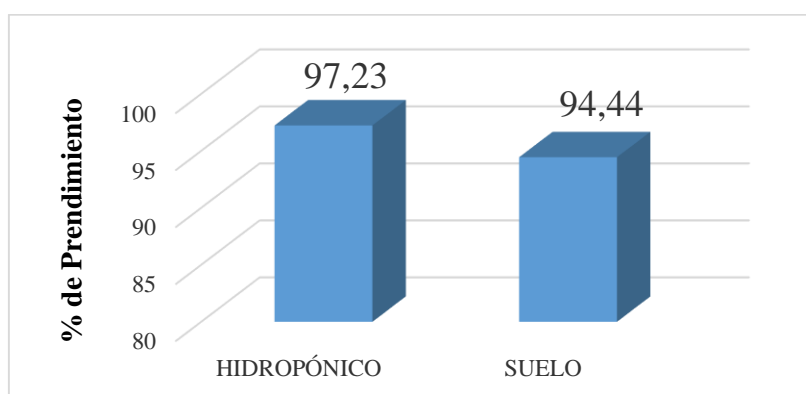


Figura 6. Valores promedios de porcentaje de prendimiento para sistema hidropónico vertical y suelo. Ibarra, 2017

Elaborado por: Félix Ibadango Ruíz

En el caso de las variedades, se observó que la variedad San Andreas (V3) tuvo mejor prendimiento (H-100% y S-97,23%) que las variedades Albión (V1) (H-97,23% y S-94,43%) y Monterrey (V2) (H-94,47% y S-91,67%), tanto en el sistema hidropónico como en el suelo (Figura 6). Estos resultados se debieron fundamentalmente a las características genéticas y comportamiento ambiental de cada uno de los materiales en estudio. Como manifiesta en su investigación Guzmán (2004), en la cual el porcentaje de prendimiento fue alto debido a que existen variedades que tienen mayor adaptabilidad a las condiciones de suelo, temperatura y manejo que se le dé al cultivo.

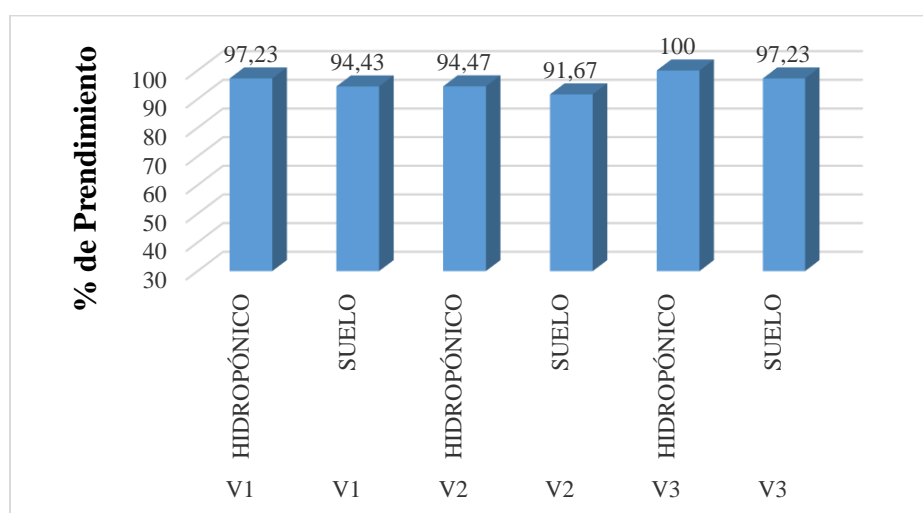


Figura 7. Valores promedios de porcentajes de prendimiento para variedades. Ibarra, 2017

Elaborado por: Félix Ibadango Ruíz

4.2. Porcentaje de sobrevivencia de plantas a la cosecha

El análisis de varianza no detectó significación estadística para los factores A y B (Sistemas de siembra y Variedades) y su interacción (Tabla 7). El coeficiente de variación fue de 4,52%.

Tabla 7. ADEVA porcentaje de sobrevivencia a la cosecha. Ibarra, 2017

Fuentes de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	Valor de F		Fα,05	Fα,01
Total	714,98	17					
Repeticiones	162,96	2	81,48	2,64	ns	19,00	99,00
Factor A: Sistemas	34,72	1	34,72	0,43	ns	18,51	98,49
Error a	54,14	2	27,07				
Factor B: Variedades	53,58	2	26,79	0,87	ns	5,14	10,92
A x B	162,41	2	81,20	2,63	ns	5,14	10,92
Error b	247,16	8	30,90				
CV = 4,52							

Elaborado por: Félix Ibadango Ruiz

Se observó que el sistema hidropónico vertical presentó un mayor porcentaje de plantas a la cosecha (96,30%) en relación al sistema en suelo (93,52%), datos que concuerdan con el porcentaje de prendimiento de plantas (Figura 7). Demostrando que sobresalieron las características genéticas, condiciones ambientales y manejo agronómico de materiales en estudio.

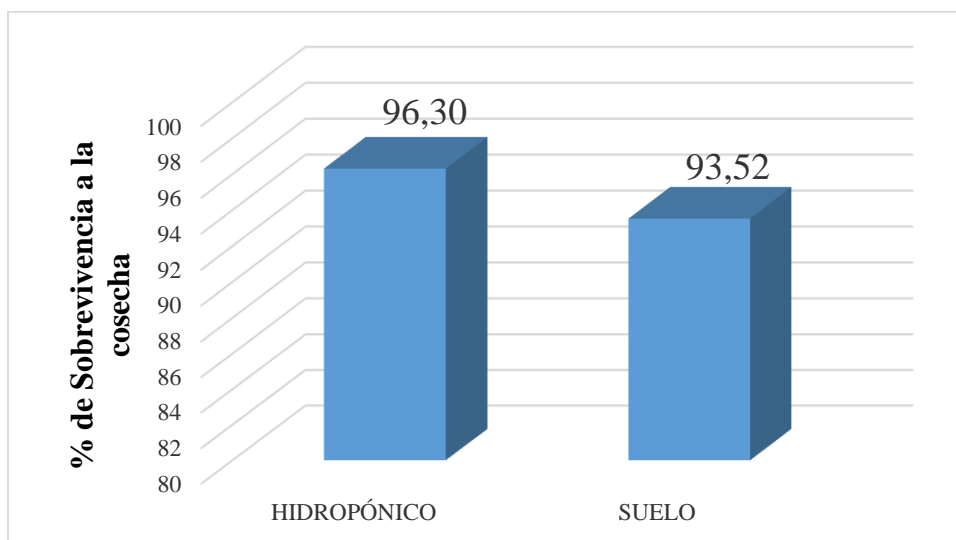


Figura 8. Valores promedios de porcentajes de supervivencia a la cosecha para sistema hidropónico vertical y suelo. Ibarra, 2017
Elaborado por: Félix Ibadango Ruiz

En la Figura 8, el porcentaje de plantas a la cosecha con las variedades Albión (V1) y Monterrey (V2) fue mejor en el sistema hidropónico vertical que en suelo, a excepción de la variedad San Andreas (V3), observación que influyó sobre el rendimiento de frutos.

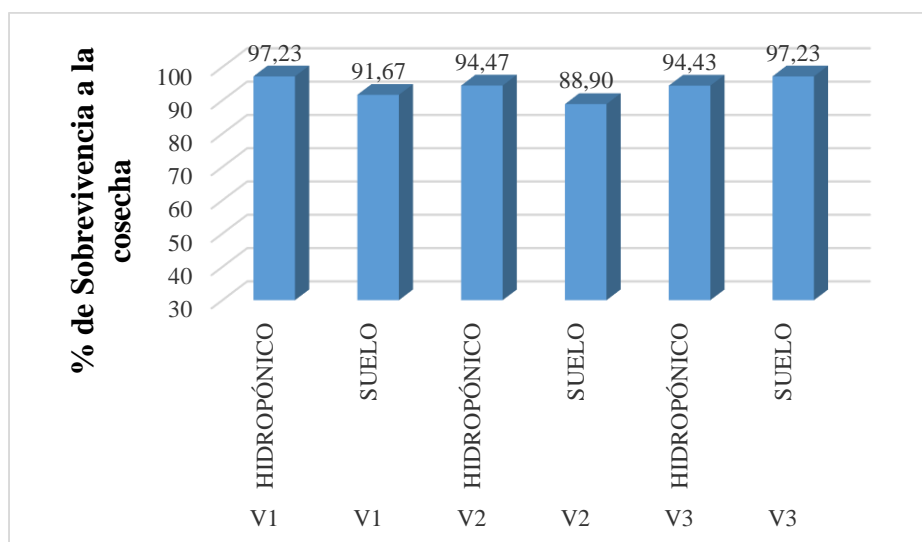


Figura 9. Valores promedios de porcentajes de supervivencia a la cosecha para variedades. Ibarra, 2017
Elaborado por: Félix Ibadango Ruiz

4.3. Número de frutos / parcela neta

El análisis de varianza para número de frutos por parcela neta, identificó significación al 5% para los sistemas de cultivo (factor A) y ninguna significación para variedades (factor B), interacción y repeticiones (Tabla 8). El coeficiente de variación fue del 32,85%.

Tabla 8. ADEVA porcentaje de frutos. Ibarra, 2017

Fuentes de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	Valor de F		F $\alpha_{0,05}$	F $\alpha_{0,01}$
Total	34516,00	17					
Repeticiones	3684,78	2	1842,39	0,71	ns	19,00	99,00
Factor A: Sistemas	3640,89	1	3640,89	1,98	*	18,51	98,49
Error a	1322,33	2	661,17				
Factor B: Variedades	3834,33	2	1917,17	0,74	ns	5,14	10,92
A x B	1200,11	2	600,06	0,23	ns	5,14	10,92
Error b	20833,56	8	2604,19				
CV= 32,85							

Elaborado por: Félix Ibadango Ruiz

El número de frutos/planta fue mejor en el sistema hidropónico vertical (170 frutos) que en suelo (141 frutos), con un 17% de diferencia (Figura 9). Al respecto, Furlani y Fernández (2007), en su investigación llegaron a la conclusión de que en el sistema vertical hubo un mejor aprovechamiento interno del ambiente protegido, con reflejos positivos en el rendimiento por área, y mayor facilidad en la manipulación del cultivo, incluyéndose las operaciones de trasplante, limpieza de las plantas, colecta de los frutos y retirada de los estolones. Así como también presentaron mejor distribución de la producción a lo largo del ciclo, difiriendo del pico de producción característico del sistema convencional. El sistema vertical es viable para la obtención de mayores producciones por área de ambiente protegido.

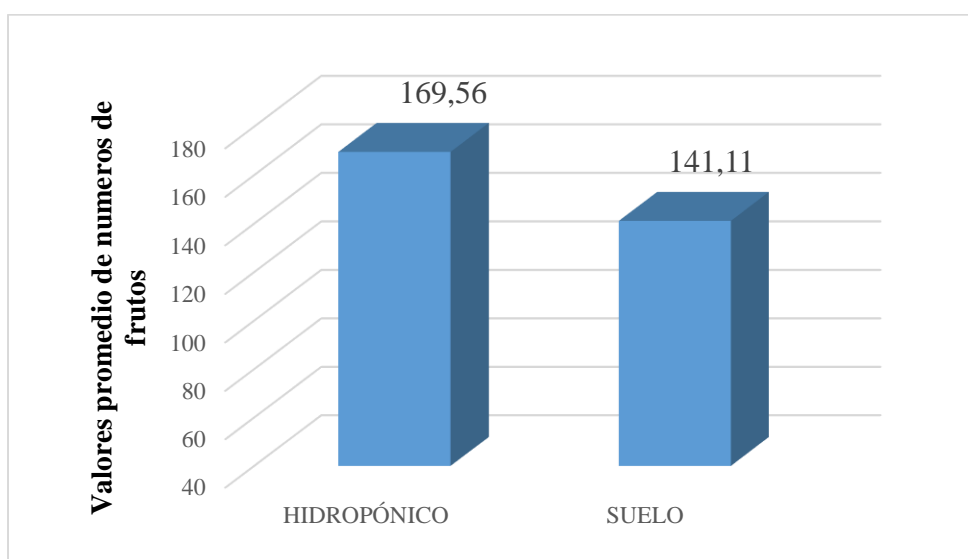


Figura 10. Valores promedios de número de frutos/planta para el sistema hidropónico vertical y suelo. Ibarra, 2017

Elaborado por: Félix Ibadango Ruiz

En el caso de las variedades el número de frutos/planta fue mayor en el sistema hidropónico vertical; la variedad Albión con 182 frutos, luego la variedad Monterrey con 188 frutos, seguido de la variedad San Andreas con 139 frutos mientras que en suelo se evidenció que la variedad Albión alcanzó 153 frutos, la variedad Monterrey con 139 frutos y al final la variedad San Andreas con 131 frutos respectivamente (Figura 10). Además, Furlani y Fernández (2007), menciona que en el sistema vertical, aun con menor producción de frutos y estolones por planta que los otros sistemas estudiados, hubo mejor aprovechamiento interno del ambiente protegido, con reflejos positivos en el rendimiento por área, y mayor facilidad en la manipulación del cultivo, incluyéndose las operaciones de trasplante, limpieza de las plantas, colecta de frutos y retirada de los estolones.

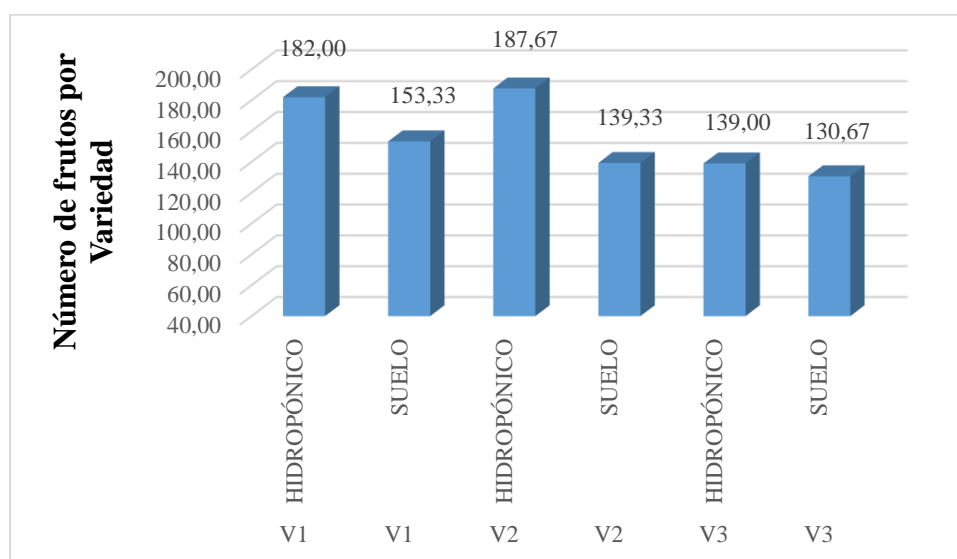


Figura 11. Valores promedios de número de frutos para variedades. Ibarra, 2017
Elaborado por: Félix Ibadango Ruiz

4.4. Rendimiento / parcela neta

El análisis de varianza para rendimiento detectó significación al 5% para sistemas de siembra (factor A) y ninguna significación para variedades (factor B), interacción y repeticiones. El coeficiente de variación fue de 6,62% (Tabla 9).

Tabla 9. ADEVA peso de frutos. Ibarra, 2017

Fuentes de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	Valor de F	F $\alpha_{0,05}$	F $\alpha_{0,01}$
Total	47,59	17				
Repeticiones	2,27	2	1,13	2,07	ns	19,00
Factor A: Sistemas	34,75	1	34,75	30,65	*	18,51
Error a	0,98	2	0,49			
Factor B: Variedades	4,25	2	2,12	3,88	ns	5,14
A x B	0,96	2	0,48	0,87	ns	5,14
Error b	4,38	8	0,55			

CV = 6,62

Elaborado por: Félix Ibadango Ruiz

La prueba de Tukey al 5% para sistemas de siembra evidenció dos rangos, ubicándose el sistema hidropónico vertical en el primer rango, y el sistema en suelo en

el segundo rango, respectivamente (Tabla 10). Este resultado se asemeja a la conclusión a la que llegaron Caso, Chang y Rodríguez (2010) indicando que el mayor rendimiento y calidad de fruto (diámetro y longitud) de fresa obtenidos con cascarilla de arroz 100% coinciden con las propiedades físicas químicas favorables que ofrece este sustrato para el crecimiento y desarrollo radicular. El cultivo de fresa bajo sistema de columna puede ser una buena alternativa con respecto a la forma tradicional de cultivo en suelo. También Furlani y Fernández (2007), asegura que los sistemas hidropónicos presentaron mejor distribución de la producción a lo largo del ciclo, difiriendo del pico de producción característico del sistema convencional.

Tabla 10. Prueba de Tukey 5% para Peso de frutos en los Sistemas de siembra. Ibarra, 2017

Sistemas	Peso promedio de frutos (g)	Rangos
H1	12,57	A
S2	9,79	B

Elaborado por: Félix Ibadango Ruiz

A pesar de que el ADEVA no identificó significación estadística para variedades, matemáticamente se observaron diferencias, las variedades Albión y Monterrey con 11,77 y 11,18 g y San Andreas con 10,58 g, respectivamente (Tabla 11).

Tabla 11. Prueba de Tukey 5% para Rendimiento en Variedades. Ibarra, 2017

Variedades	Peso promedio de frutos (g)	Rango
V1	11,77	A
V2	11,18	A
V3	10,58	A

Elaborado por: Félix Ibadango Ruiz

En el caso de las interacciones, la prueba Tukey al 5%, detectó tres rangos, ubicando a las interacciones H1V1, H1V2 y H1V3 en el primer rango; S2V1 en el segundo rango y S2V2 y S2V3 en el tercer rango (Tabla 12).

Tabla 12. Prueba Tukey al 5% para Rendimiento en las interacciones Sistemas de siembra y Variedades. Ibarra, 2017

Sistemas	Variedades	Peso promedio de frutos (g)	Rango
H1	V1	12,85	A
H1	V2	12,64	A
H1	V3	12,21	A
S2	V1	10,70	A B
S2	V2	9,72	B
S2	V3	8,96	B

Elaborado por: Félix Ibadango Ruiz

4.5. Clasificación de frutos

Para la clasificación de frutos el análisis de varianza, identificó significación al 5% para sistemas de siembra (Factor A), mientras que para variedades (Factor B) e interacciones no detectó significación estadística. El coeficiente de variación fue de 2,63% (Tabla 13).

Tabla 13. ADEVA para la Clasificación de frutos. Ibarra, 2017

Fuentes de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	Valor de F		F $\alpha_{0,05}$	F $\alpha_{0,01}$
Total	0,46	17					
Repeticiones	0,01	2	0,0036	0,67	ns	19,00	99,00
Factor A: Sistemas	0,33	1	0,33	92,51	*	18,51	98,49
Error a	0,0045	2	0,0023				
Factor B: Variedades	0,03	2	0,02	2,88	ns	5,14	10,92
A x B	0,04	2	0,02	3,99	ns	5,14	10,92
Error b	0,04	8	0,01				
CV= 2,63							

Elaborado por: Félix Ibadango Ruiz

La prueba de Tukey al 5%, identificó dos rangos, ubicando al sistema hidropónico vertical (factor A) en el primero y al sistema suelo en el segundo (Tabla 14).

Tabla 14. Prueba Tukey al 5% para clasificación de frutos en sistemas de siembra. Ibarra, 2017

Sistemas	Promedio de diámetro (cm)	Rango
H1	2,93	A
S2	2,66	B

Elaborado por: Félix Ibadango Ruiz

El ADEVA no identificó significación estadística para variedades, sin embargo, se observó diferencias matemáticas en la clasificación de los frutos, la variedad Albión con 2,84 cm, Monterrey con 2,80 cm y San Andreas con 2,74 cm, respectivamente (Tabla 15).

Tabla 15. Prueba Tukey al 5% para clasificación de frutos en Variedades. Ibarra, 2017

Variedades	Promedio de diámetro (cm)	Rango
V1	2,84	A
V2	2,80	A
V3	2,74	A

Elaborado por: Félix Ibadango Ruiz

Para las interacciones entre sistemas de siembra y variedades, la prueba Tukey al 5%, señaló cuatro rangos: en el primero a las interacciones H1V1, H1V2 y H1V3; en el segundo a la interacción S2V1; en el tercero a la interacción S2V2 y en el cuarto a la interacción S2V3 (Tabla 16).

Tabla 16. Prueba Tukey al 5% para Clasificación de frutos en la interacción Sistemas de siembra y Variedades. Ibarra, 2017

Sistemas	Variedades	Promedio de diámetro (cm)	Rangos		
H1	V2	2,94	A		
H1	V3	2,93	A		
H1	V1	2,91	A		
S2	V1	2,77	A	B	
S2	V2	2,65		B	C
S2	V3	2,55			C

Elaborado por: Félix Ibadango Ruiz

En la Tabla 17, se presenta la clasificación de frutos por categorías (A=extra-grande, B=grande, C=mediana, D=pequeña), observándose que el T2: (Sistema hidropónico vertical y variedad Monterrey) alcanzó el mayor porcentaje de frutos extra-grande (40,67%); a continuación el T6 (suelo y variedad San Andreas) con 32,65% de frutos grandes y 9,69% de frutos pequeños; luego el T5 (suelo y variedad Monterrey) con 48,33% de frutos medianos y al final el T1 (Sistema hidropónico y variedad Albión) con 3,48% de frutos para la agroindustria, en comparación al resto de tratamientos en estudio y a las categorías de clasificación. Además Yaselga (2015), en su estudio obtuvo mejor rendimiento en la variedad camino real alcanzando mayores promedios en las cuatro cosechas evaluadas de 52,29; 49,31; 17,93 y 27,93% respectivamente, mientras que en la variedad festival obtuvo promedios de 0,00; 15,75; 39,25 y 43,50 g/planta respectivamente.

Tabla 17. Clasificación de frutos en porcentaje. Ibarra, 2017

Tratamiento	Sistemas	Variedades	A	B	C	D
T1	H1	V1	34,80	29,30	32,42	3,48
T2	H1	V2	40,67	25,93	30,37	3,02
T3	H1	V3	36,69	29,74	28,30	5,28
T4	S2	V1	25,87	31,74	36,96	5,44
T5	S2	V2	16,51	28,71	48,33	6,46
T6	S2	V3	10,46	32,65	47,19	9,69

Elaborado por: Félix Ibadango Ruiz

4.6. Grados Brix (°Bx)

Para los grados brix, el análisis de varianza, determinó significación estadística al 5% para los sistemas de siembra (Factor A) y variedades (Factor B) y, para la interacción A x B (sistema x variedades) detectó una significación al 1%. Las repeticiones no tuvieron significación estadística. El coeficiente de variación fue de 1,86% (Tabla 18). Según Quishpe (2013), menciona en su estudio realizado en el cultivo de semihidropónia como en suelo que presento valores de grados Brix (rango de 2,97 a 3,93) por debajo del valor

de 6 mínimo sugerido por la literatura para este cultivo. Sin embargo, las variedades cultivadas en semihidroponía tuvieron los valores más altos y de ellas la variedad Albión la mejor en los dos sistemas, con promedios de 3,93 en semihidroponía y 3,27 en suelo.

Tabla 18. ADEVA grados brix (°Bx). Ibarra, 2017

Fuentes de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	Valor de F	Fα0,05	Fα0,01
Total	2,46	17				
Repeticiones	0,02	2	0,01	0,59	ns	19,00
Factor A: Sistemas	2,30	1	0,33	20,40	*	18,51
Error a	0,96	2	0,96			
Factor B: Variedades	0,31	2	0,15	9,57	*	5,14
A x B	1,01	2	0,51	31,50	**	5,14
Error b	0,16	8	0,02			

CV= 1,86

Elaborado por: Félix Ibadango Ruiz

La prueba Tukey al 5% para sistemas de siembra (factor A), determinó dos rangos, ubicando al sistema suelo en el primero con 7,06 grados brix (°Bx) y al sistema hidropónico en el segundo con 6,59 grados brix (°Bx) (Tabla 19).

Tabla 19. Prueba Tukey al 5% para Grados Brix en Sistemas de siembra. Ibarra, 2017

Sistemas	Promedio de Grados Brix (°Bx)	Rango
S2	7,06	A
H1	6,59	B

Elaborado por: Félix Ibadango Ruiz

Para variedades, la prueba Tukey al 5% identificó tres rangos: en el primero ubicó a la variedad Monterrey (V2), en el segundo a la variedad San Andreas y en el tercero a la variedad Albión, con 6,99 °Bx, 6,82 °Bx y 6,67°Bx, respectivamente (Tabla 20).

Tabla 20. Prueba Tukey al 5% para Grados Brix (°Bx) en Variedades. Ibarra, 2017

Variedades	Promedio de Grados Brix (°Bx)	Rango
V2	6,99	A
V3	6,82	A B
V1	6,67	B

Elaborado por: Félix Ibadango Ruiz

Para la Interacción sistemas de siembra por variedades, la prueba Tukey al 5% señaló cuatro rangos, disponiendo a la interacción S2V2 en el primer rango; a las interacciones S2V1 y H1V3 en el segundo; a la interacción S2V3 en el tercero y a las interacciones H1V2 y H1V1 en el cuarto rango, respectivamente (Tabla 21). Sin embargo, los autores Juárez, Rodríguez, Sandoval y Muratalla (2007) al hablar de los grados Brix (°Brix) en fresa, indican que los intervalos de los frutos cosechados en su experimento: Comparación de tres sistemas de producción de fresa en invernadero se encontraron dentro del intervalo de las recomendaciones de calidad de postcosecha señaladas por Roudeillac y Trajkovski (2004): 6 como mínimo y 12 °Brix como máximo, y no existió diferencia por efecto de tratamientos; en cambio que, en el estudio realizado por Quishpe (2013) encontró que independientemente de la variedad, los valores de brix en el suelo fueron menores que en el sistema semihidropónico, comparados con la literatura (grados Brix en fresas contenido: bajo 6, medio 8, alto 12 y excelente 14).

Tabla 21. Prueba Tukey al 5% para Grados Brix (°Bx) en la interacción Sistemas de siembra y Variedades. Ibarra, 2017

Sistemas	Variedades	Promedio de Grados Brix (°brix)	Rangos
S2	V2	7,52	A
S2	V1	6,88	B
H1	V3	6,87	B
S2	V3	6,77	B C
H1	V2	6,46	C
H1	V1	6,45	C

Elaborado por: Félix Ibadango Ruiz

4.7. Análisis económico de presupuesto parcial de los tratamientos

Los beneficios brutos de campo (USD/ha) fueron el producto del valor de la fruta en el mercado, multiplicado por los rendimientos ajustados. Para el total de los costos que varían (USD/ha) se sumaron los insumos y materiales que se utilizaron en cada uno de los sistemas de siembra; este costo se restó a los beneficios brutos y se consiguieron los datos de los beneficios netos (USD/ha) (Tabla 22).

Tabla 22. Análisis de dominancia económica de los tratamientos evaluados. Ibarra, 2017

Tratamiento		Rendimiento	Rendimiento	Beneficios	Total costos	Beneficios	DOMINANCIA
Cód	Descripción	Medio	ajustado 2%	Brutos	que varían	netos	
		(kg/ha)	(kg/ha)	(USD/ha)	(USD/ha)	(USD/ha)	
T3	H1V3	10821	10605	8484	2792	5691	
T2	H1V2	12592	12340	9872	2807	7065	
T1	H1V1	13212	12948	10358	2813	7545	
T5	S2V2	8854	8677	6942	2924	4018	D
T6	S2V3	9073	8892	7113	2925	4188	D
T4	S2V1	10660	10447	8357	2940	5418	D

Elaborado por: Félix Ibadango Ruiz

Nota: Un tratamiento es dominado (**D**) cuando tiene beneficios netos menores o iguales, a los de un tratamiento de costos que varían más bajos. Precio promedio kg de Fresa = 0,80 USD. (SINAGAP, 2016)

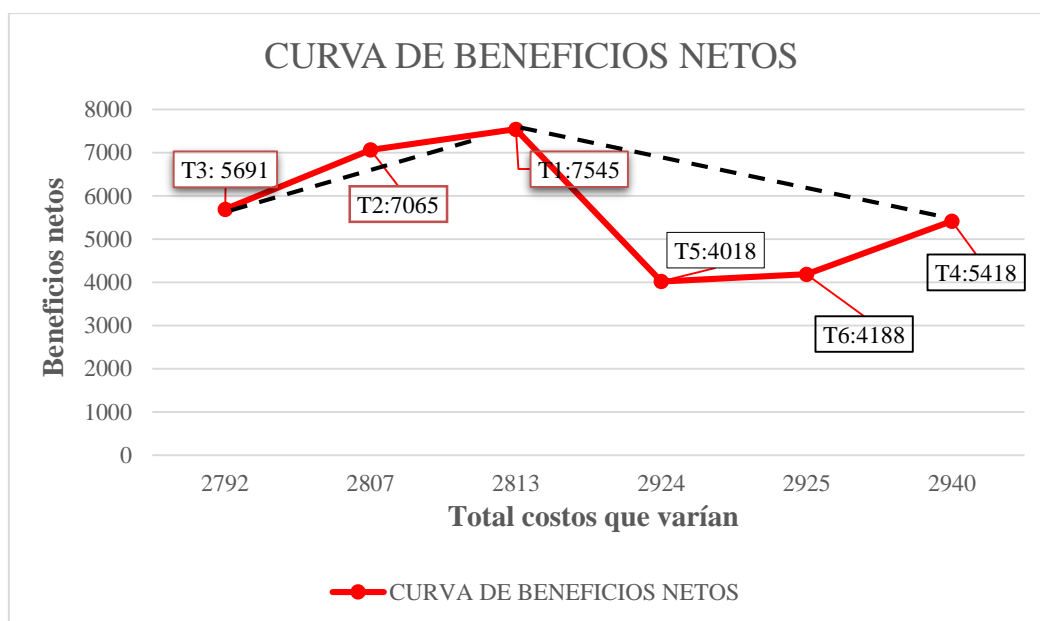
4.7.1. Tasa de retorno marginal

Después de haber realizado el análisis de dominancia de los beneficios netos los tratamientos (T3), (T2) y (T1) no fueron dominados, con los cuales se realizó el análisis de la tasa de retorno marginal para determinar el tratamiento que se debería recomendar. El porcentaje de retorno marginal fue el producto de la resta entre beneficios netos y dividido para la resta del total de los costos que varían. Con estos datos se ejecutó la curva de beneficio neto (Tabla 23).

Tabla 23. Tasa de retorno marginal (TRM). Ibarra, 2017

TRATAMIENTOS		Total costos que varían (USD/ha)	Costos marginales (USD/ha)	Beneficios netos (USD/ha)	Beneficios marginales (USD/ha)	Tasa de retorno marginal (%)
Cód.	Descripción					
T3	H1V3	2792		5691		
			15		1373	9132
T2	H1V2	2807		7065		
			5.58		481	8611
T1	H1V1	2813		7545		

Elaborado por: Félix Ibadango Ruiz



Descripción de los tratamientos. T1: (H1V1); T2: (H1V2); T3: (H1V3); T4: (S2V1); T5: (S2V2); T6: (S2V3).

Figura 12. Curva de beneficios netos de los tratamientos no dominados. Ibarra, 2017

Elaborado por: Félix Ibadango Ruiz

El análisis de la curva de beneficios netos demostró que los tratamientos T2: (Sistema hidropónico vertical y Variedad Monterrey) con 9132% y T1: (Sistema hidropónico vertical y Variedad Albión) con 8611% de Tasa de Retorno Marginal resultaron económicamente recomendables (Figura 11). Además Quishpe (2013), menciona en su investigación del sistema semihidropónico proyectado a un año, se logra un costo/beneficio positivo, destacándose la variedad Albión con 1.37 dolares, de beneficio neto, mientras que con el cultivo en el suelo prácticamente se pierde debido al ataque agresivo de la enfermedad denominada hongo rojo.

CAPITULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- El sistema hidropónico vertical presentó un mayor porcentaje de prendimiento 97,23%, de plantas a la cosecha 96,30% y número de frutos con 170 unidades, en relación al sistema suelo con el 94,44%, 93,52% y 141 frutos, respectivamente, por tanto se concluye que es más eficiente que el sistema tradicional empleado por los agricultores.
- Con el sistema hidropónico vertical se obtuvo el mejor rendimiento de frutos que con el sistema en suelo; sin embargo, se observaron diferencias entre variedades Albión, Monterrey y San Andreas con 11,77 g, 11,18 g y 10,58 g, respectivamente.
- En la clasificación de los frutos, el mejor calibre se alcanzó con la variedad Albión (2,84 cm), seguido por Monterrey (2,80 cm) y San Andreas (2,74 cm), bajo el sistema hidropónico vertical.
- El sistema de siembra en suelo obtuvo mejor dulzor del fruto (7,06 °Bx) que el sistema hidropónico (6,59 °Bx), identificando a la variedad Monterrey como la mejor (6,99 °Bx), seguido por San Andreas (6,82 °Bx) y Albión (6,67 °Bx).
- El análisis económico determinó al Sistema hidropónico vertical y la Variedad Monterrey como el mejor ya que alcanzó una tasa de retorno marginal de 9132%, seguido por el Sistema hidropónico vertical en la Variedad Albión con 8611% de tasa de retorno marginal.

5.2. RECOMENDACIONES

- Realizar trabajos de investigación sobre dosis de macro y microelementos nutricionales de origen orgánico y químico, para mejorar los grados Brix en la fresa del sistema hidropónico vertical.

- Estudiar otros tipos de sustratos de uso hidropónico con el cultivo de fresas.

- Realizar investigaciones sobre densidades de siembra de fresa en el sistema hidropónico vertical.

BIBLIOGRAFÍA

- Alpizar , L. (2004). *Hidroponía*. Costa Rica: Tecnologica de CR.
- Álvarez, M., & Ángel, M. (2011). *Operaciones culturales, riego y fertilización: horticultura y floricultura (UF0003)*. España: IC Editorial.
- Anguiano, O. L., Souza, M. S., Ferrari, A., Soleño, J., Pechen de D'angelo, A. M., & Montagna, C. M. (4 de Junio de 2011). *Los plaguicidas y sus efectos sobre el medio ambiente*. Obtenido de La Reserva: http://www.lareserva.com/home/plaguicidas_pesticidas_efectos_medio_ambiente
- Beltrano, J., & Gimenez, D. (2015). *Cultivo en hidroponía. Facultad de ciencias agrarias y forestales*. Buenos Aires-Argentina: Edulp. Universidad de La Plata.
- Cantillano, R. F., Ávila, J. M., Peralba, M., Pizzolato, T. M., & Toralles, R. P. (2012). Actividad antioxidante, compuestos fenólicos y ácido ascórbico de frutillas. *Revista Horticultura Brasileira. Volumen 30, N° 4, 620 - 626*.
- Caso, C., Chang, M., & Rodríguez-Delfín, A. (2010). *Efecto del sustrato sobre la producción de fresa en sistema de columna* . Obtenido de Red Hidroponía, Boletín No 46.: http://www.lamolina.edu.pe/hidroponia/redhidro/Boletin46/46_Sistema_Columnas_Fresa.pdf
- CIMMYT. (1998). *La formulación de recomendaciones a partir de datos agronómicos: Un manual metodológico de evaluación económica*. México: CIMMYT.
- Correa, M. (2009). *¿Qué es la hidroponía?* Argentina: El Cid Editor / apuntes.
- El Comercio. (10 de Septiembre de 2011). *La frutilla es un cultivo rentable* . Obtenido de El Comercio: <http://www.elcomercio.com/actualidad/negocios/frutilla-cultivo-rentable.html>
- El Comercio. (5 de Enero de 2012). *Más frutilla se siembra en Tungurahua*. Obtenido de El Comercio: <http://www.cotopaxinoticias.com/seccion.aspx?sid=11&nid=10372>
- FAO. (19 - 21 de Mayo de 2003). *Agricultura Orgánica: una herramienta para el desarrollo rural*. Obtenido de FAO: <http://www.fao.org/3/a-at738s.pdf>
- FAO. (2006). *Código Internacional de conducta para la distribución y utilización de plaguicidas*. Obtenido de <http://www.fao.org/3/a-a0220s.pdf>

- FAO. (2011). *El estado de los recursos de tierras y aguas del mundo para la alimentación y la agricultura*. Obtenido de FAO: <http://www.fao.org/docrep/015/i1688s/i1688s00.pdf>
- Furlani, P. R., & Fernández Junior, F. (2007). *Hidroponía vertical para la producción de fresa*. Obtenido de <http://www.lamolina.edu.pe/facultad/ciencias/hidroponia/redhidro/boletin-36/hidroponia-vertical.pdf>
- García, C., & Durga, G. (2012). PROBLEMÁTICA Y RIESGO AMBIENTAL POR EL USO DE PLAGUICIDAS EN SINALOA. *Revista de Sociedad, Cultura y Desarrollo*, 2 - 4 .
- Gómez Sánchez, V. D., & Vallejo Tipán, C. M. (Mayo de 2015). *Niveles óptimos de calcio, fósforo, y su interacción en la producción y calidad del cultivo de frutilla (Fragaria vesca L.) variedad festival. Sangolquí. (Tesis de grado). Universidad de las Fuerzas Armadas. ESPE. .*
- González Cabrera, M. V. (2010). *Conservación de mora, uvilla y frutilla mediante la utilización del aceite esencial de canela (Cinnamomum zeynalicum). Riobamba-Ecuador. (Tesis de grado). Escuela Superior Politécnica del Chimborazo .*
- Guzmán Díaz, G. (2004). *Ministerio de Agricultura y Ganadería. Sistema Unificado de Información Institucional. Hidroponía en casa: Una actividad familiar*. Costa Rica: ISBN.
- Juárez Resete, C. R., Rodríguez Mendoza, M. N., Sandoval Villa, M., & Muratalla Lúa, A. (Enero-Marzo de 2007). *Redalyc Sistema de Información Científica*. México: TERRA Latinoamericana, Vol. 25, Núm. 1, Universidad Autónoma Chapingo. Obtenido de COMPARACIÓN DE TRES SISTEMAS DE PRODUCCIÓN DE FRESA EN INVERNADERO. Comparison of Three Strawberry Production Systems in Greenhouse: https://www.researchgate.net/profile/Cecilia_Juarez-Rosete/publication/269168670_Comparacion_de_tres_sistemas_de_produccion_de_fresa/links/5483c3b20cf2f5dd63a914b0.pdf
- Leyva Morales, J. B., García de la Parra, L. M., Bastidas Bastidas, P., Astorga Rodríguez, J. E., Bejarano Trujillo, J., Cruz Hernández, A., . . . Betancourt Lozano, M. (2014). Uso de plaguicidas en un valle agrícola tecnificado en el noroeste de México. *Revista internacional de contaminación ambiental (Revista Scielo)*. Volumen 30, N° 3 - México, s.p.
- Lozada Martínez, A. J. (2011). *Evaluación de productos orgánicos para el control de araña roja (Tetranychus urticae Koch) en el cultivo de fresa (Fragaria vesca)*.

(Tesis de grado). Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ingeniería Agronómica. Ambato-Ecuador.

- Macas , G. (28 de Abril de 2014). *Ecuador aumenta sus exportaciones de frutas al mundo*. Obtenido de El Agro:
<http://www.revistaelagro.com/2014/04/28/ecuador-aumenta-sus-exportaciones-de-frutas-al-mundo/>
- MAG. (2007). *Ministerio de Agricultura y Ganadería*. Obtenido de Agrocadena de Fresa: <http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/a00070.pdf>
- Marulanda, C., & Izquierdo, J. (2003). *Manual técnico. La huerta hidropónica Popular. Curso audiovisual*. Italia: D-FAO.
- Masagro. (2015). *Plantas de Fresa - Variedades*. Obtenido de Masagro:
<http://www.masagro.com/variedades-plantas-de-fresa.html>
- Muyulema Chiriboga, H. W., & Muyulema Chiriboga, J. M. (Abril de 2005). *Evaluación de tres variedades de frutilla (Fragaria vesca); Oso, Oso Grange, y Seascape, con tres densidades de siembra en la provincia de Chimborazo. (Tesis de grado)*. Pontificia Universidad Católica del Ecuador SEDE Ibarra. .
- Pastor Sáez , J. N. (Junio de 2000). *Utilización de Sustratos en Viveros. Use of Growing Mediums in the Nursery Production*. Lleida-España: Universidad de Lleida, Dept. de Hortofruticultura, Botánica y Jardinería, Avda. Rovira Roure. Obtenido de http://datateca.unad.edu.co/contenidos/30161/Curso_AVA_2014-2/Unidad_1/Referencias_bibliograficas_requeridas/Utilizacion_de_sustratos_en_viveros.pdf
- Quishpe, J. P. (Junio de 2013). *Evaluación de la respuesta de la frutilla (Fragaria dioica.) al sistema de cultivo semihidropónico en el QUINCHE, PICHINCHA. (Tesis de grado)*. Universidad Politécnica Salesiana Sede Quito.
- Rivadeneira, D. (27 de Julio de 2016). *“Evaluación de tres dosis de zeolita para optimizar el rendimiento del cultivo de Fresa (Fragaria x ananassa), en el cantón Tulcán provincia del Carchi” (Tesis de grado)*. Universidad Politécnica Estatal del Carchi.
- Secretaría de Economía. (2002). Norma Oficial Mexicana NMX-ff-062-SCFI-2002. *Productos alimenticios no industrializados para consumo humano - fruta fresa (Fragaria xananassa, Dutch) – especificaciones y método de prueba (Cancela a la NMX-FF-062-1987)*, 6-7.

SINAGAP. (8 de Noviembre de 2016). *Sistema de consulta personalizada de los precios de productos agropecuarios* . Obtenido de <http://sinagap.agricultura.gob.ec/index.php/mercados-bodega-camales-y-ferias>

Yaselga Coronel, R. S. (2015). *Rendimiento de tres variedades de fresa (Fragaria vesca L) bajo dos tipos de cobertura de suelos en sistemas de microtúneles en El Ángel, Carchi, Ecuador. (Tesis de grado)*. Universidad Técnica de Babahoyo.

ANEXOS

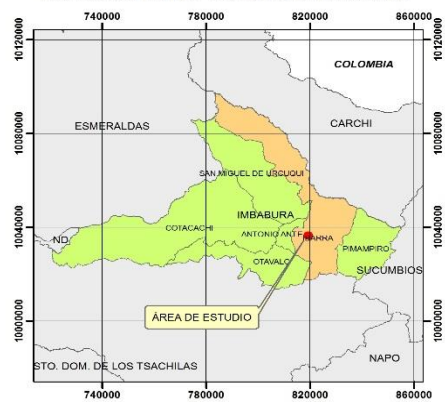
Anexo I. Ubicación del área de estudio. Granja Experimental Yuyucocha, 2017

EFICIENCIA Y RENTABILIDAD DEL SISTEMA HIDROPÓNICO VERTICAL FRENTE AL CONVENCIONAL EN LA PRODUCCIÓN DE TRES VARIETADES DE FRESA (*Fragaria vesca* L.) EN LA GRANJA EXPERIMENTAL YUYUCOCHA, IMBABURA

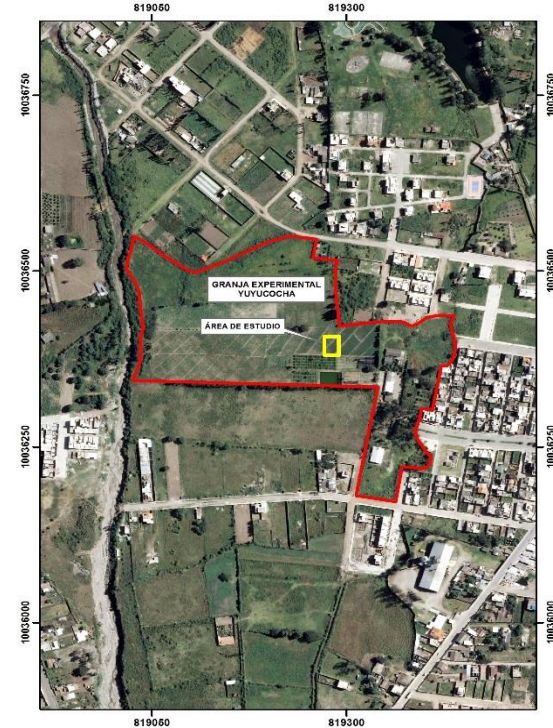
UBICACIÓN EN EL ECUADOR



UBICACIÓN EN LA PROVINCIA DE IMBABURA



UBICACIÓN LOCAL



MAPA 1 DE 1



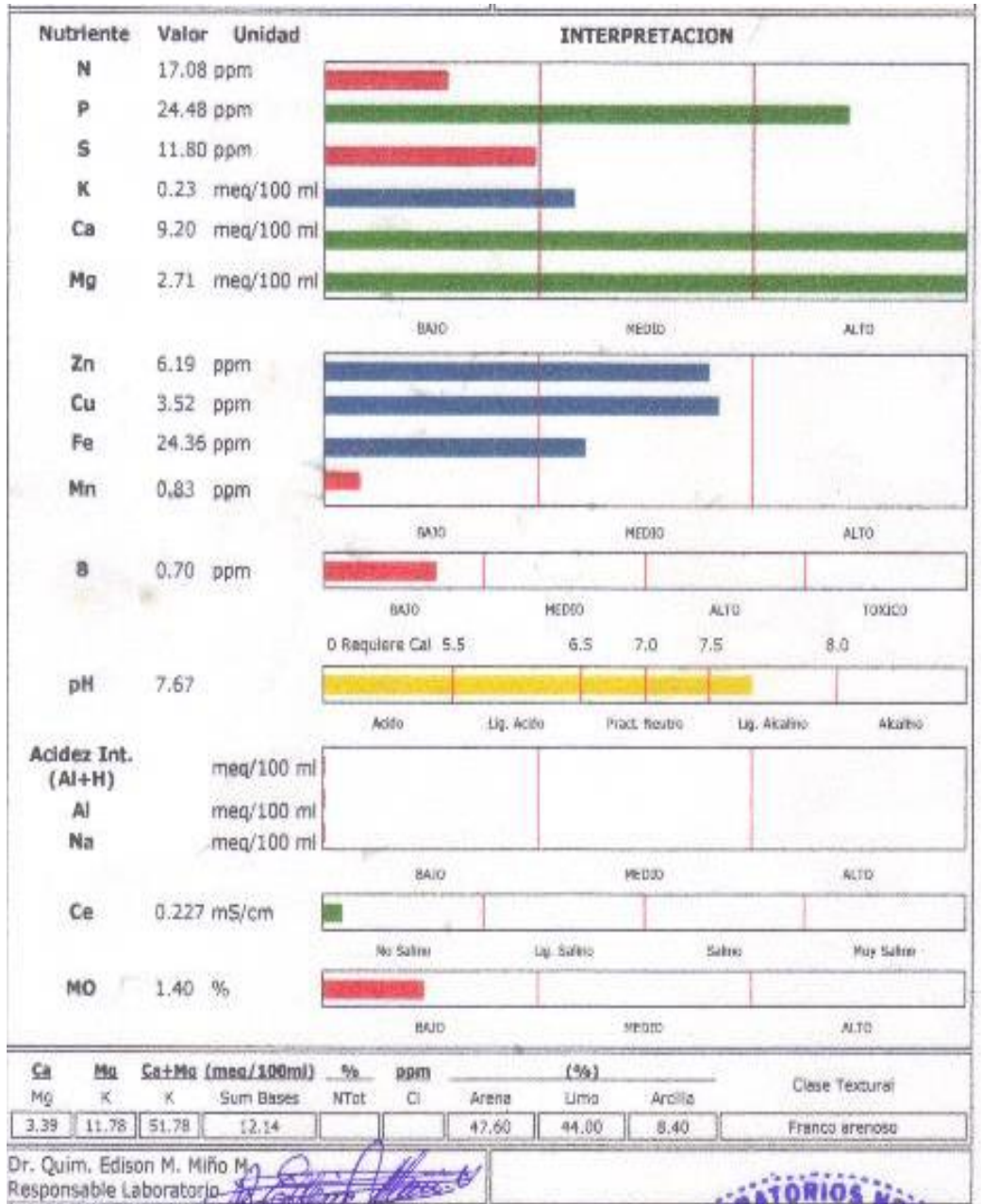
UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS
AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES
CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA

ELABORACIÓN: FÉLIX IBADANGO REVISADO POR: ING. JUAN PABLO ARAGÓN

CONTIENE: **MAPA DE UBICACIÓN**

FUENTE: SNI, 2014 Elaboración propia, 2017 FECHA: 2017 - 02 - 15

Anexo 2. Análisis de suelo del área experimental



Anexo 3. Datos recopilados para variable porcentaje (%) de prendimiento. Ibarra, 2017

Sistemas	Variedades	R1	R2	R3	Total	Promedio
H1	V1	100,00	100,00	91,67	291,67	97,22
H1	V2	91,67	91,67	100,00	283,33	94,44
H1	V3	100,00	100,00	100,00	300,00	100,00
S2	V1	83,33	100,00	100,00	283,33	94,44
S2	V2	83,33	91,67	100,00	275,00	91,67
S2	V3	100,00	91,67	100,00	291,67	97,22

Anexo 4. Datos recopilados para variable porcentaje (%) de sobrevivencia de plantas a la cosecha. Ibarra, 2017

Sistemas	Variedades	R1	R2	R3	Total	Promedio
H1	V1	100,00	100,00	91,67	291,67	97,22
H1	V2	91,67	91,67	100,00	283,33	94,44
H1	V3	100,00	100,00	83,33	283,33	94,44
S2	V1	83,33	100,00	91,67	275,00	91,67
S2	V2	83,33	91,67	91,67	266,67	88,89
S2	V3	100,00	91,67	100,00	291,67	97,22

Anexo 5. Datos recopilados para variable porcentaje (%) de frutos / parcela neta. Ibarra, 2017

Sistemas	Variedades	R1	R2	R3	Total	Promedio
H1	V1	14,92	15,67	16,27	46,86	15,62
H1	V2	19,92	16,55	11,83	48,30	16,10
H1	V3	11,50	10,08	15,80	37,38	12,46
S2	V1	8,00	12,58	20,82	41,40	13,80
S2	V2	15,00	14,73	9,64	39,37	13,12
S2	V3	12,92	5,08	14,67	32,67	10,89

Anexo 6. Datos recopilados para variable Rendimiento/parcela neta. Ibarra, 2017

Sistemas	Variedades	R1	R2	R3	Total	Promedio
H1	V1	13,48	12,85	12,23	38,56	12,85
H1	V2	13,08	12,29	12,54	37,91	12,64
H1	V3	13,25	10,42	12,97	36,64	12,21
S2	V1	10,75	10,25	11,09	32,09	10,70
S2	V2	8,89	10,10	10,16	29,15	9,72
S2	V3	9,06	9,26	8,55	26,87	8,96

Anexo 7. Datos recopilados para variable clasificación de frutos. Ibarra, 2017

Sistemas	Variedades	R1	R2	R3	Total	Promedio
H1	V1	2,95	2,93	2,86	8,74	2,91
H1	V2	2,97	2,94	2,92	8,83	2,94
H1	V3	2,98	2,81	3,00	8,79	2,93
S2	V1	2,76	2,70	2,85	8,31	2,77
S2	V2	2,56	2,72	2,66	7,95	2,65
S2	V3	2,59	2,52	2,54	7,65	2,55

Anexo 8. Datos recopilados para variable grados brix (°Brix). Ibarra, 2017

Sistemas	Variedades	R1	R2	R3	Total	Promedio
H1	V1	6,34	6,43	6,59	19,36	6,45
H1	V2	6,59	6,39	6,39	19,37	6,46
H1	V3	7,07	6,88	6,67	20,62	6,87
S2	V1	6,88	6,87	6,89	20,64	6,88
S2	V2	7,49	7,61	7,45	22,55	7,52
S2	V3	6,81	6,86	6,65	20,32	6,77

Anexo 9. Implementación del área de investigación



Limpieza del área experimental



Medición del terreno



Elevación tanque de 500 litros



Instalación de estructura hidropónica



Medición de los contenedores



Desinfección del sustrato



**Llenado de sustrato en
contenedores**



**Ubicación de contenedores en la
construcción hidropónica**



Preparación de platabandas



Fertilización de platabandas



Desinfección de suelo



Instalación de riego por goteo en el sistema suelo



Instalación de riego por goteo en el sistema hidropónico



Acolchado en suelo



Hoyado en suelo



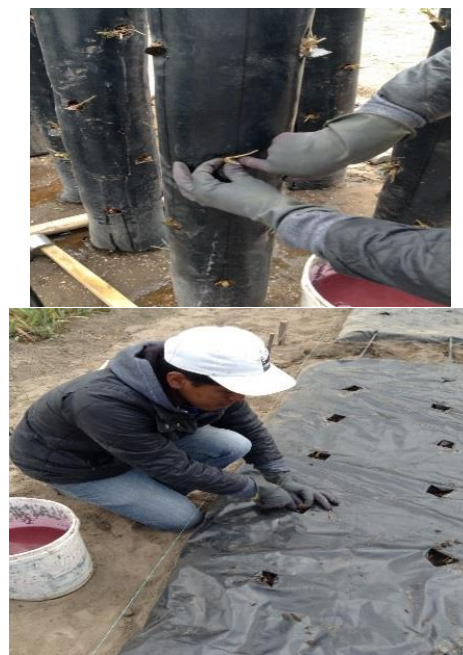
Hoyado en contenedores hidropónicos



Adquisición de variedades



Trasplante de plantas en contenedores y suelo



Fertilización en tanque de 500 litros



Control fitosanitario



Cosecha



Peso del fruto



Clasificación



Conservación



Medición de °Brix

