

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRÍCOLAS Y FORESTALES  
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA**



**“PRODUCCIÓN DE FRUTILLA (Fragaria ananassa) BAJO CONDICIONES  
DE HIDROPONÍA”**

**Por:**

**JORGE ALBERTO RODRÍGUEZ COCA.**

Tesis de grado, presentada a consideración de la **UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”**, como requisito para optar al **Grado Académico de Licenciatura en Ingeniería Agronómica.**

**Marzo de 2015**

**Tarija - Bolivia.**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRÍCOLAS Y FORESTALES  
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA**

**“PRODUCCIÓN DE FRUTILLA (*Fragaria ananassa*) BAJO  
CONDICIONES DE HIDROPONÍA”**

**Por:**

**JORGE ALBERTO RODRÍGUEZ COCA**

Tesis de Grado presentado a consideración de la **UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”** como requisito para optar el Grado Académico de Licenciatura en Ingeniería Agronómica.

**Marzo de 2015**

**TARIJA – BOLIVIA**

**VºBº**

.....  
Ph. D. Ing. Gilberto Varas Catoira.

**PROFESOR GUÍA**

.....  
MSc. Ing. Linder Espinoza Márquez

**DECANO**

**FACULTAD DE CIENCIAS**

**AGRÍCOLAS Y FORESTALES**

.....  
MSc. Ing. Henry Valdez Huanca

**VICEDECANO**

**FACULTAD DE CIENCIAS**

**AGRÍCOLAS Y FORESTALES**

**APROVADO POR:**

**TRIBUNAL:**

.....  
MSc. Ing. Wilfredo Benítez Ordoñez

.....  
Ing. Grover Mealla Cortez

.....  
MSc. Ing. Víctor Adolfo Villarroel Valdez

El tribunal de la presente Tesis de Grado, no se solidariza con la forma, términos, modos y expresiones vertidas en el presente trabajo, siendo únicamente responsable el autor.

### **DEDICATORIAS:**

Este trabajo está dedicado en primer lugar a mi querida familia, mis padres Martha y Jorge, mis hermanos Carlos, Walter y Gaby “gracias familia por apoyarme siempre y confiar en mí”.

También va dedicado a mi tía Carmen Rodríguez gracias por su apoyo y su confianza.

Y una dedicatoria especial a mi mama Gaby, mi mama Teresa, mi abuelo Julián y mi tío Rubén Tarupayo”, quienes adelantaron al encuentro con el Señor, pero que desde allí nos cuidan y siempre están al pendiente de todos, “gracias y nunca lo dejen de hacer”.

## **AGRADECIMIENTO:**

A la Universidad Autónoma “Juan Misael Saracho” carrera Ing. Agronómica, por todas las enseñanzas y experiencias adquiridas en el seno de sus aulas durante estos 5 años de estudio. A todos mis docentes, quienes supieron impartirme sus conocimientos. Un reconocimiento especial a todos los que además de sus enseñanzas me brindaron su amistad.

Al Ing. Gilberto Varas Catoira. por aceptar ser mi Profesor Guía y por su labor constante en dirección de este trabajo, su paciencia y su enorme calidad científica ha hecho posible este sueño.

Al Ing. Víctor Adolfo Villarroel Valdez, por su valiosa colaboración y disponibilidad durante el desarrollo de la investigación, sus aportaciones exactas para enriquecer el trabajo.

Al Ing. Grover Mealla Cortez, por su sencillez, consejos y comentarios, para poder lograr la culminación de mi tesis.

Al Ing. Wilfredo Benítez Ordoñez, por su amabilidad, su experiencia y las aportaciones para la realización de este trabajo.

A mis amigos por su amistad, con quienes pasamos momentos inolvidables, quienes me han brindado su mano y ayuda para seguir adelante.

## ÍNDICE GENERAL

**DEDICATORIA**

**AGRADECIMIENTO**

**RESUMEN**

## CAPÍTULO I

### INTRODUCCIÓN

	<b>Pág.</b>
1.1.-GENERALIDADES .....	1
1.2.- JUSTIFICACIÓN .....	3
1.3.- OBJETIVOS .....	4
1.3.1.- Objetivo general.....	4
1.3.2.- Objetivos específicos .....	4

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO Y REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

	<b>Pág.</b>
2.1.- DEFINICIÓN DE HIDROPONÍA .....	5
2.2.- CULTIVO HIDROPÓNICO .....	5
2.3.- VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LA HIDROPONÍA .....	6
2.3.1.-Ventajas de los cultivos hidropónicos .....	6
2.3.2.-Desventajas de los cultivos hidropónicos .....	8
2.4.- ELEMENTOS HIDROPÓNICOS .....	8
2.4.1.- Los recipientes.....	8
2.4.1.1.-Tipos de recipientes .....	9
2.5.- DEFINICIÓN DE SUSTRATO.....	9
2.5.1.- Propiedades de los sustratos .....	10
2.5.1.1.- Propiedades físicas.....	10
2.5.1.2.- Propiedades químicas .....	11
2.5.1.3.- Propiedades biológicas .....	12
2.5.1.4.- Otras propiedades .....	12

	<b>Pág.</b>
2.5.2.- Elementos naturales en un sustrato .....	12
2.6.- SOLUCIÓN NUTRITIVA .....	13
2.6.1.-Inicio de las soluciones nutritivas.....	14
2.7.- SISTEMAS DE CULTIVOS HIDROPÓNICOS .....	15
2.7.1.- Sistema de raíz flotante.....	16
2.7.2.- El sistema de cultivo NFT (Nutrient Film Technique) .....	17
2.7.2.1-. Elementos constituyentes de una instalación de NFT (Nutrient Film Technique) .....	17
2.7.2.2.- Esquema de una instalación de NFT (Nutrient Film Technique) .....	18
2.7.2.3.- Localización del sistema NFT (Nutrient Film Technique).....	20
2.8.- FERTILIZANTES COMERCIALES O REACTIVOS QUÍMICOS PARA LA PREPARACIÓN DE LA SOLUCIÓN .....	20
2.9.- EXIGENCIA DE LA LUZ EN LOS CULTIVOS HIDROPÓNICOS .....	27
2.10.- RIEGO EN LOS CULTIVOS HIDROPÓNICOS.....	27
2.11.- CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA.....	28
2.12.- pH .....	28

	<b>Pág.</b>
2.13.- CONTROL DÍA POR MEDIO DE LA SOLUCIÓN NUTRITIVA.....	28
2.14.- DURACIÓN Y RENOVACIÓN DE LA SOLUCIÓN NUTRITIVA.....	30
2.15.- EL CULTIVO DE LA FRUTILLA .....	30
2.15.1.- Generalidades.....	30
2.16.- PRODUCCIÓN NACIONAL .....	30
2.17.- PRODUCCIÓN EN EL DEPARTAMENTO DE TARIJA .....	31
2.18.- BOTÁNICA.....	31
2.18.1.- El destolonado de la frutilla.....	32
2.18.2.- Principales características y descripción de la variedad de frutilla “Aromas” .....	36
2.18.2.1.- Principales características .....	36
2.18.2.1.- Descripción .....	36
2.18.2.3.- Resistencia a enfermedades y plagas .....	36
2.19.- MANEJO DEL CULTIVO.....	37
2.20.- REQUERIMIENTO ECOLÓGICOS .....	38

	<b>Pág.</b>
2.20.1.- Suelo .....	38
2.20.2.- Humedad relativa.....	39
2.20.3.- Fotoperiodo .....	39
2.20.4.-Agua.....	39
2.20.5.- Climatología .....	39
2.20.6.- Requerimiento nutricionales de la frutilla .....	40
2.21.- FITOSANIDAD .....	41
2.21.1.- Enfermedades infecciosas de la frutilla .....	41
2.21.1.1.- Pudrición café de la raíz (Fusarium sp) .....	41
2.21.1.1.1.- Síntomas .....	41
2.21.1.1.2.- Control .....	41
2.21.1.2.- Pudrición roja de la raíz (Phytophthora fragariae).....	41
2.21.1.2.1.- Síntomas .....	42
2.21.1.2.2.- Control .....	42
2.21.1.3.- Marchitez de la raíz o verticiliosis (Verticillium albo - atrum) .....	42
2.21.1.3.1.- Síntomas .....	42

	<b>Pág.</b>
2.21.1.3.2.- Control .....	43
2.21.1.4.- Sarna, antracnosis ( <i>Colletrotrichum</i> sp.) .....	43
2.21.1.5.- Moho gris ( <i>Botrytis</i> sp).....	43
2.21.1.5.1.- Síntoma .....	43
2.21.2.- Enfermedades no infecciosas de la frutilla .....	44
2.21.2.1.- Cara de gato o deformación de la frutilla .....	44
2.21.2.2.- Albinismo .....	44
2.21.3.- Plagas .....	44
2.21.3.1.- Trips ( <i>Thrips tabaci</i> ) .....	44
2.21.3.2.- Pulgones ( <i>Aphis</i> sp).....	44
2.21.3.3.- Ácaros ( <i>Tetranychus</i> sp) .....	44
2.21.4.- El principal ataque durante el cultivo .....	45
2.22.- Cosecha.....	46

## CAPÍTULO III

### MATERIALES Y MÉTODOS

	<b>Pág.</b>
3.1.- LOCALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	47
3.1.1.- Ubicación general .....	47
3.1.2.- Ubicación geográfica .....	48
3.2.- CARACTERÍSTICAS DE LA ZONA DE INFLUENCIA.....	48
3.2.1.- Clima.....	48
3.2.1.1.- Temperatura .....	48
3.2.1.2.- Precipitación .....	48
3.2.1.3.- Velocidad y dirección de los vientos .....	48
3.2.1.4.- Humedad relativa.....	49
3.2.1.5.- Evaporación .....	49
3.2.1.6.- Radiación solar .....	49
3.2.1.7.- Suelo .....	49
3.2.1.8.- Vegetación .....	50
3.2.1.9.- Agricultura .....	50

	<b>Pág.</b>
3.3.- LOCALIZACIÓN DEL SITIO DE TRABAJO .....	50
3.4.- MATERIALES .....	50
3.4.1.- Materiales de campo .....	50
3.4.2.- Materiales a usados para la elaboración del cultivo hidropónico .....	51
3.4.2.1.- Tubos de PVC.....	51
3.4.2.2.- Plantines (Estolones) .....	51
3.4.2.3.- Tanque colector.....	51
3.4.2.4.- Mangueras y bombas de agua.....	52
3.4.2.5.- Nutrientes.....	52
3.4.2.6.- Agua.....	52
3.5.- METODOLOGÍA.....	52
3.5.1.- Características del diseño.....	53
3.5.2.- Descripción de los tratamientos.....	53
3.5.3.- Diseño de campo.....	54
3.6.- SELECCIÓN DEL LUGAR.....	55
3.6.1.- Ubicación de la instalación .....	55
3.6.1.1.- Consideraciones generales a tomarse en cuenta en la tesis .....	55

	<b>Pág.</b>
3.6.2.- Elaboración del cultivo hidropónico de la frutilla .....	55
3.6.3.- Limpieza del terreno y preparación del lugar .....	56
3.7.- PREPARACIÓN DEL TRABAJO.....	56
3.7.1.- Armado de la unidad experimental 1 (UE 1).....	56
3.7.1.1.- Preparación de la unidad experimental 1 (UE 1).....	57
3.7.2.- Armado de la unidad experimental 2 (UE 2).....	58
3.7.2.1.- Preparación de la unidad experimental 2 (UE 2).....	59
3.7.3.- Armado la unidad experimental 3 (U-E 3). .....	60
3.7.3.1.- Preparación de la unidad experimental 3 (UE 3).....	61
3.8.- VARIABLES A SER EVALUADAS DURANTE EL PROCESO DEL CULTIVO .....	62
3.8.1.-Grados brix .....	62
3.8.2.- Altura de la planta.....	62
3.8.3.- Numero de flores por planta y por tratamiento (N. F).....	62
3.8.4.- Numero de frutos por planta y por tratamiento (N, FR) .....	63
3.8.5.- Rendimiento en kg por planta y por tratamiento .....	63
3.8.6.- pH. ....	63
3.8.7.- Conductividad eléctrica .....	63

## CAPÍTULO IV

### ANÁLISIS DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN

	<b>Pág.</b>
4.1. ANÁLISIS .....	64
4.2.- DISCUSIÓN .....	65
4.2.1.- Determinación sensorial y características organolépticas de frutos .....	66
43.- CONTENIDO EN SÓLIDOS SOLUBLES (GRADOS BRUX) DE LA FRUTA .....	67
4.4.- ALTURA DE LA PLANTA.....	68
4.5.- DÍAS A LA FLORACIÓN .....	69
4.5.1.- Número de flores por planta .....	70
4.5.2.- Número total de flores por tratamiento.....	71
4.6. - DÍAS A LA FRUCTIFICACIÓN .....	72
4.6.1.- Número de frutos cosechados por planta.....	73
4.6.2.- Número de frutos cosechados por tratamientos.....	74
47.- TAMAÑO MEDIO DE FRUTO .....	75
4.8.- RENDIMIENTO EN PESO POR TRATAMIENTO.....	77
4.9.- SEGUIMIENTO A LA VARIACIÓN DEL PH DE LA SOLUCIÓN....	78
4.10.- SEGUIMIENTO A LA VARIACIÓN DE LA CONDUCTIVIDAD	

ELÉCTRICA (C.E) DE LA SOLUCIÓN .....	80
4.11.- ANÁLISIS ECONÓMICO .....	81
4.12.- DISCUSIÓN .....	85

## **CAPÍTULO V**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

	<b>Pág.</b>
5.1.- CONCLUSIONES .....	88
5.2.- RECOMENDACIONES.....	89
BIBLIOGRAFÍA .....	91
ANEXOS	

## ÍNDICE DE CUADROS

	<b>Pág.</b>
<b>Cuadro N° 1</b>	
Coordenadas geográficas .....	48
<b>Cuadro N° 2</b>	
Características de diseño .....	53
<b>Cuadro N° 3</b>	
Solución hidropónica Hermanos Cáceres .....	57
<b>Cuadro N° 4</b>	
Solución hidropónica La Molina (Perú).....	59
<b>Cuadro N° 5</b>	
Solución hidropónica Hydrofil (Argentina) .....	61
<b>Cuadro N° 6</b>	
Período de recolección según tratamiento .....	65
<b>Cuadro N° 7</b>	
Producción total por hectáreas y por tratamientos Kg/ha .....	65

**Cuadro N° 8**

Valores de los grados brix en la frutilla para los diferentes tratamientos ..... 67

**Cuadro N° 9**

Altura de las plantas (cm) ..... 68

**Cuadro N° 10**

ANOVA para la altura de las planta ..... 68

**Cuadro N° 11**

Días a la floración ..... 69

**Cuadro N° 12**

ANOVA días a la floración..... 70

**Cuadro N° 13**

Número de flores por planta..... 70

**Cuadro N° 14**

ANOVA número de flores por planta ..... 71

**Cuadro N° 15**

Número de flores por tratamiento ..... 71

	<b>Pág.</b>
<b>Cuadro N° 16</b>	
ANOVA número de flores por tratamiento.....	72
<b>Cuadro N° 17</b>	
Días a la fructificación .....	73
<b>Cuadro N° 18</b>	
ANOVA días a la fructificación.....	73
<b>Cuadro N° 19</b>	
Número de frutos cosechados por planta .....	74
<b>Cuadro N° 20</b>	
ANOVA número de frutos cosechados por planta.....	74
<b>Cuadro N° 21</b>	
Número d frutos cosechados por tratamiento .....	75
<b>Cuadro N° 22</b>	
ANOVA número de frutos cosechados por tratamiento .....	75
<b>Cuadro N° 23</b>	
Rendimiento en peso por tratamiento .....	77

	<b>Pág.</b>
<b>Cuadro N° 24</b>	
ANOVA rendimiento en peso por tratamiento .....	77
<b>Cuadro N° 25</b>	
Seguimiento a la variación del pH de la solución .....	79
<b>Cuadro N° 26</b>	
Seguimiento de la variación de la conductividad eléctrica (C.E.) de la solución .....	81
<b>Cuadro N° 27</b>	
Análisis económico .....	82
<b>Cuadro N° 28</b>	
Costo de los ítem (0,25 ha) para un cultivo hidropónico de frutilla bajo sistema NFT (Nutrient Film Technique) .....	83
<b>Cuadro N° 29</b>	
Ingresos por tratamientos relacionados en kilogramos por hectárea .....	84
<b>Cuadro N° 30</b>	
Cuadro beneficio costo por tratamiento .....	84
<b>Cuadro N° 31</b>	
Formulación recomendada .....	91

## ÍNDICE DE IMÁGENES

**Pág.**

### **Imagen N° 1**

Mayor utilidad, por la forma de trabajo ante el cultivo tradicional ..... 7

### **Imagen N° 2**

Soluciones especiales ya elaboradas para cada cultivo..... 15

### **Imagen N° 3**

Presencia de raíces oscuras, implementación de mangueras  
para oxigenar los tubos..... 16

### **Imagen N°4**

Esquema grafico de un sistema NFT (Nutrient Film Technique) ..... 19

### **Imagen N° 5**

Lectores de pH y de la conductividad eléctrica ..... 29

### **Imagen N° 6**

Diagrama morfológico de la frutilla..... 32

### **Imagen N° 7**

Morfología del fruto ..... 34

### **Imagen N°8**

Composición química ..... 35

**Imagen N° 9**

Se aprecia el ataque de fusarium sp, el controlador y el resultado ..... 45

**Imagen N° 10**

Ubicación satelital del lugar de trabajo ..... 47

**Imagen N° 11**

Metodología de la siembra ..... 56

**Imagen N° 12**

Frutos variedad aromas ..... 66

**Imagen N° 13**

Brixómetro de laboratorio ..... 67

**Imagen N° 14**

Medición altura de la planta ..... 69

**Imagen N° 15**

Floración de las plantas ..... 72

**Imagen N° 16**

Desarrollo de la etapa de fructificación ..... 75

**Imagen N° 17**

Tamaño de los frutos ..... 76

