

# CAPITULO I

## INTRODUCCIÓN

### 1.1. GENERALIDADES

La fresa representa un importante cultivo comercial con áreas de siembra cada vez mayores en el mundo y su consumo va en aumento (Keutgen y Pawelzik, 2008). La fresa se cultiva en más de 60 países del mundo; el principal productor es Estados Unidos con un millón 115 mil toneladas al año; le siguen Rusia (324 mil toneladas) y España (263 mil 900 toneladas). México ocupa el noveno lugar, con 160 mil toneladas. España es la nación que encabeza la lista de exportadores de fresa en el mundo, con 207 mil 974 t; seguida de Estados Unidos (103 mil 953 toneladas); y México, con un total de 70 mil 970 toneladas al año (Santoyo y Martínez, 2010).

A nivel nacional, según la FAO, (2000) se tiene una superficie cultivada de 200 ha, con un rendimiento promedio de 6,32 T/Ha (6,320 Kg/Ha), para una producción nacional (Bolivia) de 1.264 toneladas (Estadísticas agropecuarias FAO, 2000).

En nuestro país la encuesta nacional agropecuaria (ENA 1997) indica que la superficie cultivada de frutilla fue de 112 ha, distribuida la producción en los departamentos de Cochabamba, Santa Cruz, La Paz, Chuquisaca y Tarija.

Ante esta realidad, se propone determinar la adaptabilidad del cultivo de frutilla en un sistema de cultivo hidropónico (Solución Nutritiva) de modo que se tenga una alternativa mientras se recuperan los suelos del sector.

La hidroponía también es llamada Agricultura de Ciudad o Agro Urbana, es aquella que se realiza en zonas urbanas (ciudades) y en sus periferias, usualmente, deprimido económicamente. Si estas actividades son proyectadas a la comunidad, entonces estaremos hablando de hidroponía social o popular ([www.oasiseasyplant.mx](http://www.oasiseasyplant.mx)).

La agricultura de ciudad, a través de la hidroponía es una modalidad sencilla con un alto costo inicial que en la segunda gestión es recuperado y con grandes ganancias. El resultado según el objetivo por el cual se está trabajando se utiliza para el consumo propio, y los excedentes que se obtiene, puede ofertarse a familiares, vecinos o al mercado. Con ello, se reduce el gasto, se mejora la calidad alimenticia y hasta puede mejorarse la economía familiar ([www.agrohuerto.com](http://www.agrohuerto.com)).

Otro descubrimiento importante en hidroponía fue el desarrollo de un alimento para la planta completamente equilibrado. La investigación en esta área aún continúa, pero están disponibles muchas fórmulas listas para usar ([www.agrohuerto.com](http://www.agrohuerto.com)).

La combinación de control medioambiental y los sistemas hidropónicos mejorados han sido los principales responsables del crecimiento de la industria durante los últimos veinte años, (Fundación Salvemos el Agua).

En el futuro el desarrollo de la energía solar y la hidroponía, permitirá el establecimiento de invernaderos para el cultivo de plantas, en regiones subtropicales y árticas, en donde antes esta práctica era simplemente imposible, dados los altos costos de un sistema tradicional de energía solar ([www.drcalderonlabs.com](http://www.drcalderonlabs.com)).

## 1.2. JUSTIFICACIÓN.

El presente trabajo de investigación pretende, generar información sobre las características y propiedades de los cultivos hidropónicos, como también algunas de las cualidades y virtudes de la frutilla (*Fragaria ananassa*) de la “Variedad Aroma”, para contribuir con una alternativa viable para nuestros productores y consumidores.

Este trabajo proporcionará una información verosímil, concreta y entendible, sobre este método tan sencillo de hidroponía, pero con grandes expectativas económicas, como una forma de poder incentivar a nuestros productores a realizarlo.

En el mundo, el consumo de fresas (y de productos derivados de la hidroponía) ha aumentado de forma considerable debido al cambio de mentalidad de consumir productos "más sanos" sin embargo, la realidad es que en el cultivo hidropónico también se usan diferentes insecticidas, bactericidas y otros, solo que, son más fáciles de controlar las concentraciones y se usan en menos oportunidades debido a que, los mismos no entran en contacto con el suelo, por tal motivo se estableció que existe una mejora en el control de plagas del cultivo hidropónico. FAO (2000)

Bolivia se considera un país que aún no ha desarrollado todo su potencial requerido para el desarrollo de este sistema de cultivo el cual a través de informaciones tiene su auge en las ciudades de Cochabamba y Santa Cruz en donde empresas como: Nutrientes del oriente S.A., Hidroponiabol, Universidad de San Simón nos brindan cursos y materiales que pueden servirnos de mucha ayuda. Lo único que faltaría es un apoyo más desprendido de los iniciadores de la hidroponía en Bolivia.

Dentro el departamento no existe experiencias relacionadas con el cultivo hidropónico de frutilla, tanto como experiencias vividas en especial en este cultivo y bajo este sistema denominado NFT (Nutrient Film Technique) hoy en día se identifica a instituciones como Iniaf que va proyectando un camino hacia el estudio de este tipo de cultivo.

Por tal motivo se hace más énfasis en lograr generar una experiencia del manejo del cultivo a través del presente trabajo, para futuros estudios dentro el departamento.

## **1.3 OBJETIVOS**

### **1.3.1 Objetivo General.**

- Analizar la mejor dosis de nutrientes para la producción de frutillas a través de un sistema hidropónico de raíz flotante horizontal sobre tubos de PVC, ubicado dentro del sector urbano (barrio La Loma) de la ciudad de Tarija.

### **1.3.2. Objetivos Específicos.**

- Evaluar la adaptación y desarrollo del cultivo de frutilla (Var. Aromas), bajo un sistema de cultivo hidropónico, que permita incrementar la calidad y producción bajo invernadero.
- Evaluar el comportamiento de los indicadores productivos del cultivo de la frutilla, con la aplicación de tres soluciones nutritivas, empleadas como medio de cultivo de los plantines.
- Construir una estructura que permita el cultivo hidropónico de frutilla en un sistema NFT (Nutrient Film Technique) que resulte lo más económicamente rentable.

## **1.4. HIPÓTESIS GENERAL**

El uso de los sistemas hidropónicos en el cultivo de frutilla, en tubos PVC, con la aplicación de tres soluciones nutritivas, incrementa la producción y calidad de fresa.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO Y REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA**

#### **2.1 DEFINICIONES DE HIDROPONÍA.**

La palabra descubierta por William Frederick Gericke, profesor de la Universidad de California en Berkeley, quien durante la década de 1930 unió las raíces griegas Hydro (agua) y Ponos (labor o trabajo) lo cual significa literalmente trabajo en agua. La Hidroponía es una ciencia que estudia los cultivos sin tierra ([www.boletinagrario.com](http://www.boletinagrario.com)).

Hoy, la hidroponía es el término que describe las distintas formas en las que pueden cultivarse plantas sin tierra. Estos métodos, generalmente conocidos como cultivos sin suelo, incluyen el cultivo de plantas en recipientes llenos de agua y cualquier otro medio distintos a la tierra (Earle, R.L. 2005).

El cultivo hidropónico se puede llevar a cabo en explotaciones con una elevada capacidad de control de los factores de producción, tanto los ambientales como los relativos al entorno radicular. Esta técnica se emplea normalmente para la producción de hortalizas de fruto y de flor cortada ([www.boletinagrario.com](http://www.boletinagrario.com)).

#### **2.2. CULTIVO HIDROPÓNICO**

“El cultivo hidropónico es anterior al cultivo en tierra pero como herramienta de cultivo muchos creen que empezó en la antigua Babilonia, en los famosos jardines colgantes que se enlistan como una de las siete maravillas del mundo antiguo (USB 2006).

“En lo que probablemente fuera uno de los primeros intentos exitosos de cultivar plantas hidropónicamente.”

A partir de los antecedentes citados podemos afirmar que la investigación en hidroponía ya tiene su historia hasta el día de hoy en que se ha avanzado mucho en el conocimiento de los mecanismos de absorción de nutrientes por parte de las raíces, se ha establecido el uso de

dos por lo menos de 16 elementos químicos en la dieta de las plantas igualmente se ha establecido la importancia del oxígeno para las raíces y se sabe sobre la avidez de algunos nutrientes (Sánchez, 2004).

El concepto hidroponía ha ido experimentando algunas evoluciones en sus comienzos fue una herramienta para entender de que se nutrían las plantas, después se convirtió en un elemento de investigación y enseñanza y en la actualidad viene adquiriendo un carácter comercial cada vez más importante (Alva y Celma, 2006).

La hidroponía se define ahora como la ciencia de cultivo de plantas sin el uso de tierra, pero con el uso de un medio inerte conocido como sustrato éste puede ser de: arena gruesa, cascarilla de arroz, grava, aserrín, entre otros que sirve como soporte de las raíces además se le agrega una solución nutritiva con todos los elementos esenciales requeridos por la planta para su crecimiento y desarrollo normal (Alva y Celma, 2006).

Como muchos métodos hidropónicos emplean algún tipo de medio que contiene material orgánico como turba o aserrín, son a menudo llamados cultivos sin suelo o semihidropónico, mientras que aquellos que se cultivan en agua serían los verdaderos cultivos hidropónicos (Gavilán, 2000).

## **2.3. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LA HIDROPONÍA**

### **2.3.1. Ventajas de los Cultivos Hidropónicos.**

Este método de cultivo tiene muchas ventajas entre ellas tenemos:

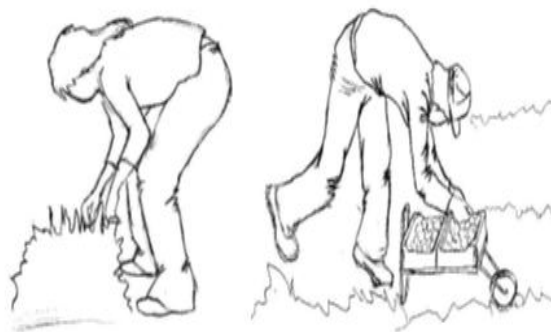
- Permite aprovechar la superficie de suelos o terrenos los cuales no son adecuados para la agricultura de cultivos tradicionales.
- Es un sistema flexible, es decir ya que se lo puede aplicar con éxito en distintas condiciones y para diversos usos.
- Se puede realizar un ahorro de agua debido a que el agua puede ser reutilizado.

- Menor consumo de fertilizantes ya que no existe lixiviado de los mismos en el suelo.
- No contamina el medio ambiente ya que no se emplea maquinaria agrícola (tractores, rastra, etc.)
- Crecimiento más rápido y vigoroso de las plantas debido a que en un sistema hidropónico el agua y los nutrientes estén más disponibles.
- Existe una mayor limpieza e higiene en el manejo del cultivo.
- Menor espacio para el cultivo y mayores plantas cultivadas, (Sánchez, 2004).
- El manejo es más conveniente, para el agricultor en las diferentes etapas del cultivo (siembra, poda y cosecha).

**Imagen N°1** Mayor utilidad, por la forma de trabajo, ante el cultivo tradicional.



Cultivo Hidropónico



Cultivo tradicional

Fuente (HIDROPONÍA paso a paso pág. 77)

### **2.3.2. Desventajas de los Cultivos Hidropónicos.**

- El costo inicial es alto.
- Es necesario tener un previo conocimiento de las plantas a cultivar así como del sistema a emplear.
- La materia orgánica así como los animales en el suelo están ausentes.
- Las variedades de plantas disponibles no son siempre las mejores.

## **2.4. ELEMENTOS HIDROPÓNICOS**

Hay ciertos elementos que debemos considerar para el manejo hidropónico como:

### **2.4.1. Los Recipientes.**

Debido a que los cultivos hidropónicos son cultivos sin tierra, con sustratos necesitan recipientes que los contengan, éstos pueden ser de materiales que se encuentran sin uso en la granja o también pueden ser contruidos de madera y plástico dependiendo de la posibilidad económica. Además los recipientes deben estar de acuerdo con el espacio disponible y los requerimientos técnicos (Sánchez, 2004).

“Las dimensiones (largo y ancho) de los contenedores pueden ser muy variables, pero su profundidad en cambio no debe ser mayor de 10-12 cm, estas medidas de profundidad recomendadas es para que las raíces tengan suficiente lugar para desarrollarse, de acuerdo al tipo de cultivo o especie” (Tomás J. 2009).

Es importante que los recipientes tengan una pendiente para que exista el drenaje que dependerá del sustrato utilizado. El recipiente debe ser opaco esto para que no exista la generación de algas o alguna clase de maleza, para asegurarse de un buen drenaje la pendiente debe ser del 3% y 5% (Tomás J. 2009).

Otra condición esencial es que el sustrato sea inerte químicamente para evitar reacciones o cambios en la nutrición (Sánchez, 2004).

### **2.4.1.1. Tipos de Recipientes.**

Los recipientes dependen de los materiales que se utilicen por lo tanto podemos tener:

- Cajas de madera forradas por dentro con plástico.
- Canales de plástico, "Eternit" o guadua (bambú).
- Tubos de PVC o plástico.
- Llantas viejas de vehículo.
- Galones de aceite desocupados y abiertos por la mitad.
- Envases plásticos de margarinas.
- Aceites, detergentes o vasos desechables de bebidas gaseosas o yogurt.

También se tienen bolsas o mangas plásticas éstas son aptas para especies como tomate, pepino, pimiento, pimentón y cebolla, éstas son realizadas al ras de suelo evitando que tengan contacto el recipiente con el suelo ya que puede existir una filtración de los minerales (Tomás J. 2009).

Así se tienen de igual manera las mangas verticales y los canales horizontales (atravesados) constituyen otro tipo de contenedores, igual de eficientes que el anterior pero que sirven para espacios más pequeños y para cultivos que requieren ser sembrados en grandes cantidades para tener beneficios económicos como es el caso de la frutilla (Tomás J. 2009).

### **2.5. DEFINICIÓN DEL SUSTRATO**

Son todos aquellos materiales sólidos, distintos al suelo, que están en contacto con el sistema radical y permiten el desarrollo de éste. Debe ser inerte, es decir, que no le quite ni le agregue nada a la solución nutritiva. Su función principal es retener la solución nutritiva, para abastecer a las raíces de agua y minerales (Castro A. 1993).

El sustrato de cultivo está constituido por un material poroso, en el que se desarrolla el sistema radicular de la planta, y de éste toma el agua y los nutrientes que necesita para su desarrollo y el oxígeno necesario para el funcionamiento correcto del sistema radicular, es el soporte del cultivo (suelo o sustrato) ([www.hydroenv.com](http://www.hydroenv.com)).

Los sustratos son materiales que sustituyen a la tierra y sirven como medio de crecimiento de las raíces de las plantas. Un sustrato es todo material sólido distinto del suelo natural, de síntesis, residual, mineral u orgánico que colocado en un contenedor desempeña el papel de soporte para la planta ([www.ehowenespanol.com](http://www.ehowenespanol.com)).

El mejor sustrato de cultivo para cada caso concreto, variará de acuerdo con numerosos factores: tipo de material vegetativo con que se trabaja (semilla, plantas, estaca, entre otros), especie vegetal, condiciones climáticas, sistemas y programas de riego y fertilización, aspectos económicos, entre otros (Gavilán. 2000).

“Los sustratos deben tener gran resistencia al desgaste o a la meteorización y es preferible que no tengan sustancias minerales solubles para no alterar el balance químico de la solución nutritiva que será aplicada. El material no debería ser portador de ninguna forma viva de macro o micro organismo, para disminuir el riesgo de propagar enfermedades o causar daño a las plantas, a las personas o a los animales que las van a consumir” (Castro A. 1993).

## **2.5.1. Propiedades de los Sustratos.**

### **2.5.1.1. Propiedades Físicas.**

Tenemos las siguientes características:

- Elevada capacidad de retención de agua fácilmente disponible.
- Debe proporcionar una buena aireación.

- La porosidad debe ser abierta pues la porosidad ocluida al no estar en contacto con el espacio abierto no sufre intercambio de fluidos y por tanto no sirve como almacén para la raíz.
- Su valor óptimo no debe ser inferior al 80 y 85%.
- Estructura estable, que impida la contracción o hinchazón del medio (Sánchez, 2004).

### **2.5.1.2. Propiedades Químicas.**

Tenemos las siguientes características:

- Baja o apreciable capacidad de intercambio catiónico, dependiendo de que la fertiirrigación se aplique permanentemente o de modo intermitente, respectivamente.
- Efectos carenciales, debido a la hidrólisis alcalina de algunos sustratos que provoca un aumento del pH y la precipitación del fósforo y algunos micro elementos.
- Efectos osmóticos provocados por un exceso de sales solubles y el consiguiente descenso en la absorción de agua por la planta.
- Suficiente nivel de nutrientes asimilables.
- Baja salinidad.
- Debe tener una mínima velocidad de descomposición.
- Las reacciones bioquímicas son aquéllas que producen la biodegradación de los materiales que componen el sustrato. Se producen en materiales de origen orgánico, destruyendo la estructura y variando sus propiedades físicas. Esta biodegradación libera CO<sub>2</sub> y otros elementos minerales por destrucción de la materia orgánica (Sánchez, 2004).

### **2.5.1.3. Propiedades Biológicas.**

Es muy importante debido a que cualquier presencia de microorganismos compiten con la raíz por el oxígeno y nutriente. También pueden degradar el sustrato y empeorar las características del sustrato.

- La velocidad de descomposición es función de la población microbiana y de las condiciones ambientales en las que se encuentra el sustrato ([www.hydroenv.com](http://www.hydroenv.com)).

### **2.5.1.4. Otras Propiedades.**

- Libre de semillas de malas hierbas, nematodos y otros patógenos y sustancias fitotóxicas.
- Reproductividad y disponibilidad.
- Bajo coste
- Fácil de mezclar.
- Fácil desinfectar y estabilidad frente a la desinfección.
- Resistencia a cambios externos físicos, químicos ambientales ([www.hydroenv.com](http://www.hydroenv.com)).

### **2.5.2. Elementos Naturales en un Sustrato.**

Hay que tener muy en cuenta los siguientes elementos:

- El aire es importante para evitar la contaminación de los cultivos a través de gases y humo. Además debe existir una aireación para evitar enfermedades ya que no existirá mucha humedad por lo tanto el desarrollo de hongos no habrá.
- La luz es vital para el crecimiento de las plantas, es conveniente que los cultivos reciban la mayor cantidad posible por lo menos 6 horas de luz solar.

- Humedad: el promedio de humedad para la mayoría de los cultivos es del 75% de humedad.
- Agua debe estar en condiciones adecuadas así como en las proporciones para el cultivo destinado. Debe provenir de una fuente para consumo humano o animal y por lo tanto será apta para plantas por lo tanto debe ser destilada o desmineralizada.
- Temperatura: para la mayoría de las plantas en los cultivos hidropónicos, la temperatura apta debe ser de 15° a 35° dependiendo de la especie. Las plantas que se establecen en un clima diferente al que las caracteriza (lugar de origen) puede presentar ciertos cambios de comportamiento (Sánchez, 2004).

## 2.6. SOLUCIÓN NUTRITIVA

En los cultivos Hidropónicos todos los elementos esenciales se suministran a las plantas disolviendo las sales fertilizantes en agua para preparar la solución de nutrientes. La elección de las sales que deberán ser usadas depende de un elevado número de factores. La proporción relativa de iones que debemos añadir a la composición se comparará con la necesaria en la formulación del nutriente; por ejemplo, una molécula de nitrato potásico  $\text{KNO}_3$  proporcionará un ión de potasio  $\text{K}^+$  y otro ión de nitrato  $\text{NO}_3^-$ , así como una molécula de nitrato cálcico  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  nos dará un ión cálcico  $\text{Ca}^{++}$  y dos iones de nitrato. Las diferentes sales fertilizantes que podemos usar para la solución de nutrientes tienen a la vez diferente solubilidad, es decir, la medida de la concentración de sal que permanece en solución cuando la disolvemos en agua; si una sal tiene baja solubilidad, solamente una pequeña cantidad de ésta se disolverá en el agua. En los cultivos hidropónicos las sales fertilizantes deberán tener una alta solubilidad, puesto que deben permanecer en solución para ser tomadas por las plantas. Por ejemplo el Calcio puede ser suministrado por el nitrato cálcico o por el sulfato cálcico; este último es más barato, pero su solubilidad es muy baja; por tanto, el nitrato cálcico deberá ser el que usemos para suministrar la totalidad de las necesidades de Calcio. El costo de un fertilizante en particular deberá considerarse según cómo vaya a utilizarse; en general, deberá usarse lo que normalmente se denomina como grado técnico, donde el costo es más alto que una cantidad agrícola, pero la solubilidad es mucho mayor ([www.hidroponiabol.com](http://www.hidroponiabol.com)).

### **2.6.1. El inicio de las soluciones nutritivas**

Mucho tiempo y esfuerzo ha sido empleado en la formulación de soluciones nutritivas. Muchas soluciones composiciones han sido exitosamente estudiadas pero algunas pueden diferir de otras en la relación de su concentración y combinación de sales, aunque la búsqueda de tal "mejor" o "balanceado" elixir de la vida de las plantas es temario de dedicación y tiempo (Homes, 1961, 1963 Shive 1915; Shive y Martin, 1918).

Debe haber por lo menos tres elementos macronutrientes presentes en el medio nutritivo en forma de cationes, ellos son; Potasio, Calcio y Magnesio. Los tres aniones macronutrientes son: Nitratos, Fosfatos y Sulfatos. Todos los elementos macronutrientes deben por lo tanto ser suministrados por tres sales, por ejemplo; Nitrato de potasio, Fosfato de calcio y Sulfato de magnesio. En adición a los elementos mayores o macronutrientes, una concentración apropiada de elementos menores debe ser suministrada a la solución a bajos pero adecuados niveles, y el pH debe ser mantenido en unos rangos deseables ([www.agroterra.com](http://www.agroterra.com)).

Hoagland y Arnon (1950) formularon dos soluciones nutritivas las cuales han sido ampliamente utilizadas y el término "Solución de Hoagland" proviene de los laboratorios caseros del mundo, dedicados a la nutrición de las plantas a nivel mundial. La solución 2 de Hoagland contiene iones amonio como también de nitrato dando como resultado una mejor solución buffer. La segunda solución fue modificada por (Jhonson et al (1957).

La SN consiste en agua con oxígeno y los nutrimentos esenciales en forma iónica. Algunos compuestos orgánicos como los quelatos de fierro forman parte de la SN (Steiner, 1968). Para que la SN tenga disponibles los nutrimentos que contiene, debe ser una solución verdadera, todos los iones se deben encontrar disueltos. La pérdida por precipitación de una o varias formas iónicas de los nutrimentos puede ocasionar su deficiencia en la planta. Además, de este problema se genera un desbalance en la relación mutua entre los iones (Steiner, 1961).

En hidroponía, las necesidades nutrimentales que tienen las plantas son satisfechas con los nutrimentos que se suministran en la SN. La cantidad de nutrimentos que requieren las

plantas depende de la especie, la variedad, la etapa fenológica y las condiciones ambientales (Carpena et al., 1987; Adams, 1994b).

Cada especie vegetal que se cultiva en hidroponía requiere de una SN con características específicas. De acuerdo con Graves (1983) y Steiner (1984), las principales características que influyen en el desarrollo de los cultivos y sus productos de importancia económica son: la relación mutua entre los aniones, la relación mutua entre los cationes, la concentración de nutrimentos (representada por la CE), el pH, la relación  $\text{NO}_3^- : \text{NH}_4^+$  y la temperatura de la SN.

**Imagen N°2** Soluciones especiales ya elaboradas, para cada cultivo.



Fuente: (hidroponía la molina y hydrofil)

## 2.7. SISTEMAS DE CULTIVO HIDROPÓNICO.

Los sistemas de cultivo hidropónico se dividen en dos grandes grupos.

- Cerrados, que son aquéllos en los que la solución nutritiva se recircula aportando de forma más o menos continua los nutrientes que la planta va consumiendo.

- Abiertos o a solución perdida, en los que los drenajes provenientes de la plantación son desechados.

### 2.7.1. Sistema de raíz flotante.

Éste es un sistema hidropónico por excelencia porque las raíces de las plantas están sumergidas en soluciones nutritivas. Una plancha de termo Pol (plastrofor) o tubos de PVC en este caso, va actuar como soporte mecánico tanto para la parte aérea (hojas, tallos) como la parte subterránea (raíz).

Para el logro de una buena producción con este sistema es importante airear la solución nutritiva: la misma se la podría realizar inyectando aire por algún método, como ser en este caso a través de las bombas de difusión, otro método más económico es el manual en donde sumergiendo las manos y agitándolas dentro la solución genera aireación. La presencia de raíces de color oscura es el principal indicador de una mal oxigenación.

**Imagen N°3** Presencia de raíces negras, se implementan mangueras para oxigenar el sistema



Fuente (Elaboración propia 2015)

### **2.7.2. EL sistema de cultivo NFT (nutrient film technique).**

El NFT (nutrient film technique), sistemas re circulante, es el más típico por ser el que en primer lugar se empezó a utilizar allá por los años 70. Consiste en mantener las raíces del cultivo inmersas en una corriente de solución nutritiva, continua o intermitente de muy alta frecuencia, en el cual también se utiliza algún material como sostén de la planta (Jones, J.B. 1997).

El NFT (nutrient film technique) se basa en la circulación continua o intermitente de una fina lámina de solución nutritiva a través de las raíces del cultivo, sin que éstas por tanto se encuentren inmersas en sustrato alguno, sino que simplemente quedan sostenidas por un canal de cultivo, en cuyo interior fluye la solución hacia cotas más bajas por gravedad (Cuadrado, J.; 2000).

El agua se encuentra muy fácilmente disponible para el cultivo, lo que representa una de las mayores ventajas del sistema, al ser mínimo el gasto de energía que debe realizar la planta en la absorción, pudiendo aprovechar ésta en otros procesos metabólicos.

La renovación continua de la solución nutritiva en el entorno de la raíz permite un suministro adecuado de nutrientes minerales y oxígeno, siempre, claro está, que se realice un correcto manejo del sistema ([www.cosechandonatural.com](http://www.cosechandonatural.com)).

#### **2.7.2.1. Elementos constituyentes de una instalación de NFT (Nutrient Film Technique)**

Se pueden distinguir los siguientes elementos principales:

- a) Tanque colector.
- b) Bomba de agua.
- c) Mangueras de distribución.
- d) Canales de cultivo.

e) Tubería colectora.

### **2.7.2.2. Esquema de una instalación de NFT (Nutrient Film Technique)**

El tanque colector es el elemento encargado de almacenar el drenaje procedente de los canales de cultivo que escurre hasta aquél por gravedad, por lo que resulta conveniente que se encuentre en la parte más baja de la explotación. El material de fabricación es PVC ([www.libinter.com](http://www.libinter.com)).

El volumen, está determinado fundamentalmente por la superficie de cultivo. En muchas instalaciones la capacidad del tanque sólo representa entre el 10 y el 15 % del volumen total de solución que circula en el sistema, ya que el resto se encuentra contenido en las tuberías y canales. Sin embargo, cuando se realiza riego intermitente, el volumen disponible tiene que ser bastante mayor para acumular toda el agua en el momento de parada ([www.libinter.com](http://www.libinter.com)).

En cuanto a la inyección de fertilizantes, ésta se realiza directamente al tanque.

La bomba de difusión se encarga de verter la solución nutritiva, del tanque colector, en el extremo superior de los canales de cultivo.

Las mangueras de distribución son las encargadas de conducir la solución nutritiva desde el tanque hasta la parte superior de los canales de cultivo. Los mismos que serán de PVC, se toma en cuenta que debe existir un caudal por cada canal de 2-3 litros por minuto para así establecer una oferta adecuada de oxígeno, agua y nutrientes.

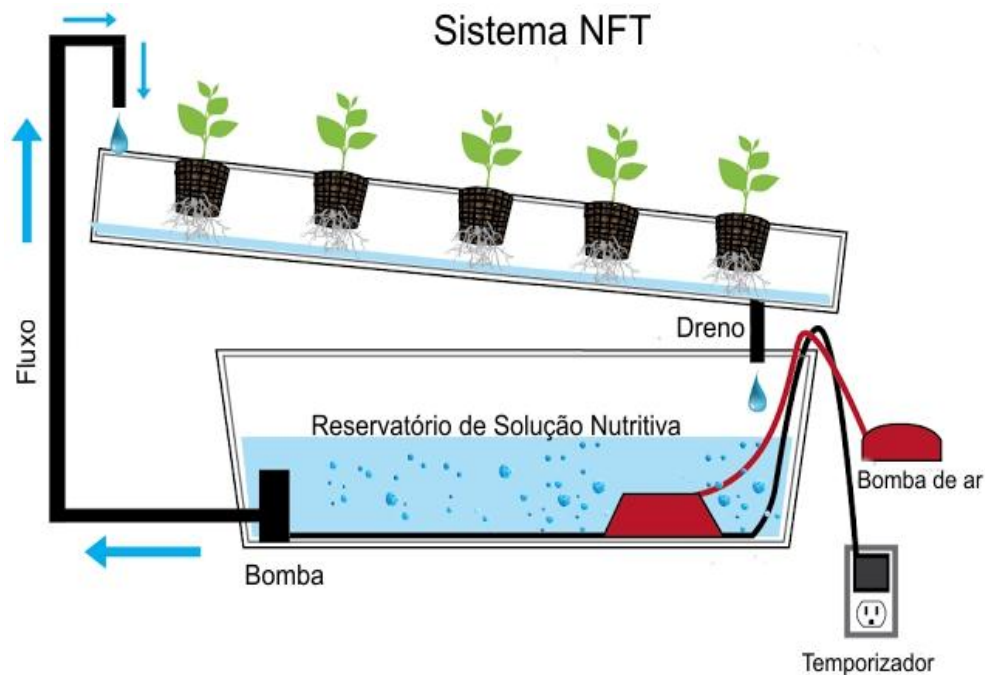
Los canales de cultivo constituyen el medio de sostén de las plantas y además la base sobre la que fluye la solución nutritiva. Es necesario que la altura de la lámina de agua en el interior del canal no supere los 4 ó 5 mm con el fin de conseguir una adecuada oxigenación de las raíces ([www.libinter.com](http://www.libinter.com)).

En lo que se refiere a su longitud, ésta no debe superar los 15 m para asegurar unas condiciones adecuadas y homogéneas en todo el canal y evitar la falta de oxígeno disuelto

en la parte final del mismo. Por último, la pendiente longitudinal debe estar entre el 1 y el 2 % ya que, si resulta inferior, queda dificultado el retorno de la solución al tanque colector y la altura de la lámina de agua puede ser excesiva. Por otro lado, no es conveniente que sea mayor del 2 %, ya que entonces se dificultaría la absorción de agua y nutrientes, especialmente cuando las plantas son pequeñas, por una excesiva velocidad de circulación de la solución en el canal (www.hydroenv.com.).

La tubería colectora es la que se encarga de recoger la solución nutritiva al final de los canales de cultivo y llevarla hasta el tanque colector por gravedad. Suele ser de PVC y debe tener una pendiente suficiente para asegurar la evacuación, (Cooper, 1979).

**Imagen N°4** Esquema gráfico de un sistema NFT (Nutrient Film Technique)



Fuente: todohidroponía.net

### **2.7.2.3 Localización del sistema "NFT" (Nutrient Film Technique)**

El sistema de solución nutritiva re circulante puede ser establecido, ya sea, al aire libre como también bajo invernadero. Sin embargo se entiende que los sistemas bajo invernaderos están más que todo recomendados para sectores de muy bajas temperaturas, en diferentes estaciones del año, (invierno) y dependiendo del tipo de sistema, (NFT, cuenta con sistema de conexión eléctrica) en el caso de un sistema sólido este no corre ningún riesgo en caso de precipitaciones fluviales, (MIGUEL, A.; 1998.).

## **2.8 FERTILIZANTES COMERCIALES O REACTIVOS QUÍMICOS PARA PREPARAR LA SOLUCIÓN.**

La solución nutritiva es la base de los cultivos hidropónicos; los nutrientes minerales están disueltos en la solución que es absorbida por las plantas mediante su sistema radicular, lo que les permite nutrirse adecuada mente para participar de la fotosíntesis y el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) es transformado en materia, (Comisión Gubernamental del Ozono Bolivia. Manual del Cultivo Hidropónico. pag16).

La adición de los elementos nutritivos es un procedimiento de control y balance. Los elementos considerados esenciales para el crecimiento de la mayoría de las plantas son:

- **Macro nutrientes;** Carbono, Hidrógeno, Oxígeno, Nitrógeno, Fósforo, Potasio,

Calcio, Azufre, Magnesio

- **Micro nutrientes;** Hierro, Manganeso, Boro, Zinc, Cobre, Molibdeno, Cobalto y Cloro

Cada elemento es vital en la nutrición de la planta, la falta de uno solo limitará su desarrollo, porque la acción de cada uno es específica y ningún elemento puede ser reemplazado por otro. Todos estos elementos le sirven para la construcción de la masa de tejido vegetal.

Es necesario aclarar que no existe una única fórmula para nutrir los cultivos hidropónicos, la mejor fórmula es la que cada uno experimente con óptimos resultados, (La Hidroponía como alternativa de producción vegetal. por Christian Castillo Rivas).

### ✓ **ELEMENTOS MAYORES**

El nitrógeno, fósforo y potasio se denominan “elementos mayores” porque normalmente las plantas los necesitan en cantidades tan grandes que la tierra no puede suministrarla en forma completa. Se consumen en grandes cantidades.

- **NITRÓGENO (N):** Es absorbido en forma de  $\text{NO}_3$  y  $\text{NH}_4$ .

**Características:** Da el color verde intenso a las plantas. Fomenta el rápido crecimiento. Aumenta la producción de hojas. Mejora la calidad de las hortalizas. Aumenta el contenido de proteínas en los cultivos de alimentos y forrajes.

**Deficiencia:** Aspecto enfermizo de la planta. Color verde amarillento debido a la pérdida de clorofila. Desarrollo lento y escaso. Amarilla miento inicial y secado posterior de las hojas de la base de la planta que continua hacia arriba, si la deficiencia es muy severa y no se corrige; las hojas más jóvenes permanecen verdes.

**Toxicidad:** Cuando se le suministra en cantidades desbalanceadas en relación con los demás elementos, la planta produce mucho follaje de color verde oscuro, pero el desarrollo de las raíces es reducido. La floración y la producción de frutos y semillas se retardan.

- **FÓSFORO (P):** Las plantas lo toman en forma de  $\text{P}_2\text{O}_5$ .

**Características:** Estimula la rápida formación y crecimiento de las raíces. Facilita el rápido y vigoroso comienzo a las plantas. Acelera la maduración y estimula la coloración de los frutos. Ayuda a la formación de semillas. Da vigor a los cultivos para defenderse del rigor del invierno.

**Deficiencia:** Aparición de hojas, ramas y tallos de color púrpuro; este síntoma se nota primero en las hojas más viejas. Desarrollo y madurez lenta y aspecto raquítico en los tallos. Mala germinación de las semillas. Bajo rendimiento de frutos y semillas.

**Toxicidad:** Los excesos de fósforo no son notorios a primera vista, pero pueden ocasionar deficiencia de cobre o de zinc.

- **POTASIO (K):** Las plantas lo toman en forma de  $K_2O$ .

**Características:** Otorga a las plantas gran vigor y resistencia contra las enfermedades y bajas temperaturas. Ayuda a la producción de proteína de las plantas. Aumenta el tamaño de las semillas. Mejora la calidad de los frutos. Ayuda al desarrollo de los tubérculos. Favorece la formación del color rojo en hojas y frutos.

**Deficiencia:** Las hojas de la parte más baja de la planta se queman en los bordes y puntas; generalmente la vena central conserva el color verde; también tienden a enrollarse. Debido al pobre desarrollo de las raíces, las plantas se degeneran antes de llegar a la etapa de producción. En las leguminosas da lugar a semillas arrugadas y desfiguradas que no germinan o que originan plántulas débiles.

**Toxicidad:** No es común la absorción de exceso de potasio, pero altos niveles de él en las soluciones nutritivas pueden ocasionar deficiencia de magnesio y también de manganeso, hierro y zinc.

#### ✓ **ELEMENTOS SECUNDARIOS**

Se llaman así porque las plantas los consumen en cantidades intermedias, pero son muy importantes en la constitución de los organismos vegetales.

- **CALCIO (Ca):** Es absorbido en forma de  $CaO$ .

**Características:** Activa la temprana formación y el crecimiento de las raicillas. Mejora el vigor general de las plantas. Neutraliza las sustancias tóxicas que producen las plantas.

Estimula la producción de semillas. Aumenta el contenido de calcio en el alimento humano y animal.

**Deficiencia:** Las hojas jóvenes de los brotes terminales se doblan al aparecer y se queman en sus puntas y bordes. Las hojas jóvenes permanecen enrolladas y tienden a arrugarse. En las áreas terminales pueden aparecer brotes nuevos de color blanquecino. Puede producirse la muerte de los extremos de las raíces. En los tomates y sandías la deficiencia de calcio ocasiona el hundimiento y posterior pudrición seca de los frutos en el extremo opuesto al pedúnculo.

**Toxicidad:** El exceso de Ca, eventualmente podría inducir deficiencia de Mg o de K, en especial si la concentración de los mismos estaría de media a baja.

- **MAGNESIO (Mg):** Las plantas lo absorben como MgO.

**Características:** Es un componente esencial de la clorofila. Es necesario para la formación de los azúcares. Ayuda a regular la asimilación de otros nutrientes. Actúa como transportador del fósforo dentro de la planta. Promueve la formación de grasas y aceites.

**Deficiencia:** Pérdida del color verde, que comienza en las hojas de abajo y continua hacia arriba, pero las venas conservan el color verde. Los tallos se forman débiles, y las raíces se ramifican y alargan excesivamente. Las hojas se tuercen hacia arriba a lo largo de los bordes.

**Toxicidad:** No existen síntomas visibles para identificar la toxicidad por magnesio.

- **AZUFRE (S):** Las plantas lo absorben como S.

**Características:** Es un ingrediente esencial de las proteínas. Ayuda a mantener el color verde intenso. Activa la formación de nódulos nitrificantes en algunas especies leguminosas (porotos, arvejas, habas, soya). Estimula la producción de semilla. Ayuda al crecimiento más vigoroso de las plantas.

**Deficiencia:** Cuando se presenta deficiencia, lo que no es muy frecuente, las hojas jóvenes y sus venas toman un color verde claro; el espacio entre las nervaduras se seca. Los tallos son cortos, endebles, de color amarillo. El desarrollo es lento y raquítico.

#### ✓ **ELEMENTOS MENORES**

Las plantas los necesitan en cantidades muy pequeñas, pero son fundamentales para regular la asimilación de los otros elementos nutritivos. Tienen funciones muy importantes especialmente en los sistemas enzimáticos. Si uno de los elementos menores no existiera en la solución nutritiva, las plantas podrían crecer pero no llegarían a producir o las cosechas serían de mala calidad.

- **COBRE (Cu):** La planta lo asimila en forma de Cu

**Características:** El 70% se concentra en la clorofila y su función más importante se aprecia en la asimilación.

**Deficiencia:** Severo descenso en el desarrollo de las plantas. Las hojas más jóvenes toman color verde oscuro, se enrollan y aparece un moteado que va muriendo. Escasa formación de la lámina de la hoja, disminución de su tamaño y enrollamiento hacia la parte interna, lo cual limita la fotosíntesis.

**Toxicidad:** Clorosis férrica, enanismo, reducción en la formación de ramas y engrosamiento y oscurecimiento anormal de la zona de las raíces.

- **BORO (B):** La forma de asimilación por la planta es B.

**Características:** Aumenta el rendimiento o mejora la calidad de las frutas, verduras y forrajes, está relacionado con la asimilación del calcio y con la transferencia del azúcar dentro de las plantas.

**Deficiencia:** Anula el crecimiento de tejidos nuevos y puede causar hinchazón y decoloración de los vértices radicales y muerte de la zona apical (terminal) de las raíces. Ocasiona tallos cortos en el apio, podredumbre de color pardo en la cabeza y a lo largo del

interior del tallo de la coliflor, podredumbre en el corazón del nabo, ennegrecimiento y desintegración del centro de la betarraga.

**Toxicidad:** Se produce un amarillamiento del vértice de las hojas, seguido de la muerte progresiva, que va avanzando desde la parte basal de éstas hasta los márgenes y vértices. No se deben exceder las cantidades de este elemento dentro de las soluciones nutritivas ni dentro de los sustratos, porque en dosis superiores a las recomendadas es muy tóxico.

- **HIERRO (Fe):** Éste es absorbido por la planta en forma de Fe.

**Características:** No forma parte de la clorofila, pero está ligado con su biosíntesis.

**Deficiencia:** Causa un color pálido amarillento del follaje, aunque haya cantidades apropiadas de nitrógeno en la solución nutritiva. Ocasiona una banda de color claro en los bordes de las hojas y la formación de raíces cortas y muy ramificadas. La deficiencia de hierro se parece mucho a la del magnesio, pero la del hierro aparece en hojas más jóvenes.

**Toxicidad:** No se han establecido síntomas visuales de toxicidad de hierro absorbido por la raíz.

- **MANGANESO (Mn)**

**Características:** Acelera la germinación y la maduración. Aumenta el aprovechamiento del calcio, el magnesio y el fósforo. Cataliza en la síntesis de la clorofila y ejerce funciones en la fotosíntesis.

**Deficiencia:** En tomates y betarraga causa la aparición de color verde pálido, amarillo y rojo entre las venas. El síntoma de clorosis se presenta igualmente entre las venas de las hojas viejas o jóvenes, dependiendo de la especie; estas hojas posteriormente mueren y se caen.

- **ZINC (Zn):** Este es absorbido en forma de Zn.

**Características:** Es necesario para la formación normal de la clorofila y para el crecimiento. Es un importante activador de las enzimas que tienen que ver con la síntesis de proteínas, por lo cual las plantas deficientes en zinc son pobres en ellas.

**Deficiencia:** Su deficiencia ocasiona un engrosamiento basal de los pecíolos de las hojas, pero disminuye su longitud; la lámina foliar toma una coloración pálida y una consistencia gruesa, apergaminada, con entorchamiento hacia fuera y con ondulaciones de los bordes. El tamaño de los entrenudos y el de las hojas se reduce, especialmente en su anchura.

**Toxicidad:** Los excesos de zinc producen clorosis férrica en las plantas.

- **MOLIBDENO (Mo):** Es absorbido por la planta en forma de Mo

**Características:** Es esencial en la fijación del nitrógeno que hacen las legumbres.

**Deficiencia:** Los síntomas se parecen a los del nitrógeno, porque la clorosis (amarillamiento) avanza desde las hojas más viejas hacia las más jóvenes, las que se ahuecan y se quemán en los bordes. No se forma la lámina de las hojas, por lo que sólo aparece la nervadura central. Afecta negativamente el desarrollo de las especies crucíferas (repollo, coliflor, brócoli), la betarraga, tomates y legumbres.

**Toxicidad:** En los excesos se manifiestan con la aparición de un color amarillo brillante; en la coliflor, con la aparición de un color púrpura brillante en sus primeros estados de desarrollo.

- **CLORO (Cl):** absorbido por la planta en forma de Cl.

**Deficiencia:** Se produce marchitamiento inicial de las hojas, que luego se vuelven cloróticas, originando un color bronceado; después se mueren. El desarrollo de las raíces es pobre y se produce un engrosamiento anormal cerca de sus extremos.

**Toxicidad:** Los excesos producen el quemado de los bordes y extremos de las hojas; su tamaño se reduce y hay, en general, poco desarrollo.

## **2.9. EXIGENCIAS DE LA LUZ EN LOS CULTIVOS HIDROPÓNICOS.**

Éste es un elemento vital para el crecimiento de las plantas, pero no todas necesitan la misma cantidad de luz. Es conveniente que los cultivos reciban la mayor cantidad posible, (mínimo 6 horas de luz solar directa) por lo que es aconsejable colocarlos cerca de ventanas y en habitaciones pintadas de colores claros (FAO 1990).

En lugares de poca luz se puede instalar un tubo fluorescente que no emite tanto calor como las lámparas incandescentes, pero el tubo fluorescente deberá estar a una distancia máxima de 15 centímetros por encima de las plantas ([www.hydroenv.com](http://www.hydroenv.com)).

## **2.10. RIEGOS EN LOS CULTIVOS HIDROPÓNICOS**

La calidad del agua de riego es uno de los factores que más nos puede condicionar un cultivo hidropónico. Ahora bien, la frecuente presencia de elementos tóxicos para las plantas como sodio, cloruros o boro en cantidades demasiadas altas nos condicionan el tipo de cultivo y el manejo del mismo en cuanto a nutrición, riego y volumen de drenaje (FAO 1990).

Cada cultivo tiene una tolerancia específica a los elementos tóxicos antes citados y a la cantidad total de sales (cuantificada por la medida de la conductividad eléctrica), que puede mantener en su entorno radicular sin merma importante de rendimientos. Estos niveles no deben sobrepasarse y esto se consigue mediante el adecuado control del volumen drenado (FAO 1990).

Con agua de buena calidad los porcentajes de drenaje serán menores (mejor aprovechamiento de los recursos hídricos) mientras que aguas salinas sólo nos permitirán cultivar especies más o menos tolerantes a la salinidad (tomate, melón) y nunca especies sensibles a la misma (judía, fresa) y además habrá que dejar un mayor volumen de drenaje para evitar excesivos aumentos de C.E. en el sustrato y acumulaciones de elementos Fitotóxicos (FAO 1990).

## **2.11. CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA.**

La conductividad eléctrica se puede entender como una medida, de la facilidad que tiene un material para transportar carga eléctrica por unidad de área o superficie y se mide en S/cm (donde S es Siemens, la unidad del sistema internacional para la conductancia). Por lo tanto, un material que tenga una mayor conductividad que otro, conduce más la electricidad, es decir, permite con mayor facilidad el paso de electrones (todohidroponico.com.)

La conducción o conductividad eléctrica (C.E), es una medida de sales disueltas en una solución. Al ser absorbido los nutrientes por la planta, el nivel de C.E disminuye ya que hay menos sales en la solución. A la vez que la conductividad eléctrica de la solución aumenta cuando se retira agua de la solución mediante los procesos de evaporación y transpiración. Si la conductividad eléctrica de la solución aumenta ésta puede ser disminuida agregando agua pura. Si la conductividad eléctrica disminuye ésta puede ser aumentada añadiendo una pequeña cantidad de solución de nutriente concentrada (www.upbusiness.net)

## **2.12. pH**

El pH es muy importante en cultivo hidropónico debido a que determina la manera como están presentes las diferentes especies iónicas en la solución. A valores de pH diferentes al rango ideal para las plantas, las formas asimilables de los nutrientes cambian y las plantas pierden la habilidad para captar ciertos nutrientes así éstos estén presentes.

El pH recomendado para la plantación de la frutilla en cultivos hidropónicos NFT (Nutrient Film Technique) es de un rango de 5.5- 6.5.

## **2.13. CONTROL DÍA POR MEDIO DE LA SOLUCIÓN NUTRITIVA.**

Al utilizar un sistema manual de control de solución, ésta requiere ser corregida día por medio. Inicialmente se detiene el funcionamiento de la bomba por algunos minutos y se espera que la mayor parte de la solución circulante retorne al estanque colector. Luego se agita la solución y se mide el pH primeramente. Si el pH es superior al valor mínimo del rango óptimo de pH -5,5- se aplica un pequeño volumen de solución ácida a la solución, se

agita profusamente y se mide el pH nuevamente. Esta operación se repite hasta alcanzar el pH deseado.

Luego, se mide el Fc (Factor de conductividad) de la solución por medio del medidor de conductividad eléctrica. Si el valor obtenido es inferior al valor mínimo del rango de conductividad eléctrica, se aplican volúmenes iguales de solución concentrada A y de solución concentrada B, se agita y se vuelve a medir. Si aún el valor de conductividad eléctrica fuese menor al rango requerido, se repite la operación antes explicada. La anotación de los valores de Fc (Factor de conductividad) y pH en todas las lecturas así como las correcciones realizados son muy útiles para evaluar el funcionamiento del sistema.

Durante el cultivo se utilizaron medidores portátiles (de bolsillo) tanto así para la lectura del pH y la conductividad eléctrica los mismos son apreciados en la imagen N°5

**Imagen N°5** Lectores del pH y de la conductividad eléctrica.



**Fuente:** Propia (tanto pH y conductimetro se puede conseguir en la ciudad de Tarija)

## **2.14. Duración y renovación de la solución nutritiva**

La duración de la solución nutritiva está en función de su formulación y los cuidados en su mantención. Si la fórmula contiene altas concentraciones de iones indeseados (sulfatos, carbonatos) la cantidad de elementos nutritivos esenciales puede estimarse a través de la conductividad eléctrica por un período extenso de uso (todohidroponico.com.)

Así, es factible mantener una solución nutritiva en circulación con sólo correcciones frecuentes de conductividad eléctrica y pH por un período 15 días, donde se recomienda realizar el cambio de toda la solución nutritiva, en donde el mismo día sólo se recirculará agua sin nutrientes para extraer cualquier exceso de soluciones que esté perjudicando a la planta (FAO 1990).

## **2.15. EL CULTIVO DE LA FRUTILLA**

### **2.15.1. Generalidades**

La fresa es una planta herbácea, perenne, que crece espontánea en algunas regiones de Europa y América. Pertenece 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 planta. El fruto o fresa es el receptáculo que es verde y al madurar tiene un color rojizo (www.cosechandonatural.com).

## **2.16. PRODUCCIÓN NACIONAL**

En nuestro país de acuerdo a la encuesta nacional agropecuaria (ENA 1997) la superficie cultivada de frutilla fue de 112 ha, encontrándose distribuida la producción en los departamentos de Cochabamba, Santa Cruz, La Paz, Chuquisaca y Tarija.

La producción en nuestro país abarca zonas con condiciones agroclimáticas favorables para su cultivo, tal es el caso del sector oriental con una producción de 25000 kg/ha y en los valles con producciones similares en cuanto al rendimiento (Números de nuestra tierra 1999).

## **2.17. PRODUCCIÓN EN EL DEPARTAMENTO DE TARIJA**

En el departamento de Tarija este cultivo manifiesta en un potencial importante productivo como comercial. Es destacable el comportamiento de algunas variedades en el valle central de Tarija como ser: Oso Grande, Camarosa, Aromas, Albión, Sui Charlie, y otras. Estudios recientes sobre la calidad de la fruta, muestran características organolépticas (sabor y aroma) destacables, en comparación con otras regiones, (FOMIN y FAUTAPO 2012).

En la gestión 2011, la fundación FAUTAPO cofinanciado por el BID/FOMIN, Plan Internacional y Municipio de Cercado, vienen apoyando a los productores para la tecnificación del cultivo implementando sistema de riego por goteo y mulch plástico de cobertura. Las variedades que fueron introducidas desde la república de la Argentina son: Aromas y Albión, (FOMIN y FAUTAPO 2012).

## **2.18. Botánica.**

Según Sudzuky (1985), la frutilla tiene la siguiente clasificación taxonómica.

- Familia: Rosáceas.
- Subfamilia: Rosídeas.
- Tribu: Potentilea.
- Género: *Fragaria*.
- Especie: *ananassa*.

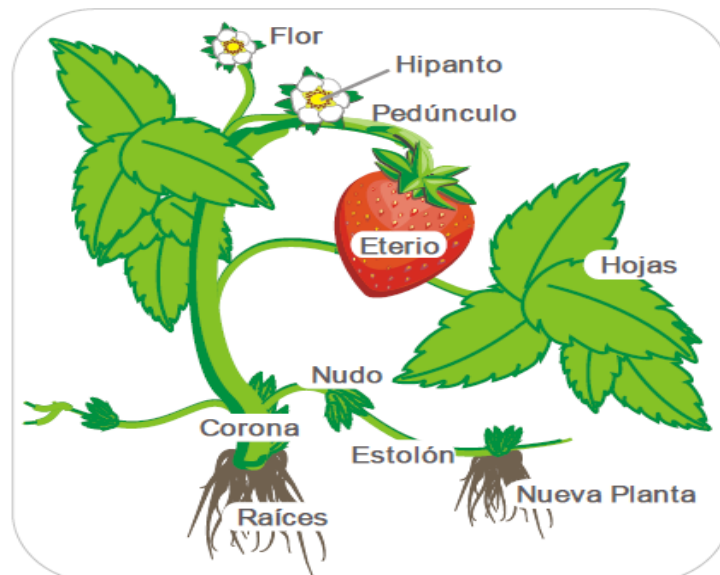
La planta de fresa es de tipo herbáceo y perenne. El sistema radicular tiene dos tipos de raíces; el primero que son largas y las segundas cortas y abundantemente derivadas de las primeras. En una planta bien desarrollada puede haber de 20 a 40 raíces primarias o más y centenares de raicillas o raíces secundarias. Las primeras o raíces primarias presentan cambium vascular y suberoso, mientras que las segundas las raicillas o raíces secundarias carecen de éste, son de color más claro y tienen un periodo de vida corto, de algunos días o semanas, en tanto que las raíces primarias son perennes (ACRES, 1996).

Bajo condiciones favorables, de la base de cada hoja salen de 6 raíces primarias, 3 a cada lado. Sin embargo, si el tallo o corona está muy superficial no hay emisión de raíces. La profundidad del sistema radicular es muy variable, dependiendo entre otros factores, del tipo de suelo y la presencia de patógenos en el mismo. En condiciones óptimas pueden alcanzar los 80cm-1m, aunque lo normal es que no sobrepasen los 40 cm, encontrándose la mayor parte (90%) en los primeros 25 cm.

### 2.18.1. El Destalonado de la frutilla

Los estolones son las guías que emite la planta de frutilla como estrategia de reproducción. Éstos deben ser eliminados para evitar que la planta destine esfuerzos, que debe utilizarlos en mejorar la calidad y tamaño de los frutos. El destalonado debe realizarse por lo menos tres veces durante la temporada de producción, junto con esta práctica se debe eliminar las hojas envejecidas, lo que ayuda al control sanitario. Para eliminar las guías de la planta se utiliza un elemento cortante (cúter o tijera). Todos los restos deben ser retirados del lugar y en lo posible quemados.

**Imagen N°6** Diagrama Morfológico de la Frutilla



Fuente: (es.slideshare.net)

El tallo está compuesto por fragmentos muy cortos; tienden a lignificarse e introducirse en el suelo, a estos fragmentos se los conoce como estolones. Éstas son ramas verdes o rosadas, cilíndricas, algo vellosas, que nacen en las axilas de las hojas y se alargan horizontalmente, tienen nudos de brecho en brecho a partir de los cuales se forman nuevas plantas; un estolón puede dar origen a cuatro o más plantas. La mayoría de las variedades producen estolones, hay algunas no estoloníferas y su multiplicación debe hacerse por macollas (ACRES, 1996).

Las hojas son trifoliadas, lisas o pubescentes, de diferentes tonalidades de verde según la variedad. Los peciolo son largos y delgados, con dos estípulas en la base que los recubren, y un brote para producir un conjunto de hojas, un renuevo o una inflorescencia. Su limbo está dividido en tres folíolos pediculados, de bordes aserrados, tienen un gran número de estomas (300-400/mm<sup>2</sup>), por lo que pueden perder gran cantidad de agua por transpiración (ACRES, 1996).

Las flores, presentan una inflorescencia primaria las cuales salen del tallo terminal, mientras las secundarias proceden de yemas laterales. El pedicelo de la flor es corto y generalmente ramificado como lo de las secundarias. Las flores que aparecen primero usualmente dan fruto de mayor tamaño (ACRES, 1996).

Se distinguen tres tipos de flores:

- Macho o estaminada.
- Hembra o pistilada.
- Perfecta o hermafrodita.

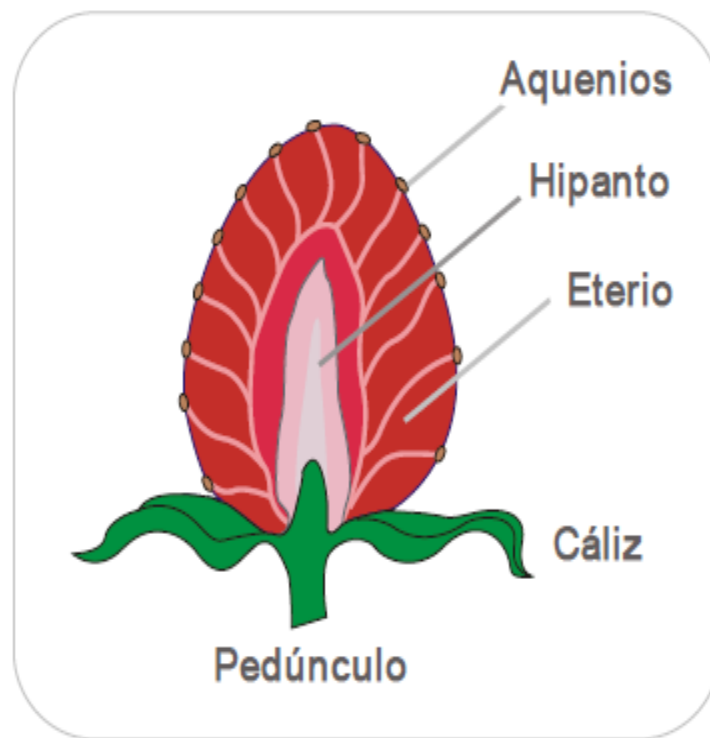
Las únicas variedades que tienen estos tipos de flores son las de las variedades Hexaploides y Octoploides en estado silvestre.

La flor perfecta tiene 5 sépalos, 6 pétalos blancos o amarillos, de 20 a 35 estambres y varios cientos de pistilos sobre un receptáculo carnoso dispuestos en forma espiral. Cada óvulo fecundado da lugar a un fruto de tipo aquenio. El desarrollo de los aquenios, distribuidos

por la superficie del receptáculo carnoso, estimula el crecimiento y la coloración de éste, dando lugar al “fruto” del fresón.

El fruto una vez efectuado la fecundación, los pétalos y los estambres caen; el receptáculo crece, se vuelve carnoso y se llena de agua azucarada así como acidulada. Luego el receptáculo toma un color rosado o rojo vivo, en tanto que los ovarios diseminados en su superficie crecen y forman los frutos verdaderos, que se denominan aquenios y se los localizan en alveolos abiertos en la superficie del receptáculo. Cuando la polinización es defectuosa en algunas partes de la fresa no se forman aquenios y el fruto presenta deformaciones.

**Imagen N°7** Morfología del Fruto



Fuente (Cultivo de frutilla guía práctica 2012)

Erosky (2005), nos explica que las fresas y los fresones son frutas que aportan pocas calorías y cuyo componente más abundante, después del agua, son los hidratos de carbono (fructosa, glucosa y xilitol). Destaca su aporte de fibra, que mejora el tránsito intestinal. En

lo que se refiere a otros nutrientes y compuestos orgánicos, las fresas y los fresones son muy buena fuente de vitamina C y ácido cítrico (de acción desinfectante y alcalinizadora de la orina, potencia la acción de la vitamina C), ácido salicílico (de acción antiinflamatoria y anticoagulante), ácido málico y oxálico, potasio y en menor proporción contienen vitamina E, que interviene en la estabilidad de las células sanguíneas y en la fertilidad. La vitamina C tiene acción antioxidante, al igual que la vitamina E y los flavonoides (antocianos), pigmentos vegetales que le confieren a estas frutas su color característico, (Tovar, 2007).

### **Imagen N°8 Composición química**

#### **Composición por 100 gramos de porción comestible**

Calorías	34,5
Hidratos de carbono (g)	7
Fibra (g)	2,2
Potasio (mg)	150
Magnesio (mg)	13
Calcio (mg)	30
Vitamina C (mg)	60
Folatos (mcg)	62
Vitamina E (mg)	0,2

mcg = microgramos

Fuente: C:\Usuar\Fragaria - Wikipedia, la enciclopedia libre.mht.

## **2.18.2 Principales características y descripción de la variedad de frutillas “Aromas”.**

### **2.18.2.1. Principales características:**

- Excepcional calidad de fruto y excepcional sabor
- Rendimientos superiores a Selva y Oso grande
- Alta resistencia a condiciones meteorológicas adversas

### **2.18.2.2. Descripción.**

Su principal característica es su excepcional calidad de fruta, buen tamaño de fruta (del orden de 24-26 gramos por fruta) y una planta que es más erecta en comparación con las variedades Selva y Oso grande (Inta 2000)

También produce menos frutas pequeñas, con lo que el porcentaje de desecho es menor que en la variedad Selva (Inta 2000)

La apariencia de la fruta de Aromas es comparable o mejor que Selva, esta es roja oscura y es adaptable tanto para el mercado fresco como para procesado.

Aromas es la variedad de día-neutro a elegir cuando son requeridas (Inta 2000)

### **2.18.2.3. Resistencia a enfermedades y plagas**

Aromas es bastante resistente a oídio (powdery mildew), anthracnosis y los virus que atacan a fresas, (Inta 2000)

Si se trata apropiadamente tiene más resistencia que Selva a ácaros. Aroma es moderadamente sensible a Verticillium wilt, por lo que plantas madres de calidad y buena preparación del terreno son fundamentales. Aromas es un poco más tardía (2 o 3 semanas) en iniciar fructificación pero produce más cantidad de fruta de final de estación, (Inta 2000)

## 2.19. MANEJO DEL CULTIVO

Las fresas son frutos del género de plantas *Fragaria*. (Aunque técnicamente el fruto de la planta de fresa es la semilla y el resto es simplemente una especie de soporte). Son muy cultivadas alrededor del mundo debido a su delicioso gusto dulce y su maravilloso sabor (Inuca, 2010).

Las primeras referencias históricas acerca del cultivo de las fresas se encuentran en los escritos de los antiguos romanos como Plinio el Viejo (Cayo), Virgilio (Publio) y Ovidio Nasón que vivieron por los años 19 a 43 a.C. Según tratadistas por los años 1.300 la fresa se sembraba como planta ornamental y como fruto de mesa

En América antes de Cristóbal Colón se sembraba en Chile y de allí fueron llevadas a Europa en 1715 especialmente a Francia algunas variedades dando origen, mediante el cruzamiento, a las fresas cultivadas actualmente; son variedades resultantes de los cruzamientos entre la "*Fragaria Chiloensis*" de Chile y la "*Fragaria Virginia*" de Europa. Las labores de investigación principalmente en los Estados Unidos, han producido muchas variedades las cuales se utilizan (Fuente: <http://edis.ifas.ufl.edu/hs1160>).

La palabra fresa se deriva del nombre Frezier, ingeniero francés que llevó el fruto de Chile a Europa, y el término francés es "Fraise" en Inglaterra se le llamaba "Hayberry" este término pudo degenerar en la actual palabra "Strawberry" (Guerena *et al.*, 2003; Toledo, 2003)

Al contrario de lo que puede parecer, el cultivo casero de fresas hidropónicas no es prohibitivamente difícil. Es cierto que si requiere mucho más cuidado que otras plantas como el tomate pero sin embargo es un proyecto muy gratificante.

Tal vez el paso más difícil en el cultivo de la fresa, es su germinación a partir de semilla ([www.ehowenespanol.com](http://www.ehowenespanol.com)).

Ya que en el cultivo comercial, se reproducen principalmente por propagación directa de una planta madre. Para germinar las semillas de fresa, debemos dejar que la fresa se sobre madure, prácticamente hasta el punto de fermentación ([www.ehowenespanol.com](http://www.ehowenespanol.com)).

Una vez hecho esto, se germinan directamente sobre un sustrato fino y absorbente, ya sea arena fina mezclada con cascarilla u otras mezclas con características físicas parecidas. Después de esto, se espera a la germinación que puede tardar tanto como 4 semanas (www.ehowenespanol.com).

Una vez germinadas las semillas, se procede a trasplantar las plántulas al medio hidropónico preferido. Las fresas crecen bien en tubos de PVC de 4 pulgadas de diámetro pero para instalaciones comerciales es preferible utilizar canastas, bolsas u otros sistemas que aprovechen mejor el espacio obtenido. Las fresas se alimentan con una solución de pH entre 5.8 y 6.2 y se les administra una solución hidropónica genérica de conductividad eléctrica de alrededor de rangos de 1,2 a 3,0 dS/m (740ppm y 1920ppm), (www.ehowenespanol.com).

Probablemente las plantas den frutos entre 45 y 70 días después de haber germinado,

## **2.20. REQUERIMIENTO ECOLÓGICOS**

Se adaptan a los climas a ambientes más diversos desde sub árticos a los subtropicales y desérticos cálidos desde el nivel del mar hasta altitudes elevadas, (Espinoza, 2007).

### **2.20.1. Suelo**

Como la planta de fresa tiene un sistema radicular que en un 80% o más se ubica en los primeros 25 cm del suelo, los suelos para el cultivo de fresa no tienen que ser muy profundos; deben ser livianos, preferiblemente arenosos y con muy buen drenaje. La influencia del suelo, su estructura física y contenido químico es una de las bases para el desarrollo de la fresa (Maroto 1995).

La frutilla se adapta a cualquier tipo de suelo pero tiene mucha preferencia por los suelos con textura franco-arenosa, areno-arcillosa aun en suelos arenoso siempre y cuando se le dé una adecuada humedad así como la suficiente cantidad de materia orgánica (2-3%) para mejorar su estructura. Para el cultivo de frutilla se recomienda un pH entre los 5.5 – 6.5 no tolera suelos alcalinos ni salinos (García 2006).

### **2.20.2. Humedad relativa**

Esta humedad está entre los 60 a 70%, cuando esta es excesiva la planta es susceptible a la presencia de enfermedades causadas por hongos e insectos los cuales causan daños irreversibles a las plantas; mientras cuando es deficiente, las plantas sufren daños fisiológicos que repercuten en la producción y en casos extremos producen la muerte de la planta (Álvarez y Morales, 2007).

### **2.20.3. Fotoperiodo**

Es uno de los factores que condicional la actividad vegetativa de la planta así como la temperatura juega un papel importante el fotoperiodo o duración del día es decir horas luz. Esta hora luz es necesaria para este tipo de cultivo para proceso de inducción floral, fotosíntesis, etc, (Álvarez y Morales, 2007).

### **2.20.4. Agua**

Es un elemento primordial, ya que este cultivo es muy exigente en agua, por tal motivo es necesario un sistema de riego. Se considera por hectárea de 400 – 600mm (4000 a 6000 m<sup>3</sup>) esto dependiendo de la ubicación de la plantación, un signo de la falta de agua puede darse por la baja de productividad, ya que la planta requiere mayor cantidad de agua durante el periodo de floración y en la cosecha (Maroto 1995).

(Folquer 1986), dice que la fresa es un cultivo muy exigente tanto en la cantidad de agua, bien repartida y suficiente a lo largo del cultivo, como en la calidad que presente ésta; presenta gran sensibilidad a la salinidad, no soporta concentraciones de 1 gramo por litro de agua. Se considera que la planta tiene un consumo hídrico de 400 a 900 mm anuales.

### **2.20.5. Climatología.**

Aunque la fresa por su origen prefiere climas fríos, existen cultivos en clima medio de todas maneras por fisiología la planta necesita de un periodo de frío que generalmente es por debajo de 7° C el cual ayuda a un crecimiento vegetativo ordenado y productivo; estos periodos de frío generalmente se hacen con los estolones que se colocan en cuartos fríos y

este periodo va desde los quince días hasta tres meses. La fresa se desarrolla en climas de 10° a 25° C. siendo el clima optimo entre 12° y 18° C. con una precipitación anual entre 700 a 900 mm anuales.

De todas maneras los determinantes climáticos para el cultivo de la fresa a considerar como perjudiciales son las heladas, los vientos fríos y los factores propicios para un buen desarrollo del cultivo son días soleados con periodos de fotoperiodismo de 8 horas y una temperatura media de 15° C y noches frescas; el conjunto de los factores climáticos los podemos corregir considerando el uso de invernaderos o también por el caso de las heladas en cultivos al aire libre se pueden utilizar riegos anti-helada que son generalmente riegos por aspersión a toda la parte aérea de la planta, (García 2006).

Existen accidentes climáticos como el granizo que causa graves daños a las plantas por su consistencia herbácea y el fruto sufre grandes deformaciones por el golpe del granizo, otro de los factores que afectan a la planta son las heladas, las flores de la mayoría, mueren con heladas por debajo de los 2°C, (Fomin y Fautapo 2012).

### 2.20.6. Requerimientos nutricionales de la frutilla

La fresa o frutilla no es muy exigente en fertilizantes, pero estos aplicados oportunamente y en cantidades requeridas aumentan la producción y la calidad de la fresa. Algunos elementos como el Nitrógeno, Fosforo y Potasio son elementos que ingresan a la planta en mayores cantidades por ello son considerados macro elementos. A continuación se da un rango de requerimiento de estos elementos para la frutilla.

Especie	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Zn	Cu	B
	% BMS					ppm				
Frutilla	2,6-3,5	0,2-0,4	1,0-2,0	0,7-1,5	0,2-0,4	90-200	90-500	30-80	5-12	30-200

(Fuente: C:\Users\Usuar\Fragaria - Wikipedia, la enciclopedia libre.mht.).

## **2.21. FITOSANIDAD**

### **2.21.1. Enfermedades infecciosas de la frutilla**

#### **2.21.1.1. Pudrición Café de la Raíz (*Fusarium* sp.)**

"Presenta una coloración café pardusca en las raíces de lo cual produce un desprendimiento de la corteza. Presenta un micelio blanquecino rojizo en las conidias que son la estructura reproductiva" (Fomin y Fautapo 2012).

##### **2.21.1.1.1. Síntomas.**

El más común en el ahogamiento, exceso de agua en el momento de suministrar el riego.

Produce raíces menos desarrolladas y en menor número que las normales.

Raíces necrosadas (muerte de células) lo que produce la muerte de la planta.

##### **2.21.1.1.2. Control.**

El control puede hacerse mediante la aplicación al cuello de la planta como: Captan, Tiabendazol, Carbendazim o metil tiofanato, *Trichoderma* spp.

#### **2.21.1.2. Pudrición roja de la Raíz. (*Phytophthora fragariae*)**

Se manifiesta por pérdida de turgencia de las hojas, retoños y de la planta en general. Desarrollo limitado de la planta. Los frutos permanecen secos o se desecan antes de la maduración. El sistema radicular no posee raíces secundarias, ya que se encuentran en un proceso de descomposición (Álvarez y Morales, 2007).

La pudrición causada por *Phytophthora fragariae* conocida como estela roja, produce enanismo de la planta en los casos severos. En las hojas jóvenes aparece una coloración verde azulada y en las hojas viejas roja, naranja o amarilla. En el ápice de las raíces jóvenes aparece una pudrición que avanza hasta alcanzar las raíces laterales y al cortar la raíz se observa la estela de color rojo (Domínguez 1993).

#### **2.21.1.2.1. Síntomas.**

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

#### **2.21.1.2.2. Control.**

Se tiene que realizar controles preventivos esto debido a que el hongo una vez presente en la planta es muy difícil de erradicar: producto más usado Metalaxyl.

#### **2.21.1.3. Marchitez de la Raíz o Verticilosis (*Verticillium albo-atrum*)**

Es un hongo que sobrevive en el suelo por 8-12 años. Produce un marchitamiento rápido de la planta en época seca.

Ataca a la corona y el tejido cortical (corteza) de las raíces de tal forma que obstruyen los vasos (Álvarez y Morales, 2007).

DOMÍNGUEZ 1993, explica que *Verticillium albo-atrum* las hojas externas de la planta muestran una coloración café oscuro en los márgenes y en el área internerval. Las hojas internas conservan su turgencia y color verde, aunque la planta esté muerta, lo cual la diferencia del ataque de *Phytophthora* sp. En que mueren tanto las hojas jóvenes como las viejas.

#### **2.21.1.3.1. Síntomas.**

- Es la marchitez de las hojas más viejas exteriores;
- Estas tienen un desarrollo anormal.
- Marchitamiento de las hojas en la corona.
- Secamiento, necrosamiento en los márgenes de la hoja

#### **2.21.1.3.2. Control.**

El control se la puede realizar mediante aplicaciones al cuello de la raíz como: Captan, Tiabendazol.

#### **2.21.1.4. Sarna, Antracnosis (*Colletotrichum* sp)**

El fruto presenta una mancha color café blanda lo que produce que la fruta no tenga consistencia y no pueda ser transportada lo que causa una descomposición inmediata del fruto y se vuelve como agua en menos de 12 horas, (Espinoza, 2007).

El control puede hacerse mediante la aspersion de productos como: corbes benomyl, metiltiofanatos.

#### **2.21.1.5. Moho Gris (*Botrytis* sp.)**

Es un hongo que se establece en los pétalos de la flor, los cuales son susceptibles cuando empieza a envejecer y allí se produce un micelio abundante sobre estas.

Su desarrollo se ve favorecido con la alta humedad y bajas temperaturas, puede penetrar en el fruto sin necesidad de heridas y durante la cosecha los frutos sanos pueden ser contaminados con esporas provenientes de otros infestados, (Álvarez y Morales, 2007).

PROEXANT 1993, dice que entre las principales enfermedades que atacan al fruto en la post cosecha esta primeramente la pudrición por *Botrytis* o moho gris causada por (*Botrytis* cinérea) que es la mayor causa de pérdidas post cosecha en fresa. Ya que este hongo continúa creciendo aún a 0°C (32°F), aunque muy lentamente.

##### **2.21.1.5.1. Síntomas.**

Es un hongo que daña el fruto produciendo un ablandamiento, y cuando es muy severo se cubre completamente con vello gris.

El control se hace con productos como los triazoles, como el difeconazol o propiconazol.

## **2.21.2. Enfermedades no infecciosas de la frutilla.**

### **2.21.2.1. Cara de Gato o deformación de la fruta.**

Daños por heladas que afecta a flores y fruto mala polinización, deficiencia nutricional.

### **2.21.2.2. Albinismo.**

La fruta se presenta moteada rosada y blanca la causa puede ser un rápido crecimiento anormal por nitrógeno, problemas climáticos.

## **2.21.3 Plagas.**

### **2.21.3.1. Trips (*Frankliella occidentalis*.)**

Atacan a flores y frutos asoman en tiempos secos con temperaturas altas producen un raspado que dañan las hojas, flores y fruto por donde hacen dañan y por allí permiten el ingreso de enfermedades. Controles con acefato, endosulfan, metomyl y otros (Álvarez y Morales, 2007).

### **2.21.3.2. Pulgones (*Aphis* sp.)**

Se identifican por su ubicación en el envés de las hojas y el daño ocasiona deformación de brotes y hojas. Este daño causado es por succión de la savia, detienen el crecimiento de la planta lo más importante es que son los transmisores de virus en las plantas, el control puede hacerse con metomyl, endosulfan, tiamethoxam.

### **2.21.3.3. Ácaros (*Tetranychus* sp.)**

Se encuentra en el envés de las hojas como puntitos rojizos con presencia de telarañas, las cuales producen amarillamiento en las plantas en fuertes ataques. Su control es con acaricidas (Mabel, 1999).

#### 2.21.4. El principal ataque durante el cultivo.

Se observó la presencia de (*Fusarium* sp) durante el cultivo con sus síntomas característicos: coloración negruzca de las raíces de la planta, ausencia de raicillas nueva (Imagen N°9).

El control fue realizado a base de tricodamp (fungicida biológico), donde se pudo evidenciar que la planta tratada con este fungicida tiene un alto nivel de recuperación (Imagen N°9).

El tratamiento fue aplicado tanto en la parte superior de la planta, (hojas) como así también en la parte inferior (raíces).

**Imagen N°9** Se aprecia el ataque de *Fusarium* sp, el controlador y el resultado



Fuente: Propia (Tricodamp: fungicida natural)

## **2.22. COSECHA.**

“Se la realiza luego de 30 a 40 días después de la floración cuando los frutos han adquirido la coloración típica de las variedades, por lo general deben conservarse el cáliz y el pedúnculo. La recolección se la realiza de forma manual se la coloca en una caja, jaba o canastilla de plástico en el caso de ser entregada a los supermercados los otros dos recipientes tienen un proceso adicional, el cual se los llevan a otro sitio para su clasificación”, (Castellanos, 1994).

ALSINA 1984, manifiesta que debe empezarse a manejar la fruta desde antes de su formación y su desarrollo, para que llegue en buenas condiciones a la cosecha. Una fruta de fresa cosechada en plena maduración y mantenida a temperatura ambiente, se deteriora en un 80% en sólo 8 horas. Por esto debe cosecharse, entre 1/2 y 3/4 partes de maduración y ponerse lo más rápidamente posible en cámaras frías (0-20°C). La selección de la fruta se hace de acuerdo con el mercado al que se dirige, lo mismo que el empaque.

## CAPÍTULO III

### MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. LOCALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.

##### 3.1.1. Ubicación General.

El presente trabajo de investigación fue realizado bajo un invernadero del barrio La Loma, que se encuentra ubicada en la ciudad de Tarija, pertenece a al municipio de Cercado, limita: Al norte con la provincia Eustaquio Méndez Arenas. Al sur con las provincias Avilez Arce. Al este con las provincias Francisco Burnett O'Connor. Al oeste con la provincia Eustaquio Méndez Arenas.

(en.wikipedia.org/.../File:Bolivia\_Tarija\_José\_María\_Avilés.png)

**Imagen N°10** Ubicación satelital del lugar de trabajo



Fuente: [http://www.guiarte.com/mapas-destinos/satelite\\_poblacion\\_tarija.html](http://www.guiarte.com/mapas-destinos/satelite_poblacion_tarija.html)

### 3.1.2. Ubicación Geográfica.

**Cuadro N° 1: Coordenadas geográficas**

Municipio	Provincia	Latitud Sud		Longitud Oeste		Km <sup>2</sup>	Población	Departamento	Altitud
		Coordenadas							
		De:	A:	De:	A:				
Uriondo	Cercado	21°32'00"	21°48'00"	64°13'00"	65°00'00"	2.078	153.457 habitantes	Tarija	1.849 m.s.n.m

Fuente: IGM-Elaboración Propia ([www.redpizarra.org/Tarija/DatosGenerales](http://www.redpizarra.org/Tarija/DatosGenerales)).

## 3.2. CARACTERÍSTICAS DE LA ZONA DE INFLUENCIA.

### 3.2.1. Clima.

#### 3.2.1.1. Temperatura.

La temperatura media oscila alrededor de 17.8 ° C, con máximas extremas que sobrepasan los 26°C en verano y mínimas de hasta -9.6 ° C en invierno. La localidad de Cercado se caracteriza por tener un clima templado, semiárido.

#### 3.2.1.2. Precipitación.

La precipitación media anual es de 605.2 mm, el 85% de la precipitación está concentrada en los meses de Noviembre a Marzo, existiendo un 90 % de probabilidad que las precipitaciones no sean mayores a los 630 mm y un 50 % de que no sean mayores a 550mm.

#### 3.2.1.3. Velocidad y dirección de los vientos.

La velocidad promedio anual es de 6.0 km/h, estos se presentan con mayor intensidad de agosto a diciembre.

La dirección de los vientos son hacia el SE (Sur-Este) los mismos no toman otra dirección durante el año.

#### **3.2.1.4. Humedad Relativa.**

La humedad relativa media es de 59.4%,

En general se presenta una humedad relativa alta en verano y baja en otoño e invierno y los meses más húmedos son febrero y marzo que en promedio tienen 73% de humedad relativa.

#### **3.2.1.5. Evaporación.**

La evaporación media diaria es de 4.41 mm. Bajando este promedio los meses de invierno y elevándose en los meses de verano.

La evapotranspiración calculada por el método del tanque evaporímetro Tipo "A" basándose en los datos de evaporación alcanza los 1.287 mm/año.

#### **3.2.1.6. Radiación solar.**

Alcanza un valor promedio de 406.8 cal/cm<sup>2</sup>/mes, alcanzando los meses de invierno 150cal/cm<sup>2</sup>/mes en verano.

La insolación (horas de brillo solar), se tiene un promedio en agosto el valor más alto 8.1 horas y el más bajo en enero con 5.1 horas

#### **3.2.1.7. Suelos.**

Los suelos de acuerdo a la geomorfología, en la parte de Cercado, son moderadamente desarrolladas, moderadamente profundo a profundo, con moderadas y fuertes limitaciones por erosión, originados a partir de sedimentos fluvio lacustre, aluviales coluviales,

Fuente: (Codetar, 1993).

### **3.2.1.8. Vegetación.**

La vegetación natural corresponde a la vegetación arbustiva semi seca y vegetación secundaria degradada y de poca cobertura, formando estados arbustivos y herbáceos. Las principales especies nativas son el churqui, algarrobo, molle, jarca, chañar, chilca, tusca, tola y otras.

### **3.2.1.9. Agricultura.**

Se desarrolla, bajo dos formas de explotación: a temporal o secano y bajo condiciones de riego. En las áreas de secano los cultivos más difundidos son el maíz para choclo y grano, papa, arveja, col de brúcelas, tomate, duraznos, manzanos, frutilla, arándano, etc.

## **3.3. LOCALIZACIÓN DEL SITIO DE TRABAJO.**

El trabajo estuvo instalado dentro un invernadero ubicado en el barrio La Loma.

El lugar reúne todas las condiciones básicas necesarias para poder realizar la producción del cultivo de frutilla bajo un sistema hidropónico.

## **3.4. MATERIALES.**

Para la elaboración del cultivo hidropónico se utilizó los siguientes materiales:

### **3.4.1. Materiales de campo.**

- Pala. Palos.
- Pico. Machete.
- Taladro. Estacas.
- Martillo Cable
- Tornillos Enchufes
- Clavos Focos

### **3.4.2. Materiales a ser usar para la elaboración del cultivo hidropónico.**

#### **3.4.2.1 Tubos de PVC.**

Estos no necesitan ser de características especiales, teniendo en cuenta de conseguir usados y con las medidas se adoptarán los mismos para reducir gastos, estos tubos asumirán una medida de 4 pulgadas (pul) y una longitud de 4 metros de largo, su función ejercer como sostén o anclaje de la planta, en cuenta del suelo. Por estos tubos recircularan las soluciones nutritivas que desembocarán en el tanque colector donde previamente se prepara la solución.

#### **3.4.2.2 Plantines (estolones).**

Fueron obtenidas por productores del departamento, éstas una vez armado y constituido el lugar en donde se desarrolló el cultivo, se procedió a la extracción de las plantas madres (estolones) los mismos que previamente estuvieron desarrollándose en campo, para ser introducidas en el trabajo recibirán la respectiva desinfección (fungicida preventivo, esto evitará cualquier ataque fúngico al sistema radicular).

Se procedió a dejar los plantines durante dos horas con una solución de tricodamp, el mismo que es considerado como un Fungicida Biológico, dicho producto no causa ninguna reacción con relación a las soluciones nutritivas utilizadas.

- **Controla**

Sclerotium, Phitium, Botrytis, Phytophthora , Roya, Alternaría, Fusarium, Mocrofonina y damping off.

- **Dosis**

50cc/20litros de agua

#### **3.4.2.3 Tanque colector.**

Los tachos cuentan con una capacidad de 50 litros, la ubicación está fijada en un solo punto en donde tiene la entrada y salida la solución que atraviesan los tubos de PVC, dando origen a la metodología del cultivo recirculante.

#### **3.4.2.4 Mangueras y bombas de agua.**

Para las medidas de las mangueras, se consideraron la distancia del tanque colector a la cabecera del tubo por donde entrarán los nutrientes.

Las bombas que se manejaron son más conocidas en el medio local como bombas para fuente o peceras, las mismas tienen una capacidad de 2 litros por minuto.

#### **3.4.2.5 Nutrientes.**

Las fórmulas que se manejaron tienen como características ser especiales para el cultivo de frutilla (*Fragaria ananassa*). Los mismos fueron diluidos en 40 litros de agua para incorporarlo al cultivo en el momento requerido, la tolerancia de la solución en el cultivo constó por un análisis tanto de pH como de la conductividad eléctrica (c.e.). Este análisis que se tomó a la solución cada dos días, con el objeto de levantar lecturas y realizar correcciones según necesidades expresadas.

#### **3.4.2.6 Agua.**

El cultivo hidropónico como es el caso requiere de agua, en este caso es de principal preferencia que sea potable puesto que las mismas son aconsejables para este tipo de cultivo (raíz flotante), la misma no debe contar con una elevada conductividad eléctrica, es indispensable tomar nota de los pH que se requieren junto con los nutrientes, en casos muy ácidos o muy básicos se deben reducir o aumentar los pH.

### **3.5 METODOLOGÍA.**

El diseño experimental para determinar el comportamiento de una variedad de frutilla, (variedad Aromas) en tres niveles de fertilización, será bloques completamente al azar con 3 tratamientos y 3 repeticiones, haciendo un total de nueve unidades experimentales.

### 3.5.1.- Características del diseño

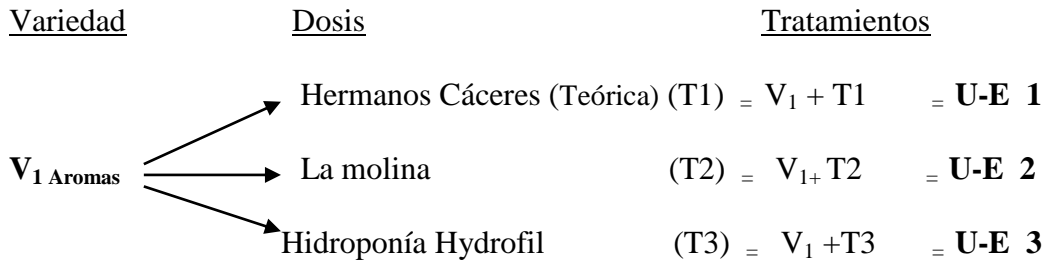
**Cuadro N° 2: Características del diseño**

Tratamientos	Fertilizante	Componente del Fertilizante	Dosis Fertilizante para (40litros de agua)		
			A	B	C
T <sub>1</sub> testigo	Hermanos Cáceres	A – B– C	160 ml	160 ml	160 ml
T <sub>2</sub>	La Molina	A – B	200 ml	80 ml	
T <sub>3</sub>	Hydrofil	A – B	64gr	16gr	

### 3.5.2.- Descripción de los Tratamientos

Cada uno de los tratamientos y sus niveles respectivos a estudiar se describen a continuación:

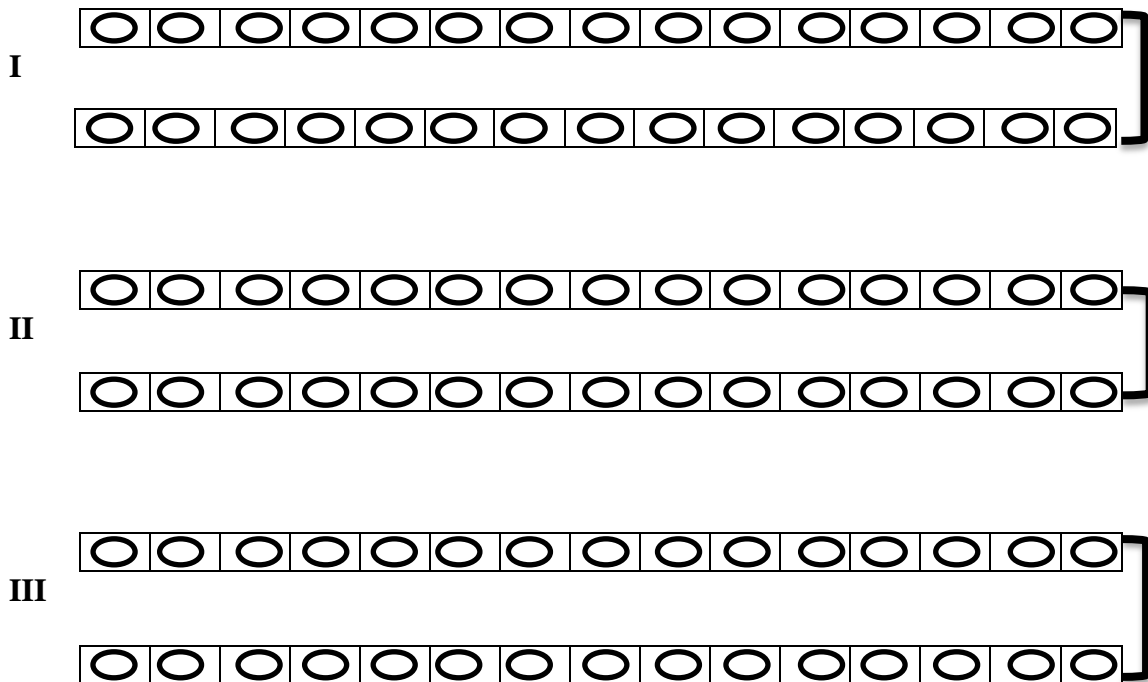
Variedades (V)	Unidad Experimental (U-E)	Dosis
	(U-E 1)	Hermanos Cáceres
V <sub>1</sub> aromas	(U-E 2)	Hidroponía La Molina
	(U-E 3)	Hidroponía Hydrofil



### 3.5.3.- Diseño de campo.

- Tubos de PVC: 4 m de largo y de 4 pulg
- Distancia de plantación: 0,25 m. p/p x 0.15 m t/t

m	metros
pulg	pulgadas
p/p	planta a planta
t/t	tubo a tubo



Fuente: Elaboración propia (2015)

### **3.6. SELECCIÓN DEL LUGAR.**

Para realizar la selección del sitio del trabajo. Primero se realizara un reconocimiento y evaluación de la zona, el lugar que se escogió para realizar el presente trabajo se encuentra dentro el área urbana de la ciudad de Tarija.

#### **3.6.1. Ubicación de la instalación.**

##### **3.6.1.1 Consideraciones generales a tomarse en cuenta en la tesis**

- Que disponga de un mínimo de seis (6) horas de luz solar, directa en el día.
- Que se encuentre esté próximo a la fuente de suministro de agua.
- Que no esté expuesto a vientos fuertes.
- Que esté próximo al lugar donde se preparan y guardaran los nutrientes hidropónicos.
- Que no sean lugares excesivamente sombreados por árboles o construcciones.
- Que permita ser protegido para evitar el acceso de animales domésticos.

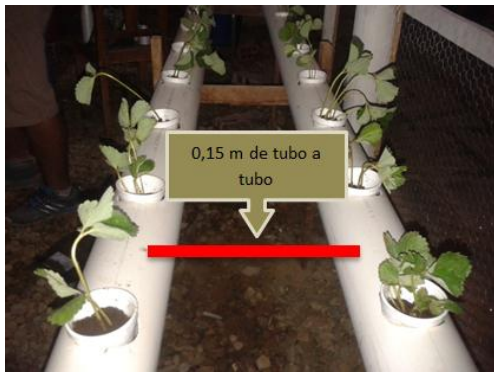
**(FUENTE: Christian Castillo Rivas)**

#### **3.6.2. Elaboración del cultivo hidropónico de la frutilla.**

La metodología de siembra sobre los tubos de PVC mencionados anteriormente con sus dimensionamiento se los observa (Imagen N°11), los que servirán en este caso como el anclaje para la planta, la dimensión de siembra es 0.25 m de planta a planta, el ancho dado por los 0.15 m que abra de tubo a tubo (entre línea) y 1 m de altura, los tubos estarán completamente nivelados quedando solo en desnivel la conector de salida.

También cabe mencionar que este cultivo estará dentro de un invernadero abierto para evitar un danos causados ya sea por las fuertes lluvias como así también las granizadas presentes en algunas épocas del año.

## Imagen N° 11 Metodología de siembra



### 3.6.3. Limpieza del terreno y preparación del lugar.

La limpieza del terreno se realizará manualmente, con el objetivo de beneficiar a la Fito sanidad del cultivo, como así también para el armado de la estructura que permita la mejor adaptación del cultivo a la zona.

El material vegetal está sujeto a ser introducido una vez que se haya armado totalmente el lugar de trabajo, los materiales vegetales serán provenientes de comunarios de la zona de Coimata, puesto que los mismos son productores de la frutilla, (variedad aromas) con la que se pretende realizar el proyecto.

### 3.7. PREPARACIÓN DEL TRABAJO.

#### 3.7.1. Armado de la Unidad Experimental 1 (U-E 1)

Para el armado de la (U-E 1) se utilizó el siguiente material:

- 6 tubos de PVC de 4 pulgadas (4 m de largo).
- 3 tubo de PVC de 4 pulgadas (0.15 m de largo).
- 3 tapas de tubo para PVC de 4 pulgadas.
- 90 plantas de frutilla variedad aroma.
- Tubo pequeño para salida (drenaje).

- 3 cabeza poder de fuente, para el bombeo de agua con solución.
- 9 codos para tubos de 4 pulgadas.
- 90 vasos desechables.
- Estructura de aluminio y maderas para los sostenes de los tubos de PVC.
- Tanque contenedor de los nutrientes (45 litros).
- Solución hidropónica Hermanos Cáceres

**Cuadro N° 3: Solución hidropónica hermanos Cáceres.**

COMPUESTO:	% POR COMPUESTO	CANTIDAD EN GRAMOS:
A 1.Nitrato potasio	13.5% N, 46% K <sub>2</sub> O	270 gramos
A 2.Fosfato monoamónico	12% N, 60% P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	80 gramos
B1. Sulfato de potasio	50% K <sub>2</sub> O, 18% S	60 gramos
B2. Sulfato de magnesio	16% MgO, 13% S	210 gramos
B3. Fertilom combi 1		13 gramos
B4.Poliquel hierro		7 ml
C 1.Nitrato de calcio	15.5% N, 26% CA	450gramos

*Soluciones hidropónicas (Los datos sirven para preparar 45 litros de solución hidropónica (hidroponía fil)*

**3.7.1.1. Preparación de la Unidad Experimental 1(U-E 1)**

- **Primer paso**

Se procedió a hacer el preparado de los tanque contenedores de 45 litros con agua (potable filtrada) y a través de la teoría los cálculos de los macro y micro nutrientes, mantenido la dosis de la teoría para los nutrientes.

- **Segundo paso**

Se colocó las cabezas poder de fuente con sus respectivas mangueras para el bombeo del agua junto con las soluciones preparadas.

- **Tercer paso**

Se colocó en marcha el bombeo, lo recomen dable en la teoría es un tiempo máximo para la renovación total de nutrientes de 15 días.

- **Cuarto paso**

Se tomaron las lecturas cada dos días tanto de pH, CE (conductividad eléctrica).

### **3.7.2. Armado de la Unidad Experimental 2 (U-E 2).**

Para la elaboración de (U-E 2) se manejó la siguiente proporción de materiales:

- 6 tubos de PVC de 4 pulgadas (4 m de largo).
- 3 tubo de PVC de 4 pulgadas (0.15 m de largo).
- 3 tapas de tubo para PVC de 4 pulgadas.
- 90 plantas de frutilla variedad aroma
- Tubo pequeño para salida (drenaje).
- 3 cabeza poder de fuente, para el bombeo de agua con solución.
- 9 codos para tubos de 4 pulgadas.
- 90 vasos desechables.
- Estructura de aluminio y maderas para los sostenes de los tubos de PVC.
- Tanque contenedor de los nutrientes (45 litros).

**Cuadro N° 4: Solución hidropónica La Molina (Perú)**

<b>COMPUESTO:</b>	<b>% POR COMPUESTO</b>	<b>CANTIDAD EN GRAMOS:</b>
Nitrato de potasio	13,5%N, 45% K <sub>2</sub> O	550
Nitrato de amonio	33% N	230
Superfosfato triple de calcio	45% P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	180
Sulfato de Magnesio	16% MgO, 13%S	220
Sulfato de potasio	50% KO	120
Quelato de hierro	6% Fe	25
micronutrientes		9.5

*Los datos en gramos sirven para preparar 1000 L. de solución (la Molina)*

### **3.7.2.1. Preparación Unidad Experimental 2 (U-E 2)**

- **Primer paso**

Se procedió a hacer el preparado de los tanque contenedores de 45 litros con agua (potable filtrada) y a través de la teoría los cálculos de los macro y micro nutrientes, se efectuó la preparación, posterior mezcla de los nutrientes dentro el tacho colector.

- **Segundo paso**

Se instaló la cabezas poder de fuente, con sus respectivas mangueras para el bombeo del agua, junto con las soluciones que fueron preparadas.

- **Tercer paso**

Se puso en marcha el bombeo, lo recomen dable en la teoría es un tiempo máximo para la renovación total de nutrientes de 2 semanas (15 días).

- **Cuarto paso**

Se leió cada dos días tanto de pH, CE (conductividad eléctrica.)

Este procedimiento de las cuatro etapas tuvo una duración dentro del ciclo de vegetativo de la frutilla.

### **3.7.3. Armado de la Unidad Experimental 3 (U-E 3).**

La elaboración de la (U-E 3) se destinó el siguiente material:

- 6 tubos de PVC de 4 pulgadas (4 m de largo).
- 3 tubo de PVC de 4 pulgadas (0.15 m de largo).
- 3 tapas de tubo para PVC de 4 pulgadas.
- 90 plantas de frutilla variedad aroma
- Tubo pequeño para salida (drenaje).
- 3 cabeza poder de fuente, para el bombeo de agua con solución.
- 9 codos para tubos de 4 pulgadas.
- 90 vasos desechables.
- Estructura de aluminio y maderas para los sostenes de los tubos de PVC.
- Tanque contenedor de los nutrientes (45 litros).

**Cuadro N° 5: Solución hidropónica HYDROFIL (Argentina)**

<b>COMPUESTO:</b>	<b>% POR COMPUESTO</b>	<b>CANTIDAD EN GRAMOS:</b>
Nitrato calcio  (Ca <sub>3</sub> NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	43,90%	15,5 % N; 10% Ca 34,2% CaO
Nitrato de Potasio (NO <sub>3</sub> K)	21,20%	13,8% N, 37% K, 46,6% CaO
Sulfato de Magnesio (MgSO <sub>4</sub> )	19,10%	8,3% N, 16,4% MgO
Sulfato de Amonio (SO <sub>4</sub> (NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> )	0,50%	21% N, 24% S
Fosfato Monopotásico (KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> )	14,30%	35,8% K <sub>2</sub> = 51,1 P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
Micronutrientes (Fe*, Mn*, B, Cu*, Zn*, Mo y Co)	1,00%	

*Los datos sirven para preparar 100litros de solución (hidroponía hydrofil)*

### **3.7.3.1. Preparación Unidad Experimental 3 (U-E 3)**

- **Primer paso**

Se realizó el preparado de los tanque contenedores de 45 litros con agua (potable filtrada) y a través de la teoría los cálculos de los macro y micro nutrientes.

- **Segundo paso**

Se instaló la cabezas poder de fuente, con sus respectivas mangueras para el bombeo del agua, junto con las soluciones que fueron preparadas.

- **Tercer paso**

Se puso en marcha el bombeo lo recomendable en la teoría es un tiempo máximo para la renovación total de nutrientes de 2 a 3 semanas.

- **Cuarto paso**

Se procedió a la lectura cada dos días tanto de pH, CE (conductividad eléctrica.)

### **3.8. Variables a ser evaluadas, durante el proceso del cultivo.**

#### **3.8.1. Grados bryx**

Sirven para determinar el cociente total de sacarosa o sal disuelta en un líquido; es una medida de la concentración de azúcar en una disolución. Una solución de 25 °Bx contiene 25 g de azúcar (sacarosa) por 100 g de líquido.

Dicha prueba será tomada en la etapa de cosecha.

#### **3.8.2. Altura de la planta**

La altura de planta se la considera como la distancia de medida comprendida entre la parte basal de la corona hasta el ápice de la hoja; los datos se tomaron de 10 plantas al azar de cada unidad experimental a partir de los 30 días y a la cosecha de iniciado el ensayo, la unidad de medida se determinaron en centímetros.

- **Días a la cosecha**

Se contó el número de días transcurridos desde el trasplante hasta cuando el 80% de las plantas estuvieron con flores.

- **Días a la cosecha**

Se contó el número de días transcurridos desde el trasplante hasta cuando el 80% de las plantas estuvieron en producción.

#### **3.8.3. Número de flores por planta y por tratamiento. (NF)**

Se tomaron de 10 plantas al azar de cada unidad experimental a los 120 días donde se dejó la flor para su fructificación. Cuando todas las flores estaban abiertas.

#### **3.8.4. Numero de frutos por planta y por tratamiento.**

Se contabilizara a la cosecha en 7 plantas al azar de cada unidad experimental en la cosecha.

#### **3.8.5. Rendimiento en Kg. por planta y por tratamiento.**

Se pesó los frutos cosechados por planta y por tratamiento, la cosecha se realizó en tres épocas, clasificando y midiendo el diámetro de los frutos.

#### **3.8.6. pH.**

Necesario para el desarrollo del cultivo hidropónico es de un 5.5 a 6.5. Los valores extremos perjudican la actividad del desarrollo del cultivo.

#### **3.8.7. Conductividad Eléctrica (C.E)**

Estos serán medidos tomando en cuenta su importancia ya descrita el rango más aceptado es de 1,5mmhos/cm o 740 pmm.

## CAPÍTULO IV

### ANÁLISIS DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

#### 4.1. ANÁLISIS

El sistema de cultivo que se desarrolló durante la campaña estudiada, fue en un invernadero, situado en el en barrio La Loma (Casa particular), que se encuentra ubicada en la ciudad de Tarija. El sistema utilizado fue de tipo suspendido y cerrado, es decir, recirculaba la solución nutritiva. El invernadero fue construido tradicionalmente, de palos, estructura metálica y con cubierta plástica; concretamente se utilizó polietileno térmico transparente (agrofil) de 200  $\mu\text{m}$  (micrones) de espesor. Con control climático de la temperatura y humedad relativa en el interior, mediante la apertura de todos los laterales.

El sustrato utilizado fue de tres tipos: Cáscara de Arroz con Arena, Humus de lombriz y Esponja, cuya función principal es la de anclar a la planta dentro de los vasos que irán en los orificios de los tubos cuyas dimensiones fueron: 4 pulgadas de diámetro, una longitud de tubo a tubo de 15 cm, 4 metros de largo y 100 cm de altura. Los tubos de PVC, se colocaron sobre soportes de aluminio y madera que eran suspendidos a una altura de 1 m. del suelo en el invernadero.

El sustrato fue llenado hasta la corono de la planta ya que si supera la misma y sumado a la humedad pudre a la planta. De los tres sustratos el mejor fue el de Cáscara de Arroz y arena (foto comparativa anexo: Imagen sustratos utilizados para el anclaje de la planta) y el de esponja ya que éstos no presentan problemas de humedad y apoyaron el buen desarrollo de la planta en cambio el Humus de lombriz permanece más húmedo, causando problemas fitosanitarios (*Fusarium sp*), que al no tener un buen control deriva en la muerte de la planta.

La plantación fue efectuada, en las misma fecha para el cultivo convencional (10 de agosto de 2.014). La densidad de plantación en este sistema fue de 133.333 plantas/ ha, ya que se colocaron 2 filas de plantas por línea de cultivo, con una distancia entre plantas de 25 cm, es decir, 4 plantas por metro lineal, un total de 30 plantas por

tratamiento. La distancia entre el centro de dos líneas de cultivo consecutivas fue de 0.15 m.

Las variables estudiadas fueron las siguientes:

## 4.2. DISCUSIÓN

Se determinó como la producción total acumulada, la suma de las producciones de 1ª y 2ª categoría, hasta el 12 de enero de 2015. Se expresó en kg/ha. En cada una de las recolecciones (3º recolecciones desde la plantación), se separaron dos categorías de frutos, una primera formada por los frutos de más de 18 mm de diámetro, incluyendo las categorías Extra “I” recogidas sobre la calidad para fresas destinados al mercado; y otra segunda incluyendo la categoría “II”, recogida en la misma orden, constituida por frutos que presentan un diámetro menor de 18 mm. La recolección se realizó manualmente, colocando cada categoría de frutos en envases separados, para proceder posteriormente a su pesado.

**Cuadro N° 6: Periodos de Recolección según tratamientos**

TRATAMIENTOS	PERIODO DE RECOLECCIÓN			NUMERO DE FRUTOS COSECHADOS POR TRATAMIENTO
	1º RECOLECCIÓN	2º RECOLECCIÓN	3º RECOLECCIÓN	
Hermanos Caceres (Argentina)	14/10/2014	25/11/2014	09/01/2015	279
La Molina	12/10/2014	28/11/2014	12/01/2015	293
HydroFil (Argentina)	11/10/2014	27/11/2014	10/01/2015	309

*Fuente elaboración propia (2015)*

Se determinó como la producción comercial (1ª y 2ª categoría) acumulada hasta el final del periodo de recolección, los datos se expresan en el siguiente cuadro en kg/ha.

**Cuadro N° 7: Producción total por Hectárea y por tratamiento  
Kg/Ha**

<b>VARIEDAD</b>	<b>TRATAMIENTOS</b>	<b>PRODUCCION TOTAL</b>
Variedad Aromas	Hermanos Cáceres (Argentina)	193.750,00
	La Molina	195.333,33
	HydroFil (Argentina)	183.928,57

*Fuente elaboración propia (2015)*

#### 4.2.1. Determinación sensorial y características organolépticas de Frutos:

Se observó y se realizó una degustación (cata) de frutos, determinándose que los frutos en todos los tratamientos, presentaron mayor color, aroma y sabor (típicos de la variedad), respecto al periodo de recolección de los frutos.

**Imagen N°12** Frutos variedad Aromas



**T<sub>1</sub> Testigo: Hermanos Cáceres**



**T<sub>2</sub> Hidroponía La Molina**



**T<sub>3</sub> Hydrofil (Argentina)**

#### 4.3. CONTENIDO EN SÓLIDOS SOLUBLES (GRADOS BRUX DE LA FRUTA).

El contenido en sólidos solubles se determinó tres veces a lo largo de la campaña. Dicha determinación se realizó sobre una muestra de 250 g de fruto por tratamiento, que previamente era homogeneizada con licuadora obteniéndose un puré sobre el cual se realizaba la determinación. Las fechas de los tres muestreos realizados durante la campaña fueron: 11 de octubre de 2.014, 25 de noviembre 2.014 y 9 de enero de 2.015. El contenido en sólidos solubles se expresó en grados brix (°brix) y como media de los muestreos realizados, se presenta en el siguiente cuadro:

**Cuadro N° 8: Valores de los grados Brix en los frutos de Frutilla, para los diferentes tratamientos**

TRATAMIENTOS	VALORES DE GRADOS BRUX EN LOS FRUTOS			MEDIA DE GRADOS BRUX
	1º Muestreo	2º Muestreo	3º Muestreo	
Hermanos Caceres (Argentina)	8,5	8,5	9	8,7
La Molina	7	8,5	7	7,5
HydroFil (Argentina)	7,5	8	7	7,5

*Fuente Elaboración Propia (2015)*

Un mayor contenido en sólidos solubles en fresa les confiere una mayor calidad organoléptica (Alavoine y Crochon, 1989; Montero et al., 1996), además, los azúcares son los principales compuestos solubles en los frutos de fresa (Perkins, 1995), siendo la sacarosa, fructosa y glucosa los que se encuentran en mayor proporción y determinan, en mayor medida, los grados brix (Hidekazu, 2002; Hamano et al., 2002). En este sentido el tratamiento Testigo Hermanos Caceres (Argentina) es la que muestra mayor grado brix (8.7), en sus frutos.

**Imagen N°13 Brixometro de laboratorio**



*Fuente Elaboración Propia (2015)*

#### 4.4. ALTURA DE LA PLANTA

En el siguiente cuadro, se presentan los valores medios de la altura de la planta, por cada tratamiento y repeticiones correspondientes. Al Analizar el ordenamiento de medias (Cuadro N° 9.) para la variable Altura de Plantas a los 45 Días podemos determinar que entre los tratamientos y repeticiones existe poca variación. Dentro de los tratamientos con mejor altura de plantas a los 45 días después del trasplante fue T<sub>2</sub> (La molina con una altura media de 10.62 cm (variedad Aromas con 133333 plantas/ha.).

**Cuadro N° 9: Tamaño de las plantas (cm)**

VARIEDAD	TRATAMIENTOS	REPETICIONES			SUMATORIA	MEDIA
		I	II	III		
Variedad Aromas	Hermanos Caceres (Argentina)	10,37	10,37	10,60	31,33	10,44
	La Molina	10,54	10,72	10,62	31,87	10,62
	HydroFil (Argentina)	8,59	10,37	10,72	29,68	9,89
<b>SUMATORIA</b>		29,50	31,45	31,93	<b>92,88</b>	
<b>MEDIA</b>		9,83	10,48	10,64		

*Fuente Elaboración Propia (2015)*

Luego de realizado el Análisis de Varianza para la variable Altura de Planta a los 45 Días, (Cuadro N°10.) determinamos que no existe diferencia significativa entre Tratamientos, Repeticiones, Factor variedades (A), Factor densidades (B), por lo que podemos afirmar que los tratamientos son estadísticamente iguales.

**Cuadro N° 10: ANOVA para el tamaño de las plantas**

CAUSAS	GRADOS DE LIBERTAD (G.L.)	SUMA DE CUADRADOS (S.C.)	CUADRADO MEDIO (C.M.)	F. CALCULADO	F. TABULADO (0,5)	F. TABULADO (0,1)
<b>BLOQUES</b>	2	1.11	0.55	1.440	<b>3.64</b>	<b>5.7</b>
<b>TRATAMIENTOS</b>	2	0.87	0.44	<b>1.136</b>		
<b>ERROR A</b>	4	1.54	0.38			

### Imagen N° 14 Medición altura de la planta



Fuente propia (2015)

#### 4.5. DÍAS A FLORACIÓN

Para conocer cuál de los tratamientos produjo mejores resultados en cuanto a esta variable procederemos a realizar un ordenamiento de medias, cuyos valores se presenta en el cuadro N° 11 cuyo media general a los días de floración es de 56 días. Del análisis del ordenamiento de medias para la variable Días a la Floración, los rangos de diferencia son muy cercanos entre sí, razón por la cual no acusa diferencia. El tratamiento que menor tiempo produjo a la floración es T1 (variedad Aromas con 133333 plantas/ha), mientras que T3 produjo la respuesta más tardía con 58 días a la floración.

**Cuadro N° 11: Días a floración**

VARIEDAD	TRATAMIENTOS	REPETICIONES			SUMATORIA	MEDIA
		I	II	III		
Variedad Aromas	Hermanos Caceres (Argentina)	52	54	55	161	54
	La Molina	56	56	56	168	56
	HydroFil (Argentina)	56	56	61	173	58
<b>SUMATORIA</b>		164	166	172	<b>502</b>	
<b>MEDIA</b>		55	55	57		

*Fuente Elaboración Propia (2015)*

Al efectuar el Análisis de Varianza para la variable Días a la Floración (Cuadro N° 12), podemos establecer que no existe diferencia significativa entre repeticiones, pero si existe diferencias significativas entre tratamiento.

**Cuadro N° 12: ANOVA Días a la floración**

CAUSAS	GRADOS DE LIBERTAD (G.L.)	SUMA DE CUADRADOS (S.C.)	CUADRADO MEDIO (C.M.)	F. CALCULADO	F. TABULADO (O,5)	F. TABULADO (O,1)
BLOQUES	2	11.56	5.78	2.364	3.64	5.7
TRATAMIENTOS	2	24.22	12.11	4.955		
ERROR A	4	9.78	2.44			

#### 4.5.1. Número de flores por Planta

En cuanto al número de flores por planta, el Cuadro N° 13 de ordenamiento de medias nos muestra que entre los tratamientos y repeticiones existe poca variación. Dentro de los tratamientos con mayor número de flores a los 56 días después del trasplante fueron T<sub>2</sub> (La molina) y T<sub>3</sub> (Hydrofil) con 4 flores/planta.

**Cuadro N° 13: Número de flores por planta**

VARIEDAD	TRATAMIENTOS	REPETICIONES			SUMATORIA	MEDIA
		I	II	III		
Variedad Aromas	Hermanos Caceres (Argentina)	1	3	4	8	3
	La Molina	4	3	4	11	4
	HydroFil (Argentina)	4	3	4	11	4
<b>SUMATORIA</b>		9	9	12	30	
<b>MEDIA</b>		2,9	3,0	4,0		

*Fuente Elaboración Propia (2015)*

Luego de realizado el Análisis de Varianza para la variable número de flores por planta, a los 56 Días, (Cuadro N° 14) determinamos que no existe diferencia significativa entre Tratamientos y Repeticiones, por lo que podemos afirmar que la producción de flores por planta para cada uno de los tratamientos son estadísticamente iguales.

**Cuadro N° 14: ANOVA Número de flores por planta**

CAUSAS	GRADOS DE LIBERTAD (G.L.)	SUMA DE CUADRADOS (S.C.)	CUADRADO MEDIO (C.M.)	F. CALCULADO	F. TABULADO (0,5)	F. TABULADO (0,1)
BLOQUES	2	2,19	1,1	0,290	3,64	5,7
TRATAMIENTOS	2	0,44	0,22	0,059		
ERRORA	4	15,13	3,78			

#### 4.5.2. Número Total de flores por Tratamiento

En cuanto al número de flores por tratamiento, el Cuadro N° 15 de ordenamiento de medias nos muestra que entre los tratamientos T<sub>1</sub> y T<sub>2</sub>, T<sub>3</sub> existen diferencia en cuanto al número total de flores con flores a los 56 días después del trasplante tenemos al T<sub>2</sub> (La molina) y T<sub>3</sub> (Hidroponía fil) con 321 y 323 flores/tratamiento variación de 80 flores entre T<sub>1</sub> y T<sub>2</sub>, T<sub>3</sub> y entre repeticiones existe poca variación.

**Cuadro N° 15: Número de flores por tratamiento**

VARIEDAD	TRATAMIENTOS	REPETICIONES			SUMATORIA	MEDIA
		I	II	III		
Variedad Aromas	Hermanos Caceres (Argentina)	43	91	109	243	81
	La Molina	108	99	114	321	107
	Hydro Fil (Argentina)	111	104	108	323	108
<b>SUMATORIA</b>		262	294	331	<b>887</b>	
<b>MEDIA</b>		87	98	110		

*Fuente Elaboración Propia (2015)*

Luego de realizado el Análisis de Varianza para la variable número de flores por tratamiento, a los 56 Días, (Cuadro N° 16) determinamos que no existe diferencia significativa entre Tratamientos y Repeticiones, por lo que podemos afirmar que la producción de flores por planta para cada uno de los tratamientos son estadísticamente iguales.

**Cuadro N° 16: ANOVA Número de flores por tratamiento**

CAUSAS	GRADOS DE LIBERTAD (G.L.)	SUMA DE CUADRADOS (S.C.)	CUADRADO MEDIO (C.M.)	F. CALCULADO	F. TABULADO (0,5)	F. TABULADO (0,1)
BLOQUES	2	794.89	397.44	0.951	3.64	5.7
TRATAMIENTOS	2	1387.56	693.78	1.660		
ERROR A	4	1671.78	417.94			

**Imagen N°15 Floración de las plantas**



#### 4.6. DÍAS A LA FRUCTIFICACIÓN

Luego de realizadas las comparaciones de los días a fructificación podemos mencionar que no existen variaciones significativas a los días de fructificación como se muestra en el cuadro N° 17, don el T1 en el que presenta mayor precocidad con 62 días y el T2 y T3 presentan 64 días a la fructificación, con una media de 63 días.

**Cuadro N° 17: Días a la fructificación**

VARIEDAD	TRATAMIENTOS	REPETICIONES			SUMATORIA	MEDIA
		I	II	III		
Variedad Aromas	Hermanos Caceres (Argentina)	61	62	63	186	62
	La Molina	63	64	64	191	64
	HydroFil (Argentina)	64	64	65	193	64
<b>SUMATORIA</b>		188	190	192	570	
<b>MEDIA</b>		63	63	64		

*Fuente Elaboración Propia (2015)*

Al realizar el Análisis de Varianza para la variable Días a la Fructificación, (Cuadro N° 18) podemos establecer que existe diferencia significativa entre tratamientos; sin existir diferencia significativa entre las repeticiones.

**Cuadro N° 18: ANOVA Días a la fructificación**

CAUSAS	GRADOS DE LIBERTAD (G.L.)	SUMA DE CUADRADOS (S.C.)	CUADRADO MEDIO (C.M.)	F. CALCULADO	F. TABULADO (0,5)	F. TABULADO (0,1)
BLOQUES	2	2.67	1.33	8.000	3.64	5.7
TRATAMIENTOS	2	8.67	4.33	26.000		
ERROR A	4	0.67	0.17			

#### 4.6.1. Número de frutos cosechados por planta

En cuanto al número de frutos por planta, el Cuadro N° 19 de ordenamiento de medias nos muestra que entre los tratamientos T<sub>1</sub>, T<sub>2</sub>, y T<sub>3</sub> existen diferencia en cuanto al número total de frutos con una variación mínima entre T<sub>1</sub>, T<sub>2</sub> y T<sub>3</sub> y entre repeticiones existe la misma variación. Dentro de los tratamientos el mayor número de frutos a los 63 días después del trasplante tenemos T<sub>3</sub> (Hidroponía fil) con 10 frutos/planta.

**Cuadro N° 19: Número de frutos cosechados por planta**

VARIEDAD	TRATAMIENTOS	REPETICIONES			SUMATORIA	MEDIA
		I	II	III		
Variedad Aromas	Hermanos Caceres (Argentina)	3	3	3	9	3
	La Molina	3	3	3	9	3
	HydroFil (Argentina)	3	3	4	10	3
<b>SUMATORIA</b>		9	9	10	28	
<b>MEDIA</b>		3	3	3		

*Fuente Elaboración Propia (2015)*

Al realizar el Análisis de Varianza para la variable Número de frutos por planta (Cuadro N° 20) podemos observar que no existe diferencia significativa para los Tratamientos, y para las repeticiones.

**Cuadro N° 20: ANOVA Número de frutos cosechados por planta**

CAUSAS	GRADOS DE LIBERTAD (G.L.)	SUMA DE CUADRADOS (S.C.)	CUADRADO MEDIO (C.M.)	F. CALCULADO	PARA LA TABLA	F. TABULADO (0,5)	F. TABULADO (0,1)
BLOQUES	2	0.22	0.11	0.021	F <sub>t</sub> = (2, 4)	3.64	5.7
TRATAMIENTOS	2	0.22	0.11	0.021			
ERROR A	4	21.44	5.36				

#### 4.6.2. Numero de frutos cosechados por tratamiento

En cuanto al número de frutos cosechados por tratamiento, el Cuadro N° 21 de ordenamiento de medias nos muestra que entre los tratamientos T<sub>1</sub>, T<sub>2</sub> y T<sub>3</sub> existen diferencia en cuanto al número total de frutos con una variación de 93 y 98 frutos entre T<sub>1</sub>, T<sub>2</sub>, y T<sub>3</sub> 103 frutos por tratamiento, mismo comportamiento se presenta entre repeticiones. Dentro de los tratamientos con mayor número de frutos a los 63 días después del trasplante tenemos al T<sub>3</sub> (Hidroponía fil) con 103 frutos/tratamiento.

**Cuadro N° 21: Número de frutos cosechados por tratamiento**

VARIEDAD	TRATAMIENTOS	REPETICIONES			SUMATORIA	MEDIA
		I	II	III		
Variedad Aromas	Hermanos Caceres (Argentina)	89	83	107	279	93
	La Molina	98	88	107	293	98
	HydroFil (Argentina)	105	99	105	309	103
<b>SUMATORIA</b>		292	270	319	<b>881</b>	
<b>MEDIA</b>		97	90	106		

Al realizar el Análisis de Varianza para la variable Número de frutos por tratamiento (Cuadro N° 22) podemos observar que no existe diferencia significativa para los Tratamientos, pero diferencias significativas para las repeticiones.

**Cuadro N° 22: ANOVA Número de frutos cosechados por tratamiento**

CAUSAS	GRADOS DE LIBERTAD (G.L.)	SUMA DE CUADRADOS (S.C.)	CUADRADO MEDIO (C.M.)	F. CALCULADO	F. TABULADO (0,5)	F. TABULADO (0,1)
BLOQUES	2	401.56	200.78	<b>6.977</b>	<b>3.64</b>	<b>5.7</b>
TRATAMIENTOS	2	150.22	75.11	<b>2.610</b>		
ERROR A	4	115.11	28.78			

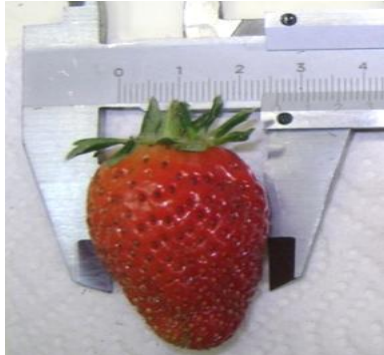
**Imagen N° 16** Desarrollo de la etapa de fructificación



*Fuente elaboración propia (2015)*

**4.7. Tamaño medio de Fruto:** los frutos de los 3 tratamientos presentaron un diámetro ecuatorial medio comprendido entre 14 a 18 mm (tamaño mediano según las normas de clasificación de la FAO).

**Imagen N°17** Tamaño de los frutos



**Tamaño 1**

**Tamaño 2**

**Tamaño 3**



**Tamaño 1**

**Tamaño 2**

**Tamaño 3**

#### 4.8. RENDIMIENTO EN PESO POR TRATAMIENTO

En cuanto al rendimiento por tratamiento, el Cuadro N° 23 de ordenamiento de medias nos muestra que entre los tratamientos T<sub>1</sub>, T<sub>2</sub> y T<sub>3</sub> no existen diferencia en cuanto al rendimiento en peso con una variación mínima entre T<sub>1</sub>, T<sub>2</sub> y T<sub>3</sub> y entre repeticiones existe poca variación. Dentro de los tratamientos con mayor rendimiento en peso a los 63 días después del trasplante tenemos al T<sub>2</sub> (La molina) y T<sub>1</sub> (Hermanos Cáceres) con 1,95 y 1,94 Kg/tratamiento, respectivamente.

**Cuadro N° 23: Rendimiento en peso por Tratamiento**

VARIEDAD	TRATAMIENTOS	REPETICIONES			SUMATORIA	MEDIA
		I	II	III		
Variedad Aromas	Hermanos Cáceres (Argentina)	1,85	1,73	2,23	5,81	1,94
	La Molina	1,96	1,76	2,14	5,86	1,95
	HydroFil (Argentina)	1,88	1,77	1,88	5,52	1,84
<b>SUMATORIA</b>		<b>5,69</b>	<b>5,26</b>	<b>6,24</b>	<b>17,19</b>	
<b>MEDIA</b>		<b>1,90</b>	<b>1,75</b>	<b>2,08</b>		

*Fuente Elaboración Propia (2015)*

Al realizar el Análisis de Varianza para la variable Rendimiento (Cuadro N° 24) podemos observar que existe diferencia significativa para las repeticiones, y no existiendo significación para los tratamientos, por lo que corresponde realizar comparaciones entre medias, para tratamientos, lo cual significa que las soluciones nutritivas empleadas para la producción hidropónica las tres son importantes en el aporte de nutrientes para la planta.

**Cuadro N° 24: ANOVA Rendimiento en peso por Tratamiento**

CAUSAS	GRADOS DE LIBERTAD (G.L.)	SUMA DE CUADRADOS (S.C.)	CUADRADO MEDIO (C.M.)	F. CALCULADO	F. TABULADO (0,5)	F. TABULADO (0,1)
<b>BLOQUES</b>	2	0.16	0.08	6.268	<b>3.64</b>	<b>5.7</b>
<b>TRATAMIENTOS</b>	2	0.02	0.01	<b>0.879</b>		
<b>ERROR A</b>	4	0.05	0.01			

#### **4.9. SEGUIMIENTO A LA VARIACIÓN DEL PH DE LA SOLUCIÓN.**

La hidroponía es una tecnología para desarrollar plantas en solución nutritiva (SN) (agua y fertilizantes), con o sin el uso de un medio artificial (arena, grava, vermiculita, lana de roca, etc.) para proveer soporte mecánico a la planta.

Los aspectos de la solución nutritiva (SN) que en mayor medida influyen en la producción son: (1) la relación mutua entre los cationes, (2) la relación mutua entre los aniones, (3) la concentración de los nutrimentos, debido a que éstos se encuentran en forma iónica, la concentración se expresa mediante la Conductividad Eléctrica (CE), el pH, y la temperatura.

La mayoría de las técnicas de producción en hidroponía son de sistema cerrado, la SN excedente se recupera y, luego de restablecer su composición química, es nuevamente utilizada. El uso más eficiente de la solución nutritiva(SN) se presenta con el sistema cerrado. En este sentido a continuación analizamos el pH de la solución que luego de lecturado en dos periodos día por medio, nos arrojaron los resultados mostrados en el cuadro N° 25, el pH promedio para cada tratamiento fue de T1 - 5.7, T2 – 5.7 y T3 – 5.3, de acuerdo a su variación establecida el fecha 23/08/2014, debido a su variación se aumentó bicarbonato para corregir el mismo. Entre el 29/08/2014 al 9/11/2014 la solución sufrió alteración por lo tanto se aplicó bicarbonato más agua para corregir el mismo.

**Cuadro N° 25: Seguimiento a la variación del pH de la solución**

FECHAS DE LECTURAS	LECTURA DE pH PARA LAS DIFERENTES SOLUCIONES			OBSERVACIONES
	T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>3</sub>	
AGOSTO				
18/2014	6.4	5.8	5.4	
19/2014	6.4	5.8	5.4	
21/2014	6.1	5.7	5.2	
23/2014	5.8	5.9	5.5	Se le añadió bicarbonato para subir el pH
25/2014	5.2	5.7	5.3	
27/2014	5.0	5.8	5.2	
29/2014	5.5	5.4	5.3	Se añadió bicarbonato mas agua para controlar el pH
NOVIEMBRE				
01/2014	5.2	5.6	5.1	Se añadió bicarbonato mas agua para controlar el pH
04/2014	5.6	5.8	5.5	
06/2014	5.6	6.0	5.3	
09/2014	5.4	5.6	5.4	Se añadió bicarbonato mas agua para controlar el pH
<b>SUMATORIA</b>	<b>62.2</b>	<b>63.1</b>	<b>58.6</b>	
<b>pH medio</b>	<b>5.7</b>	<b>5.7</b>	<b>5.3</b>	

*Fuente Elaboración Propia (2015)*

El pH de la SN es una propiedad inherente de la composición mineral (De Reijck y Schrevens, 1998). El pH óptimo de la SN es entre 5.5 y 6.0, de esta manera se logra:

1. Regular el contenido de  $\text{HCO}_3$
2. Solubilizar al  $\text{H}_2\text{PO}_4$
3. Evitar la precipitación de  $\text{Fe}^{2+}$  y  $\text{Mn}^{2+}$ .
4. Relación  $\text{NO}_3^- : \text{NH}_4^+$

De manera que la planta pueda disponer de los elementos necesarios para su desarrollo y producción.

#### 4.10. SEGUIMIENTO A LA VARIACIÓN DE LA CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA (CE) DE LA SOLUCIÓN.

Existe una relación directa entre la concentración de nutrientes y la CE de la SN. Al aumentar la CE, la planta debe destinar mayor energía para absorber agua y nutrientes (Asher y Edwards, 1983; Ehret y Ho, 1986a). Este desgaste de energía puede ser en detrimento de energía metabólica y por ende en los rendimientos. El conjunto de estos fenómenos puede ser reflejado en una disminución del desarrollo de la planta. El cuadro N° 26, muestra la conductividad eléctrica de la solución nutritiva durante un periodo determinado cuyos valores medios para cada tratamiento son T1 – 458, T2 – 863 y T3 – 693.7, durante las fechas de toma de lectura cuando se determinaba que se alteraba la CE se aplicó una solución A, una solución B en el caso del tratamiento 1 se añada una solución C, para subir la CE y para bajar se añadió agua.

**Cuadro N° 26: Seguimiento a la variación de la Conductividad Eléctrica (CE) de la solución**

FECHAS DE LECTURAS	LECTURA DE CE PARA LAS DIFERENTES SOLUCIONES			OBSERVACIONES
	T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>3</sub>	
AGOSTO				
18/2014	470.0	962.0	734.0	
19/2014	470.0	909.0	681.0	
21/2014	307.0	936.0	732.0	
23/2014	439.0	834.0	702.0	Se le añadio una solución para subir la CE
25/2014	460.0	874.0	650.0	Se añadio agua para bajar la CE
27/2014	503.0	830.0	625.0	Se añadio solución A y B para subir la CE y Agua para bajar CE
29/2014	505.0	810.0	622.0	Se añadio solución A y B para subir la CE y Agua para bajar CE
NOVIEMBRE				
01/2014	555.0	789.0	604.0	Se le añadio una solución para subir la CE
04/2014	421.0	875.0	730.0	
06/2014	447.0	828.0	808.0	Se añadio agua para bajar la CE
09/2014	461.0	846.0	743.0	Se añadio agua para bajar la CE
<b>SUMATORIA</b>	<b>5038.0</b>	<b>9493.0</b>	<b>7631.0</b>	
<b>CE medio</b>	<b>458.0</b>	<b>863.0</b>	<b>693.7</b>	

*Fuente Elaboración Propia (2015)*

La CE de la SN influye en la composición química de las plantas, al aumentar la CE aumenta la concentración de  $K^+$  en las plantas a expensas principalmente de  $Ca^{2+}$ . También se incrementa la concentración de P y en menor medida la de  $NO_3^-$ , ambos a costa de  $SO_4^{2-}$ . Este comportamiento se presenta independientemente de la etapa de desarrollo (Steiner, 1973).

En la medida que la SN aumenta su CE, disminuye la capacidad de la planta para absorber agua (Ehret y Ho, 1986b; Adams, 1994a) y nutrientes (Steiner, 1973). Pero una SN con CE menor que la que requieren las plantas (menor que 2 dS m<sup>-1</sup>), puede inducir deficiencias nutrimentales. Al aumentar la CE de la SN a más de 6 dS m<sup>-1</sup>, además de inducir una deficiencia hídrica, aumenta la relación  $K^+ : (K^+ + Ca^{2+} + Mg^{2+} + NH_4^+)$ , ocasionando desbalances nutrimentales. No todos los nutrientes son afectados en igual medida. Los que se mueven por flujo de masas, como el  $Ca^{2+}$  y en menor medida el  $Mg^{2+}$  se absorben en menor cantidad, de esta manera se puede inducir deficiencia de  $Ca^{2+}$  (Ehret y Ho, 1986b).

#### 4.11. ANÁLISIS ECONÓMICO

El cuadro N° 27 nos muestra el costo de producción total para una hectárea de cultivo de frutilla bajo el sistema hidropónico, el cual nos muestra que para el año 1 considerando el costo de inversión alcanza a un total de 3,566,302.00 de Bs. los cual disminuye para el año 2, tomando en cuenta que los costes de inversión no se suman puesto que el material utilizado tiene una utilidad de 5 años mínimo de uso.

**Cuadro N° 27: Análisis económico**

Items	Costo total Año 1	Costo total Año 2	Costo total Año 3	Costo total Año 4	Costo total Año 5
Costos de Inversión	2,778,302.00	-	-	-	-
Insumos para el establecimiento del cultivo	628,000.00	628,000.00	628,000.00	628,000.00	628,000.00
Costo de labores de plantación	4,760.00	4,760.00	4,760.00	4,760.00	4,760.00
Gastos operacionales	155,240.00	155,240.00	155,240.00	155,240.00	155,240.00
<b>Costo total</b>	<b>3,566,302.00</b>	<b>788,000.00</b>	<b>788,000.00</b>	<b>788,000.00</b>	<b>788,000.00</b>

*Fuente Elaboración Propia (2015)*

El cuadro N°28 nos muestra en detalle el costo de producción para 0,25 hectáreas de cultivo detallándose los ítems correspondientes.

**Cuadro N° 28: Costos de los ítems (0.25 ha) para un cultivo hidropónico de frutilla bajo sistema nft (Nutrient Film Technique)**

Items	Cantidad	Unidad	Costo unitario	Costo total
<b>Costos de Inversión</b>				<b>694575.5</b>
Preparación del suelo	0.25	Ha.	217.5	217.5
Tubería PVC	300	m	12	3600
Filtro de Malla	1	Unidad	558	558
Bomba de riego	4	Unidad	1700	6800
Tanque, depósitos de agua (Hidrostackers)	4	Unidades	600	2400
Equipo de oxigenación	2	Unidades	1000	2000
Invernadero	2500	m <sup>2</sup>	250	625000
Sportes de aluminio para tubería	600	m	90	54000
Manguera para oxigenación	600	m	6	3600
<b>Insumos para el establecimiento del cultivo</b>				<b>157000</b>
Plantas	60000	Plantas	2	120000
Solución nutritiva	500	litros	2	1000
Sustrato	6000	Kg	1	6000
Vasos para el sustrato	60000	Unidades	0.5	30000
<b>Costo de labores de plantación</b>				<b>1190</b>
Instalación de medio de cultivo	2	Jornal/Hombre	70	140
Llenado del sustrato en el vaso	1	Jornal/Hombre	70	70
Instalación de soportes de tuberías	2	Jornal/Hombre	70	140
Instalación de tuberías	2	Jornal/Hombre	70	140
Plantación	10	Jornal/Hombre	70	700
<b>Gastos operacionales</b>				<b>38810</b>
Tratamientos fitosanitarios	3	Jornal/Hombre	70	210
Poda	10	Jornal/Hombre	70	700
Cajas para cosecha de fruto	100	Cajas	10	1000
Cosecha	10	Jornal/Hombre	70	700
Energía Eléctrica	8	Meses	25	200
Encargado de Campo	12	Meses	3000	36000
<b>COSTO TOTAL</b>				<b>891575.5</b>

*Fuente Elaboración Propia (2015)*

En el cuadro N° 29 se expresan los ingresos generados por cada tratamiento, se toman en cuenta que el rendimiento está dado en kilogramos por hectárea y el precio del kilogramo de frutilla en Bs.

**Cuadro N° 29: Ingresos por tratamientos relacionados en kilogramos por hectárea.**

VARIEDAD	TRATAMIENTOS	RENDIMIENTO MEDIO POR TRATAMIENTO Kg/Ha	Costos en Bs/Kg	INGRESOS POR TRATAMIENTO Bs
Variedad Aromas	Hermanos Cáceres (Argentina)	193.750,00	15,00	2.906.250,00
	La Molina	195.333,33	15,00	2.929.999,95
	HidroFil (Argentina)	183.928,57	15,00	2.758.928,55

*Fuente Elaboración Propia (2015)*

Luego de considerados los ingresos por tratamientos, el cuadro N° 30 nos muestra el costo beneficio en el caso de los tratamientos Hermanos Cáceres, hidroponía la Molina y Hydrofil en una perspectiva a 5 años.

**Cuadro N° 30: Cuadros beneficio costo por tratamiento.**

Items	Costo total Año 1	Costo total Año 2	Costo total Año 3	Costo total Año 4	Costo total Año 5
<b>Costo Total</b>	<b>3,566,302.00</b>	<b>788,000.00</b>	<b>788,000.00</b>	<b>788,000.00</b>	<b>788,000.00</b>
Costos de Inversión	2,778,302.00	-	-	-	-
Insumos para el establecimiento del cultivo	628,000.00	628,000.00	628,000.00	628,000.00	628,000.00
Costo de labores de plantación	4,760.00	4,760.00	4,760.00	4,760.00	4,760.00
Gastos operacionales	155,240.00	155,240.00	155,240.00	155,240.00	155,240.00
<b>Ingresos por Tratamiento 1</b>	<b>2,906,250.00</b>	<b>2,906,250.00</b>	<b>2,906,250.00</b>	<b>2,906,250.00</b>	<b>2,906,250.00</b>
Hermanos Cáceres (Argentina)	2,906,250.00	2,906,250.00	2,906,250.00	2,906,250.00	2,906,250.00
<b>Beneficio</b>	<b>- 660,052.00</b>	<b>2,118,250.00</b>	<b>2,118,250.00</b>	<b>2,118,250.00</b>	<b>2,118,250.00</b>
<b>Beneficio/Costo</b>	<b>- 0.19</b>	<b>2.69</b>	<b>2.69</b>	<b>2.69</b>	<b>2.69</b>

*Fuente Elaboración Propia (2015) (T<sub>1</sub> Hermanos Cáceres)*

Items	Costo total Año 1	Costo total Año 2	Costo total Año 3	Costo total Año 4	Costo total Año 5
<b>Costo Total</b>	<b>3,566,302.00</b>	<b>788,000.00</b>	<b>788,000.00</b>	<b>788,000.00</b>	<b>788,000.00</b>
Costos de Inversión	2,778,302.00	-	-	-	-
Insumos para el establecimiento del cultivo	628,000.00	628,000.00	628,000.00	628,000.00	628,000.00
Costo de labores de plantación	4,760.00	4,760.00	4,760.00	4,760.00	4,760.00
Gastos operacionales	155,240.00	155,240.00	155,240.00	155,240.00	155,240.00
<b>Ingresos por Tratamiento 2</b>	<b>2,929,999.95</b>	<b>2,929,999.95</b>	<b>2,929,999.95</b>	<b>2,929,999.95</b>	<b>2,929,999.95</b>
La Molina	2,929,999.95	2,929,999.95	2,929,999.95	2,929,999.95	2,929,999.95
<b>Beneficio</b>	<b>- 636,302.05</b>	<b>2,141,999.95</b>	<b>2,141,999.95</b>	<b>2,141,999.95</b>	<b>2,141,999.95</b>
<b>Beneficio/Costo</b>	<b>- 0.18</b>	<b>2.72</b>	<b>2.72</b>	<b>2.72</b>	<b>2.72</b>

*Fuente Elaboración Propia (2015) (T<sub>2</sub> Hidroponía La Molina)*

Items	Costo total Año 1	Costo total Año 2	Costo total Año 3	Costo total Año 4	Costo total Año 5
<b>Costo Total</b>	<b>3.566.302,00</b>	<b>788.000,00</b>	<b>788.000,00</b>	<b>788.000,00</b>	<b>788.000,00</b>
Costos de Inversión	2.778.302,00	-	-	-	-
Insumos para el establecimiento del cultivo	628.000,00	628.000,00	628.000,00	628.000,00	628.000,00
Costo de labores de plantación	4.760,00	4.760,00	4.760,00	4.760,00	4.760,00
Gastos operacionales	155.240,00	155.240,00	155.240,00	155.240,00	155.240,00
<b>Ingresos por Tratamiento 3</b>	<b>2.758.928,55</b>	<b>2.758.928,55</b>	<b>2.758.928,55</b>	<b>2.758.928,55</b>	<b>2.758.928,55</b>
HydroFil (Argentina)	2.758.928,55	2.758.928,55	2.758.928,55	2.758.928,55	2.758.928,55
<b>Beneficio</b>	<b>- 807.373,45</b>	<b>1.970.928,55</b>	<b>1.970.928,55</b>	<b>1.970.928,55</b>	<b>1.970.928,55</b>
<b>Beneficio/Costo</b>	<b>- 0,23</b>	<b>2,50</b>	<b>2,50</b>	<b>2,50</b>	<b>2,50</b>

*Fuente Elaboración Propia (2015) (T<sub>3</sub>Hydrofil)*

El Costo beneficio tanto para los tratamientos (T<sub>1</sub>; T<sub>2</sub>; T<sub>3</sub>), en el primer año sufren una pérdida de 0.19 ctvs. (Hermanos Cáceres), 0.18 ctvs. (Hidroponía la molina) y 0.23 ctvs. (hydroponiafil) respectivamente.

Pero se observó a la misma vez que a partir del segundo año existen un beneficio del 2.69 ctvs. (Hermanos Cáceres), 2.72ctvs. (Hidroponía la molina) y 2.50ctvs. (Hydroponiafil), esto debido a que los costos de inversión no son tomados en cuenta a partir del segundo año por la resistencia de los materiales utilizados los cuales tienen un tiempo útil mínimo de 5 años y que la planta ya está establecida lo cual incrementa su producción.

Se considera a los tratamientos T<sub>1</sub> (Hermanos Cáceres) y el tratamiento T<sub>2</sub> (Hidroponía la Molina) como los mejores tomando en cuenta que su costo beneficio es más alto que en el caso del tratamiento T<sub>3</sub> (Hydrofil).

#### 4.12. DISCUSIÓN

De acuerdo con el análisis de varianza (Cuadro N° 10) para la Altura de la planta no se detecta diferencias significativas entre los tratamientos a los 45 días de realizado el trasplante, en general se puede observar que si bien el tratamiento T<sub>2</sub> (Hidroponía la Molina) en los primeros días tiene un bajo desarrollo, a partir de los 75 días es la que lidera el crecimiento hasta el final del ensayo.

En cuanto a los días a la cosecha, esta variable en hidroponía, se observa que no existen diferencias significativas entre los diferentes tratamiento.

Como es lógico, una planta que tiene un buen desarrollo inicial, producirá mejor y más rápido.

Además la respuesta concuerda con lo mencionado por productores, quienes señalan un promedio de tiempo de trasplante a cosecha de 63 días, pues indican que la presencia de la primera flor es a los 48 días luego del trasplante y de ahí transcurren 15 días para la primera cosecha, dando un total de siembra a cosecha de 63 días. Obviamente esto variará con las condiciones climáticas y manejo del cultivo.

En el ANOVA de la mayoría de las variables estudiadas, se observa que no existen diferencias significativas para los diferentes tratamientos especialmente en lo referido al rendimiento en peso por tratamiento. En el Cuadro N°23 se presenta un rendimiento mayor del cultivo hidropónico la Molina (T<sub>2</sub>), pero no expresan diferencias significativas entre las diferentes soluciones nutritivas evaluadas.

Según CALDERÓN 2000, menciona que la cascarilla de arroz (Sustrato de sostén), con el tiempo sufre algunos cambios físicos y químicos los cuales favorecen a los cultivos hidropónicos. Entre estos cambios tenemos una degradación física la cual aumenta la retención de humedad y la capilaridad, lo cual fue comprobado en el trabajo, ya que este sustrato fue el más adecuado como sostén de la planta.

Existe un sin número de ejemplos de sustratos para el anclaje de la planta en donde la gran mayoría no existe en el país ni en el departamento por tal motivo a través de una evaluación se determinó como mejor sustrato para el anclaje de la planta bajo un cultivo de frutilla hidropónica en invernadero en la ciudad de Tarija, se tiene mejor

resultado con el sustrato de cascara de arroz y arena previamente desinfectados, ya sea con hipoclorito de sodio o con lejía, mientras que el peor resultado que se observo fue el sustrato de humus de lombriz, por presentar problemas de sanidad que afectan la planta.

Se observa la presencia del hongo (*Fusarium* sp) el mismo que si no es controlado a tiempo la planta corre con el riesgo de morir

ÁLVAREZ Y MORALES 2007, aseguran que la aplicación del agua en cantidades adecuadas y una buena dosificación de la solución nutritiva, obtiene producciones elevadas en cantidad y calidad, lo que repercute en el éxito del cultivo hidropónico, comprobado en nuestro trabajo lo cual redundo en mejores ingresos y mayor calidad del fruto que el cultivo tradicional.

SÁNCHEZ 2004, menciona que las soluciones nutritivas concentradas en hidroponía contienen todos los elementos químicos que las plantas necesitan para su desarrollo y adecuada producción de raíces, tallos, hojas, flores y frutos.

Además la nutrición al ser más equilibrada le da a la planta mayor resistencia a plagas y enfermedades.

Aseveraciones que fueron comprobados con el desarrollo de nuestro trabajo, ya que no existieron diferencia significativas entre los diferentes tratamientos en los que respecta al tamaño de la planta, tamaño de los frutos calidad del fruto, lográndose rendimientos adecuados a nivel experimental. De allí la buena respuesta de los tratamientos hidropónicos planteados, radica en la nutrición suministrada, que en los tres casos fue la adecuada para la planta y no se desperdicia por lixiviación que ocurre en el suelo.

Cabe destacar que la T<sub>2</sub> (Hidroponía La Molina), es el tratamiento que superó en la producción al T<sub>1</sub> (Hermanos Cáceres) y T<sub>3</sub> (HydroFil), tomando en cuenta que las diferencias no son altamente significativas se puede optar por la elección de cualquier solución.

La influencia del número de frutos con relación al rendimiento de la variedad evaluada, fue diferente, así el T<sub>2</sub> (La Molina) presentó la mayor cantidad de frutos, como también el mayor rendimiento referente a los Tratamientos T<sub>1</sub> y T<sub>3</sub>. Que registraron menor

número de frutos; sin embargo, sin diferencias significativas apreciándose que el rendimiento fue compensado por el tamaño de frutos.

Esto se fundamenta con lo mencionado por Flores (1980; citado por Cancino, 1990), quien encontró que el tamaño de fruto (estrechamente relacionado con el peso del fruto), aspecto que concuerda con lo señalado por Ascrofl et al. (1993), quienes señalaron que el tamaño del fruto está controlado por factores genéticos, además de factores fisiológicos. Asimismo, López et al. (1976; citado por Ponce, 1995) mencionaron que la competencia que se establece entre los frutos de un mismo racimo, tiende a disminuir el tamaño del fruto y por ende reduce en los rendimientos.

Se identificó que el proceso de estoloneado, está también presente en este sistema de cultivo hidropónico, el mismo, al no realizar la poda de los estolones, la planta se ve afectada en la floración, lo cual perjudica directamente en los rendimientos del cultivo.

Perjudicando el objetivo trazado, de la producción de frutos y no así de estolones para platines. Por tanto al identificar la presencia de estolones en la planta se debe proceder con la poda de los mismos.

## CAPÍTULO V

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1. CONCLUSIONES

- Los resultados obtenidos de la comparación entre los diferentes tratamientos o Soluciones Nutritivas (SN), permiten establecer en una evaluación preliminar que:
- Los factores de la SN que tienen mayor influencia en la producción de frutilla en hidroponía son: la relación mutua entre los aniones, la relación mutua entre los cationes, la concentración de nutrimentos, la relación  $\text{NO}_3^- : \text{NH}_4^+$ , el pH, la CE y la temperatura.
- No existe una SN que sea apropiada para cualquier condición, los cuatro primeros factores dependen de las condiciones del ambiente, las características genéticas y la etapa de desarrollo de la planta. El pH para cualquier condición debe ser mantenido entre 5.5 y 6.0 y la temperatura lo más cercana a 22 °C.
- Un inapropiado manejo de la SN en cualquiera de estos factores o la interacción entre ellos, afecta la nutrición de la planta y, por ende, el rendimiento y la calidad de los frutos.
  - a) Las plantas de frutilla tuvieron un comportamiento similar en cuanto a la tasa de crecimiento y la masa foliar, en los tres tratamientos, lo cual nos indica que las tres soluciones son adecuadas para el cultivo de la frutilla bajo el sistema hidropónico.
  - b) El número de flores producidas por plantas de frutilla fueron similares con los tres tratamientos, lo que se pudo evidenciar es que en algunas de las repeticiones se producían abortos de las flores;
  - c) Los frutos cosechados, provenientes de los tres tratamientos presentaron buenas características visuales (aspecto general, tamaño, brillo, color) en tanto, el sabor y aroma de los frutos producidos aumentaron demostrando así que el fruto no pierde sus características organolépticas;

- d) En la producción de frutos no hubo diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos; sin embargo el sistema de hidroponía permitió un mejor aprovechamiento interno del ambiente, reflejado en el uso del área cultivada así como en la mayor facilidad en el manejo del cultivo, incluyendo las operaciones de trasplante, limpieza de las plantas, recolección de frutos y remoción de estolones. El manejo de cultivos hidropónicos y la biofertilización constituyen una alternativa ecoaceptable para la producción de frutilla; sin embargo, es preciso continuar investigando a fin de ajustar el sistema hidropónico local (infraestructura y control) y lograr una fertilización sustentable que permita el uso correcto de estas nuevas tecnologías.

## **5.2. RECOMENDACIONES**

- Se recomienda estas tres soluciones nutritivas para el cultivo de frutilla (*Fragaria dioica*), de preferencia la variedad Aromas en el sistema de cultivo hidropónico, principalmente porque las plantas se adaptan muy bien a este sistema y mejora la calidad de los frutos.
- Probar más alternativas de sistemas de cultivo como son las mangas verticales a base de plástico o tubos PVC, para incrementar la cantidad de plantas por superficie, aumentar la producción y con ello mejorar los ingresos
- Utilizar cascarilla de arroz como sustrato, puesto que este material inerte ha demostrado buenas características en cuanto, al estudio del cultivo hidropónico de frutilla.
- Por la facilidad de encontrar en el medio local con soluciones nutritivas hidropónicas y al no haber diferencias significativas en el rendimiento, se recomienda el uso de la fórmula Hermanos Cáceres y evitar problemas de escasez, disponibilidad de tiempo y recursos, que van aumentando los costos por exportación de soluciones de los países vecinos.

**Cuadro N°31 Formulación recomendada Hermanos Cáceres**

<b>COMPUESTO:</b>	<b>% POR COMPUESTO</b>	<b>CANTIDAD EN GRAMOS:</b>
A 1.Nitrato potasio	13.5% N, 46% K <sub>2</sub> O	270 gramos
A 2.Fosfato monoamónico	12% N, 60% P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	80 gramos
B1. Sulfato de potasio	50% K <sub>2</sub> O, 18% S	60 gramos
B2. Sulfato de magnesio	16% MgO, 13% S	210 gramos
B3. Fertilom combi 1		13 gramos
B4.Poliquel hierro		7 ml
C 1.Nitrato de calcio	15.5% N, 26% CA	450gramos

Los diversos compuestos fueron comprados en la ciudad de Tarija en las diversas agroquímicas

- Tomar en cuenta si el objetivo del proyecto es la fructificación o la producción de platines puesto que los dos factores afectan el rendimiento de la planta.