



Producción de fresa (Fragaria x ananassa), expuesta a deficiencia de magnesio en un sistema semi hidropónico.

Cadena Morocho, Jhadira Maribel

Departamento de Ciencias de la Vida y la Agricultura

Carrera de Ingeniería Agropecuaria

Trabajo de titulación, previo a la obtención de título de Ingeniería Agropecuaria

Ing. Landázuri Abarca, Pablo Aníbal Msg.

11 de febrero 2022



Departamento de Ciencias de la Vida y de la Agricultura

Carrera de Ingeniería Agropecuaria

CERTIFICACIÓN

Certifico que el trabajo de titulación: “Producción de fresa (fragaria x ananassa), expuesta a deficiencia de magnesio en un sistema semi hidropónico” fue realizado por la Señorita Cadena Morocho Jhadira Maribel; el mismo que cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, además ha sido revisado y analizado en su totalidad por la herramienta de verificación de similitud de contenidos; razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que se lo sustente públicamente.

Sangolquí, 26 de enero del 2022

Firma:



Firmado electrónicamente por:

PABLO ANIBAL
LANDAZURI
ABARCA

ING. LANDÁZURI ABARCA, PABLO ANIBAL Msg.
C.I: 1708262348



Departamento de Ciencias de la Vida y de la Agricultura

Carrera de Ingeniería Agropecuaria

Responsabilidad de Autoría

Yo, **Cadena Morocho, Jhadira Maribel**, con cédula n° 1004179683 declaro que el contenido, ideas y criterios del trabajo de titulación: **Producción de fresa (Fragaria x ananassa), expuesta a deficiencia de magnesio en un sistema semi hidropónico**.es de mi autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos, y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Sangolquí, 11 de febrero del 2022

Cadena Morocho, Jhadira Maribel

C.C.:1004179683



Departamento de Ciencias de la Vida y de la Agricultura

Carrera de Ingeniería Agropecuaria

Autorización de Publicación

Yo, **Cadena Morocho, Jhadira Maribel**, con cédula ciudadanía 1004179683, autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de titulación: en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi responsabilidad.

Sangolquí, 11 de febrero del 2022

A handwritten signature in blue ink, which appears to read 'Jhadira Maribel Cadena Morocho', is written over a horizontal line.

Cadena Morocho, Jhadira Maribel

C.C.:1004179683



CADENA MOROCHO JHADIRA MARIBEL - (1004179683)TRAB...

Scanned on: 17:9 February 10, 2022 UTC



Overall Similarity Score



Results Found



Total Words in Text

Identical Words	345
Words with Minor Changes	53
Paraphrased Words	310
Ommited Words	0



Website | Education | Businesses

DEDICATORIA

A mí adorada madre Marthita, que es un gran ejemplo, porque nunca dudó de mí y confió en mis capacidades, por su amor incondicional, su paciencia y sus consejos, enseñándome que debemos dejar huella positivas, porque siempre estuvo ahí para poder cumplir una meta más en mi vida.

A mis hermanos Jairo y Diana, que son las personitas que comparten su locura, alegría y su ánimo en cualquier momento.

A mis queridos abuelitos Lolita y Elías, llenos de virtudes y sabiduría compartieron sus saberes conmigo y estuvieron pendientes de mi camino.

A mis tíos German y Rebes que han sido como mis padres, me han cuidado, consentido y apoyado a lo largo del camino, me han enseñado que toda meta con esfuerzo y dedicación se puede cumplir, con sus consejos me han hecho ver la vida de la mejor manera posible y sobre todo siempre creyeron en mí.

Jhadi

AGRADECIMIENTO

A Dios y a mi familia porque siempre estuvieron y estarán apoyándome en todas las etapas de mi vida.

A la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, Carrera de Ingeniería Agropecuaria IASA I, por haberme brindado los conocimientos necesarios que me permitirán ser un profesional capaz de desenvolverse en cualquier ámbito.

Al Ing. Pablito Landázuri director de mi tesis, mis más sinceros agradecimientos por su paciencia, apoyo, consejos, amistad y ser la guía durante el desarrollo del proyecto,

A mi querida familia Morocho, tías, tíos y primos, en especial a mi tía Azucena y; tíos German, Juanito, Víctor y Fabián por el apoyo y su preocupación en mi formación académica y personal.

A Sebastián por siempre apoyarme, por su gran paciencia y su cariño incondicional, a mis amigos Pame, Cris y José por esa grandiosa amistad y el apoyo brindado.

Jhadi

INDICE DE CONTENIDOS

CARATULA.....	1
CERTIFICACIÓN.....	2
RESPONSABILIDAD DE AUTORIA	3
AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN	4
REPORTE DE VERIFICACIÓN DE HERRAMIENTA DE SOLICITUD	5
DEDICATORIA.....	6
AGRADECIMIENTO.....	7
INDICE DE CONTENIDOS.....	8
INDICE DE TABLAS	11
INDICE DE FIGURAS.....	12
RESUMEN	13
ABSTRACT	14
CAPITULO I.....	15
INTRODUCCION.....	15
OBJETIVOS	18
Objetivo general.....	18
Objetivos específicos.....	18
HIPÓTESIS	18
CAPITULO II.....	19
REVISIÓN DE LA LITERATURA	19
Cultivo de frutilla (Fragaria x ananassa)	19

Morfología de la frutilla	19
Variedades de Frutilla	19
Monterey	20
Albión.....	21
Hidroponía.....	22
Semi hidroponía.....	22
Ventajas	23
Desventajas.....	23
Solución nutritiva	23
Magnesio	24
Sustrato.....	25
Análisis económico.....	26
Kardex	26
CAPITULO III.....	28
METODOLOGÍA.....	28
Ubicación y características del lugar de investigación.....	28
Instalación del sistema semi hidropónico	28
Desarrollo en campo	28
Manejo del cultivo de frutilla	29
Evaluación de variables	31
Diseño Experimental	31
Análisis de datos	32
Análisis económico.....	32
CAPITULO IV.....	34

RESULTADOS	34
Parámetros de desarrollo vegetal	34
Parámetros de calidad del fruto	35
Variables de medición	35
Clorofila	37
Análisis nutrimental	38
Análisis económico	39
Costo de producción individual	43
Los costos individuales de producción se obtuvieron	43
Cálculo costos de producción totales	44
Herramienta de análisis	44
Costo de pérdida	45
DISCUSIÓN	46
CONCLUSIONES	49
RECOMENDACIONES	50
BIBLIOGRAFÍA	51

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Rangos de concentración (mg/l) de nutrientes esenciales de acuerdo con (Yamazaki, 1997) con supresión de Mg a varios niveles.....	29
Tabla 2 Promedio \pm desviación estándar de las variables número de Flores, total N° Frutos .planta ⁻¹ y gramos .planta ⁻¹ de la variedad monterrey sometidas a deficiencia de magnesio.....	34
Tabla 3 Promedio \pm desviación estándar de las variables diámetro ecuatorial, diámetro polar, peso de fruto y solidos solubles de los frutos de (Fragaria x ananassa) variedad Monterey sometidas a deficiencia de magnesio.....	37
Tabla 4 Promedio \pm desviación estándar de clorofila Ch-a, clorofila Ch-B y clorofila total para frutilla Fragaria x ananassa variedad monterrey sometidas a deficiencia de magnesio.....	38
Tabla 5 Análisis foliar de Macronutrientes de Fragaria x ananassa variedad monterrey a los 120 DDT bajo tres soluciones nutritivas con deficiencia de magnesio.	38
Tabla 6 Factores que intervienen en el análisis de costos de producció	39
Tabla 7 Kardex solución 10 μ mol	41
Tabla 8 Kardex solución 255 μ mol	42
Tabla 9 Kardex solución 500 μ mol	42
Tabla 10 Costos de producción individual por tratamiento.	43
Tabla 11 Análisis del costo de producción.....	45
Tabla 12 Análisis de costos de pérdida.....	45

INDICE DE FIGURAS

Figura 1 Disposición en campo de los tratamientos.	30
Figura 2 Porcentaje de calidad fruto a) Grado 1 y b) Grado 2 de frutos de frutilla Variedad Monterrey sometidas a deficiencia de magnesio.	35
Figura 3 Diferencia de frutos sometidos a tres dosis de Magnesio en solución nutritiva	36
Figura 4 Diferencia del porcentaje grados brix de frutillas sometidas a deficiencia de magnesio.	37
Figura 5 Plantas sometidas a deficiencia de magnesio	39
Figura 6 Porcentaje de los costos de producción para el costo total	44

RESUMEN

La frutilla (*Fragaria x ananassa*) bajo sistemas semi hidropónicos en Ecuador necesita de un cambio en el manejo de producción. El sistema semi hidropónico es un sistema cerrado que considera un ahorro en el ámbito técnico, económico y ambiental, en este tiende se reduce el uso de fertilizantes y agua como tal, y con ello es amigable con el ambiente. La nutrición en este tipo de sistemas es la base para la obtención de buenos resultados, sabiendo que la calidad de los cultivos depende del manejo en su fertilización. En las células vegetales el magnesio (Mg) juega un papel importante como activador de enzimas, además de formar parte de la molécula de clorofila y su importante participación en el progreso de fructificación regulando la síntesis de almidones, mismo que es determinante en el nivel de azúcares y con ello en la calidad de los frutos. Por tal razón, la presente investigación evaluó la producción de frutilla (*Fragaria x ananassa*) variedad monterrey, frente a la deficiencia de magnesio, se disolvió la fórmula de Yamasaki en tres soluciones con concentraciones de magnesio 10 μmol , 255 μmol y 500 μmol de magnesio. Se estableció el sistema semi hidropónico con riego por estacas de fertirrigación de manera directa a las plantas de frutilla, mismo que permitió estabilizar y nutrir a la planta de forma eficiente. Los mejores resultados se expresaron en plantas de frutilla sujetas a la solución 500 μmol obteniendo la mayor altura (15,01cm), número de flores (11), frutos de grado 2 (58,33%), diámetro ecuatorial (3,11cm), diámetro polar (5,04cm), peso de fruto (27,10gr), sólidos solubles (9,83°Brix), contenido de clorofila (25,80 %, en comparación con las soluciones de 255 μmol y 10 μmol de Mg que demostraron menores valores para las variables antes mencionadas. La deficiencia de magnesio ocasionó pérdidas de un 0,05ctvs por planta equivalente al 38,88% de la producción total.

Palabras clave: Fresa (*Fragaria x ananassa*), Cultivo semi hidropónico, Solución nutritiva, deficiencia de magnesio.

ABSTRACT

The strawberry (*Fragaria x ananassa*) under semi-hydroponic systems in Ecuador needs a change in production management. The semi-hydroponic system is a closed system that considers savings in the technical, economic and environmental fields, in this it tends to reduce the use of fertilizers and water as such, and with this it is friendly to the environment. Nutrition in this type of systems is the basis for obtaining good results, knowing that the quality of the crops depends on the management of their fertilization. In plant cells, magnesium (Mg) plays an important role as an enzyme activator, in addition to being part of the chlorophyll molecule and its important participation in the progress of fruiting by regulating the synthesis of starches, which is decisive in the level of sugars and thus in the quality of the fruits. For this reason, the present investigation evaluated the production of strawberry (*Fragaria x ananassa*) variety monterrey, against magnesium deficiency, Yamasaky's formula was dissolved in three solutions with concentrations of magnesium 10 μmol , 255 μmol and 500 μmol of magnesium. The semi-hydroponic system was established with irrigation by fertigation stakes directly to the strawberry plants, which proved to stabilize and nourish the plant efficiently. The best results are expressed in strawberry plants subjected to the 500 μmol solution, obtaining the highest height (15.01cm), number of flowers (11), grade 2 fruits (58.33%), equatorial diameter (3.11cm), polar diameter (5.04cm), fruit weight (27.10gr), soluble solids (9.83°Brix), chlorophyll content (25.80%, compared to solutions of 255 μmol and 10 μmol of Mg that showed lower Magnesium deficiency caused losses of 0.05 cents per plant, equivalent to 38.88% of total production.

Keywords: Strawberry (*Fragaria x ananassa*), semi-hydroponic cultivation, nutrient solution, magnesium deficiency.

CAPITULO I

INTRODUCCION

En Ecuador se cultivan alrededor de 680 has de frutilla, donde la principal área de cultivo se encuentra en la provincia de Pichincha; la zona de mayor producción de esta fruta es en el nororiente de Quito, siendo Yaruquí, Pifo, Tababela, Checa, El Quinche y Ascázubi, consideradas las parroquias más productivas de este cultivo en el país. (AGRO, 2013) Dicho fruto forma parte de la dieta diaria de un sinnúmero de personas, en nuestro país ha aumentado un 20% del consumo, aproximadamente se produce 30.000 ton mensuales de fruta, de las cuales el 60 % es para el consumo nacional en fruta fresca o procesada en fresco, helados, yogurt y mermeladas, la otra parte se exporta a Estados Unidos, España y los países bajos (Zaragoza, 2013) considerándolo un cultivo de mucha importancia desde el punto de vista económico (Quishpe, 2012)

El uso de nuevas tecnologías, como los cultivos semi hidroponía, han demostrado un incremento en la producción en frutilla hasta un 40%, comparado con los métodos tradicionales de producción en suelo (Traftz, 2015) En Ecuador, se han evaluado en este sistema soluciones nutritivas formuladas con macro y micronutrientes como Yamazaki, Steiner 50% y Furlani & Fernández en el rendimiento y calidad de las variedades de frutilla Monterrey y Albión (J Encalada, 2020), así como el uso de diferentes sustratos de origen lignocelulósicos y mineral, determinando que los sustratos como pomina o arena de río, favorecen el desarrollo y un comportamiento agronómico óptimo de éste cultivo (Trujillo, 2019); sin embargo no se ha determinado el impacto que tiene en la producción la deficiencia o la restricción de un solo elemento como por ejemplo el Mg.

Los sistemas hidropónicos se han convertido en una alternativa para el productor, desarrollándose bajo ambientes controlados, donde se reduce la propagación de plagas,

enfermedades y se obtiene un aumento de producción considerable por planta. (Abdollah, 2015). Con respecto al sistema hidropónico vertical frente al convencional en la producción de tres variedades de frutilla, permitió evaluar la eficiencia del mismo, donde alcanzó una tasa de retorno marginal de 91,32% frente al convencional (Ibadango, 2017) Cabe resaltar, que las frutillas hidropónicas tuvieron una elevada tasa de supervivencia y rendimiento, frente a las cultivadas en tierra (Traftz, 2015)

El cultivo de frutilla requiere de condiciones óptimas para su desarrollo favorable, en nuestro país debido a los distintos pisos climáticos, se ha buscado establecer variedades de frutilla que eviten ciertos problemas con respecto al desarrollo y rendimiento (Quishpe, 2012). Por ello es necesario que las plantas dispongan de todos los nutrientes y la velocidad de suministro de cada uno de ellos sea al menos igual a su demanda (Will & Jones, 1992). En uvilla por ejemplo (Martínez, Sarmiento, & Jiménez, 2018) se indujo al cultivo a deficiencias nutricionales a través de soluciones nutritivas, usando el método del elemento faltante, mismos que en sus resultados la producción disminuyó por la ausencia de N, K, B Mg y P, coincidiendo con el menor crecimiento de las ramas productivas.

Hoy en día la incorporación de análisis económico a las decisiones relacionadas con la selección de tecnologías y producción, es necesaria para recomendar a los productores agrícolas mejorar sus ingresos, para esto se deben incluir deficiencias nutrimentales relacionadas con la pérdida de producción, para cuantificar las dosis y necesidades de aplicación de diversos elementos.

Los campesinos en Ecuador desaprovechan los recursos que poseen por la falta de acceso a herramientas tecnológicas, mismos que estarían encaminados al mejor uso de agroquímicos, entre los más importantes los fertilizantes, que podrían favorecer una cosecha productiva. Sin embargo, el resultado depende de la fuente, dosis y forma de aplicación correcta

de nutrientes al cultivo. Estos requisitos son necesarios para un manejo responsable, en donde se contribuya de manera sostenible a la productividad de las plantas y los sistemas contemplando el equilibrio entre el aspecto ambiental, social y económico. (Avitia-García, 2014)

En este sentido, para obtener resultados favorables en la producción, se debe tomar en cuenta el contenido de los nutrientes en la planta. El magnesio ayuda al incremento del tamaño de frutos, su exceso puede competir con la absorción de Calcio y reducir rendimientos (Aguero, 2012). De tal manera asegurar un suministro adecuado de Mg en cultivos como maíz y trigo a través de la fertilización, es un factor crítico para disminuir las pérdidas relacionadas con el cambio climático, como la alta temperatura ya que este elemento confiere resistencia al estrés por calor en la producción de cultivos (Readon, 2016)

La nutrición adecuada de Mg en las plantas es importante para una mejor eficiencia en el uso del nitrógeno, mismo que promueve el crecimiento de raíces, brotes y hoja de plantas de trigo, cultivadas en una solución nutritiva con muy bajo ($10 \mu\text{M Mg}$), moderado ($25 \mu\text{M Mg}$) y adecuado ($500 \mu\text{M Mg}$), de tal manera el suministro suficientemente alto de Mg, es un requisito importante para minimizar las pérdidas relacionadas con el calor y la radiación en la producción de cultivos (Cakmak & Yaziel, 2011)

Además en otros estudios se realizaron valoraciones de la influencia del aporte variado de fósforo (10 y $250 \text{ mmol P m}^{-3}$), potasio (50 y $2010 \text{ mmol K m}^{-3}$) y magnesio (20 y $1000 \text{ mmol Mg m}^{-3}$) en plantas de fréjol, donde jugó un papel distintivo el Mg y K, en la exportación de fotosintatos de las hojas a las raíces y brotes de las plantas, de tal manera que la deficiencia de nutrientes minerales se vio reflejado directamente en la productividad de las plantas (Cakmak, Hengeler, & Marschner, 1994)

OBJETIVOS

Objetivo general

Producir frutilla (*Fragaria x ananassa*), expuesta a deficiencia de magnesio en un sistema semi hidropónico.

Objetivos específicos

- Evaluar el efecto de tres dosis de Magnesio (500 μ mol, 255 μ mol y 10 μ mol), sobre las variables agronómicas y productivas de frutilla (*Fragaria x ananassa*).
- Realizar un análisis económico de producción de costos mediante el método promedio de Kardex.

HIPÓTESIS

H0: Las plantas de frutilla sometidas a la deficiencia de Mg, presentan similar producción que las plantas de frutillas sin deficiencia de Mg.

H1: Las plantas de frutilla sometidas a la deficiencia de Mg, presentan diferente producción que las plantas de frutillas sin deficiencia de Mg.

CAPITULO II

REVISIÓN DE LA LITERATURA

Cultivo de frutilla (Fragaria x ananassa)

La frutilla es una fruta que corresponde a la familia de las Rosáceas, del género *Fragariae*. El origen de las variedades comerciales de frutilla se presenta principalmente por el cruce de frutillas silvestres del lugar y frutillas silvestres europeas de tal manera que se obtenga híbridos octaploides mismos que presentan mejor calidad y productividad, con frutos grandes y de muy palatables, con abundante producción de estolones y en algunos casos tolerantes al ataque de ciertos hongos (Caminiti, 2015)

Morfología de la frutilla

La planta de frutilla se la considera rastrera, presenta un tallo en forma de rizoma que se desarrolla a nivel del suelo donde se originan estolones, los cuales permiten formar en sus extremos plántulas iguales a la planta patrón. La corona constituye al tallo al cual se lo observa superficialmente, llevando consigo yemas tanto vegetativas como fructíferas. Sus hojas dispuestas de forma arrosetadas, son trifoliadas, fuertemente aserradas, de pecíolo largo y lámina de color verde intenso en su cara superior y pubescentes en su cara inferior, su tamaño varia de entre los 2 a 4 cm de diámetro, su coloración desde rojo a blanquecino, con carne de color rojiza a blanca, hueca o compacta dependiendo de la variedad. El estado de madurez en climas fríos se presenta a los 30 días después de la floración. (Carmona, 2009)

Variedades de Frutilla

La fruta debe cumplir con diferentes características dependiendo del tipo de mercado al que va ser dirigida, en la agroindustria (pulpa, mermeladas y congelados) o para el consumo directo del producto fresco. Por lo tanto se busca elegir la o las variedades para lograr las mejores utilidades.

Para poder clasificar a las variedades de frutilla (*Fragaria x ananassa*) estas dependen principalmente del requerimiento de horas de luz día, por lo tanto, tenemos variedades de día corto y de día neutro.

Las variedades comerciales de día corto promueven la yema floral con requerimiento de 14 horas luz día y temperaturas de entre 8 y 24 °C, entre los meses de invierno y primavera. Las principales zonas productoras del país, con climas templados a cálidos cuentan con las variedades Camarosa, Festival, Fortuna, Palomar (Caminiti, 2015)

Las variedades de día neutro: promueven la yema floral ya que son independientes de las horas luz día y temperaturas de entre los 8 y 25°C. En este grupo encontramos a las variedades que tradicionalmente se cultivan como Monterrey, Selva, Santa Andrea, Aromas, Albión, Fern, Portolas, Diamante, Seascape, Cristal, Sweet Ann, Whitney, etc. (Caminiti, 2015) En el Ecuador las variedades más usuales son Albión, Monterrey, Oso grande, Chardler, Festival entre otras a menor escala. Del mismo modo la Asociación de Fruticultores, señalan que día a día buscan mejorar el producto, importando nuevas semilla y plántulas. Entre las más importantes encontramos a las siguientes variedades:

Monterey

Varietal parecida a la de San Andeas, por sus características de productividad, vigorosidad y propiedades organolépticas, moderadamente neutra con abundante floración, es una variedad de gran tamaño, rápido desarrollo vegetativo, con temperaturas de 12°C en el suelo. Su fruto realza su dulzura por la escasa acidez, que presenta, de coloración roja externa y pulpa roja por la cual es deseada en el mercado asiático (China, Corea y Japón.) y apetecida en la agroindustria de congelados (Tustón, 2012). Presenta también un buen comportamiento en pos cosecha, del mismo modo es susceptible a enfermedades como el Oídio. Presenta una densidad

de siembra de aproximadamente 60000 pl/ha (28 cm entre plantas) (Villagrán, Legarraga, & Zschau, 2018)

Albión

Fruta con excelente calidad, sabor, preferida por los comerciantes y consumidores. Frutillas grandes cónicas y alargadas con color rojo intenso. Presenta alta resistencia a condiciones climáticas adversas y enfermedades.

Festival: Variedad de día corto, de forma cónica y color rojo mediano. Excelente para el uso de repostería por su firmeza y tiempo de conservación, en el área de congelados es la más cotizada. Festival es una variedad susceptible a la excesiva aplicación de nitrógeno, provocando una fruta blanda con un periodo corto de conservación.

Requerimientos del cultivo

Edafoclimático: La planta de frutilla presenta adaptación a diferentes climas así como a temperaturas de entre los 15 a 20°C, con requerimientos de 380 a 700 horas acumuladas de temperatura de entre 0 y 7°C, sus órganos vegetativos son muy resistentes a heladas, sin embargo en etapa de cuajado dan lugar a frutos deformes y órganos florales mueren a causa del frío. (Sepúlveda, Délano, & Correa, 2016)

Del mismo modo el cultivo de la frutilla se desarrolla en suelos franco arenoso, con buen drenaje, con niveles de materia orgánica y fertilidad medio alto. Con pH entre 5,8 y 7,2, no tolerante a sales de Na, Ca, B y Cl, su conductividad eléctrica debe ser inferior a 1 mmhos·cm⁻¹ (Sepúlveda, Délano, & Correa, 2016)

Nutricional: Para el manejo en nutrición del cultivo de frutilla se puede efectuar la aplicación de algunos fertilizantes de todo tipo en dosis y épocas oportunas. Cuando se aporta a

la planta abonos naturales estas fuentes deben ser aplicadas en su momento de acuerdo a la velocidad de entrega de nutrientes, por lo tanto necesitan de la actividad biológica del suelo.

En los cultivos semi-hidropónicos todos los elementos esenciales se suministran a las plantas disolviendo las sales fertilizantes en agua para preparar la solución nutritiva, es por ello que el uso de un sistema de riego es indispensable para suplir las necesidades de agua de las plantas y suministrar los nutrientes necesarios.

Hidroponía.

William Frederick Gericke, quien fue uno de los pioneros en el desarrollo de estos sistemas de cultivo los llamó "hidroponía" al unir las raíces griegas hydro (agua) y ponos (trabajo), fue el primero en mencionar que los cultivos en solución se utilizan para la producción agrícola. En el cultivo hidropónico, las raíces están continuamente en contacto con las cantidades apropiadas de nutrientes, ya que se plantan en un medio de crecimiento muy adecuado. El exceso de energía la planta la utiliza para desarrollar las partes superiores, incluyendo las flores y los frutos.

Semi hidroponía

Sistema desarrollado bajo un método de cultivo de plantas sembradas en un sustrato inerte y con acceso a todos los nutrientes esenciales para su desarrollo por medio de soluciones. Se parte de un sustrato mismo que se considera a todo material sólido diferente del suelo que puede ser natural o sintético, mineral u orgánico, este puede ser utilizado de forma pura o mezclada, permitiendo el anclaje de las plantas a través de su sistema radicular, este sustrato puede o no intervenir en la nutrición de la planta clasificándose en inertes entre los más relevantes tenemos a la perlita, lana de roca, roca volcánica, entre otros y químicamente activos peat moss, corteza de pinos y cascarilla de arroz. Los materiales inertes juegan un papel importante en este tipo de sistemas, ya que actúa como soporte de la planta; mientras que los

activos, intervienen en los procesos de adsorción y fijación de los nutrimentos (Abad et al, 2005).

Ventajas

La práctica de cultivos semi hidropónicos permite obtener varias ventajas, entre la más importante el ahorro de agua, así mismo la reducción del uso en fertilizantes e insecticidas durante los ciclos de cultivo. Además este sistema permite producir cosechas en contra estación, independientemente de los fenómenos meteorológicos, reduciendo costos de producción, menor espacio y capital para una mayor producción, con ello mayor precocidad y aceleramiento de los cultivos, alta calidad del producto, con altos rendimientos por unidad de superficie, con la posibilidad de cosechar repetidamente la misma especie de planta al año evita el uso de maquinaria agrícola (tractores, rastras, etc.) y con ello la limpieza e higiene en el manejo del cultivo.

Desventajas

La semi hidroponía cuenta con algunas desventajas que son casi imperceptibles como el costo inicial el cual resulta algo elevado, y la idea que se requiere un conocimiento mayor para llevar adelante la producción, sin embargo esto es discutible, ya que cualquier persona lo puede hacer ya sea un ama de casa, un niño o un físico matemáticos.

Solución nutritiva

La solución nutritiva juega el papel más importante en la producción de frutillas semi hidropónico, es por ello que es necesario conocer la cantidad que el cultivo demanda de cada nutriente para una solución balanceada y evitar problemas de toxicidad o de deficiencias.

La frutilla es altamente perceptiva a la salinidad es por lo cual se necesita de monitoreo frecuente de la conductividad eléctrica de la solución nutritiva, así mismo con el pH y la concentración de oxígeno.

La mayoría de las especies crecen bien en un pH de 6,7 a 6,8, con datos de menos 5 en pH se considera que puede presentarse deficiencias en elementos esenciales

Magnesio

El magnesio es uno de los macronutrientes secundarios esenciales para un correcto desarrollo de las plantas, y por ello esencial en la fertilización de nuestros cultivos, la falta de uno de estos nutrientes es igual de perjudicial para el desarrollo y crecimiento de las plantas como la de cualquiera de los nutrientes primarios. (Gonza, 2020)

Posee un ion divalente mismo que se considera el catión más abundante al interior de las células. El cual participa como cofactor junto al ATP de una serie de reacciones enzimáticas, así como de procesos fisiológicos y bioquímicos, cuando entra en estado deficiente afecta directamente el crecimiento y rendimiento, esto se debe a su relación con la activación de enzimas. La Ribulosa 1,5 (RuBP) es importante en el uso de energía luminosa en la fotosíntesis y foto asimilación en crecimiento de las plantas, la nutrición adecuada de Mg es fundamental en producción de cultivos, especialmente bajo estrés ambiental (Cakmak & Yaziel, 2011)

Es un macronutriente vital para las plantas y participa en una serie de procesos fisiológicos esenciales, por ejemplo, partición de carbohidratos y fotosíntesis. Este último es estrictamente dependiente de Mg, ya que es el átomo central de la clorofila, y también es necesario para la síntesis de azúcares; esta vía gira en torno a la actividad de la enzima RuBisCO. Cuando las plantas están sujetas a condiciones de limitación de Mg, el desarrollo y el rendimiento se reducen (Mengutay, 2013)

Su contenido en la planta varía de 0.15 a 1.00 %. Un síntoma de la deficiencia de magnesio es el amarillamiento las hojas más viejas y una clorosis intervenla. Un exceso del elemento no induce síntomas pero el desequilibrio de nutrientes puede causar un crecimiento

reducido. Además la deficiencia provoca muerte celular, por daños en la membrana, degeneración de la clorofila y per oxidación lipídica.

En condiciones de estrés abiótico como calor y la sequía, estas pueden inhibir severamente la absorción de Mg y por lo tanto la deficiencia. El desarrollo de clorosis foliar bajo deficiencia de Mg se estimula cuando las plantas se exponen a mucha luz y un sombreado parcial de las hojas retrasa mucho la aparición del síntoma. (Mengutay *et al.*, 2013)

Sustrato

Se considera sustrato al medio sólido inerte, que presenta doble uso, la primera es anclar y aferrar las raíces protegiéndolas de la luz y permitiéndoles la respiración y la segunda es de contener el agua y los nutrientes que las plantas necesitan (Rea, 2012) Para elegir un sustrato óptimo, se debe considerar que sea inerte donde la planta no tome alimento alguno, que sea fácil de conseguir, de bajo costo y sobre todo que no se descomponga o se desgaste con facilidad. Del mismo modo que mantenga la humedad del medio y proporcione buena aireación a las raíces de la planta; para ello debe ser granulado y que no se compacte (Ibadango, 2017)

Pomina: Es una roca volcánica de coloración grisácea o blanquecina, procedente de la espuma de la emanación volcánicas, lo cual le ha dado una estructura esponjosa y porosa. Al usar la pomina como sustrato, se presenta como alternativa cultivo de sistemas semi hidropónicos, presentando una diferencia considerable respecto a producción en relación con otros sustratos.

Cascarilla de arroz: Sub producto de la industria molinera que es usada como sustrato por sus propiedades físico- químicas, cotizado por su bajo peso y su alta porosidad, además presenta un elevado contenido de silicio. Sin embargo, es difícil mantener la humedad del

sustrato y se debe conocer el origen ya que puede ser una vía de contaminación por otras semillas.

Análisis económico

Textualmente el análisis económico se lo conoce como el método para separar, examinar y evaluar tanto cuantitativa como cualitativamente, las interrelaciones que se dan entre los distintos agentes económicos, así como los fenómenos y situaciones que de ella se derivan; tanto al interior de la economía, como en su relación con el exterior.

La realidad del sector agrícola se delimita por diversas situaciones, donde los servicios y sus constantes cambios en el mercado hacen que los gustos y preferencias imponen nuevos desafíos técnicos. Las nuevas exigencias ambientales, hacen que el cumplimiento de certificaciones sea prioritario como la norma ISO 14001:201.

La influencia de estos cambios debe provocar en todos los involucrados (empresarios, técnicos, investigadores), una atención hacia las necesidades del sector y nuevas y mejores maneras de responder a las mismas, para lograr el entendimiento sobre las mejores prácticas asociadas a la toma de decisiones económicas, para entender mejor el contexto de la práctica agrícola evaluada y saber cuál es la opción con mejores resultados económicos (Ávalos & Villalobos, 2018).

Kardex

Es un registro de datos e información que se encuentra organizada y constituida en un periodo de tiempo donde se podrá encontrar el valor de los productos de la propiedad de la empresa en un tiempo determinado. Del mismo modo, el Kárdex se desarrolla mediante un formato en el cual se usa para registrar entradas y salidas de existencias de la empresa y además es usado para conocer el costo y el inventario en cualquier momento, sin tener que recurrir al inventario de manera física.

La información contenida dentro de un Kárdex tiene carácter de gestión, se genera a partir del consentimiento de la cantidad de productos a vender, y los precios resultantes les permiten sacar conclusiones de clasificación en función de su relación.

CAPITULO III

METODOLOGÍA

Ubicación y características del lugar de investigación

La presente investigación se realizó en el invernadero de Horticultura de Carrera de Ciencias Agropecuarias IASA 1, ubicado en la hacienda El Prado, parroquia San Fernando, cantón Rumiñahui, provincia de Pichincha. La temperatura promedio es de 22,07°C, humedad relativa de 41,19% y 591,67 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ de Luz PAR (Villarreal, 2018).

Instalación del sistema semi hidropónico

Se sembraron frutillas en bolsas de polietileno negro de 0,10*0,20m, a una densidad de 15 pts. /m² El riego se realizó mediante un sistema automatizado distribuido en ocho pulsaciones de uno a dos min cada una, con un caudal de 1,6 L*H.

Mismo sistema fue instalado sobre camas de pallets de madera.

Desarrollo en campo

Se preparó el sustrato con pomina blanca al 100%, se colocará en las bolsas ya establecidas y posteriormente se trasplantan las plántulas de frutilla (*Fragaria x ananassa*), una planta por funda.

La fertilización se realizó tomando como base la solución nutritiva de Yamasaki, calculando posteriormente con las debidas supresiones del Mg (500 μmol , 255 μmol y 10 μmol) (Tabla 1).

Tabla 1

Rangos de concentración (mg/l) de nutrientes esenciales de acuerdo con (Yamazaki, 1997) con supresión de Mg a varios niveles.

	500uM-Mg	255uM- Mg	10uM-Mg
ELEMENTO EN SOLUCIÓN	mg/l	mg/l	mg/l
NH ₄ NO ₃	40	40	40
KN ₃	252,5	203,01	153,52
CaNO ₃	236	236	236
KH ₂ PO ₄	68	68	68
MgSO ₄	123	62,73	2,46
HNO ₃	-	30,87	61,74
K ₂ S ₀₄	-	42,63*	85,26**

Nota. *Corrección de nitrógeno con ácido nítrico 0,51 Mg, ** Corrección de nitrógeno con ácido nítrico 0,02 Mg, Adaptado de (Yamasaki, 1997), (Adbullah, 2016) Micronutrientes: Quelatos de hierro (EDDHA 6%) 0,93 mg.L⁻¹, cobre (EDTA 9%) 0,09 mg.L⁻¹, manganeso (EDTA 13%) 0,27 mg.L⁻¹ y zinc (EDTA 15%) 0,32 m/L, ácido bórico (H₃BO₃) 0,18 mg.L⁻¹ y molibdato de amonio ((NH₄)₆Mo₇O₂₄) 0,33 mg.L⁻¹ (J Encalada, 2020)

Manejo del cultivo de frutilla

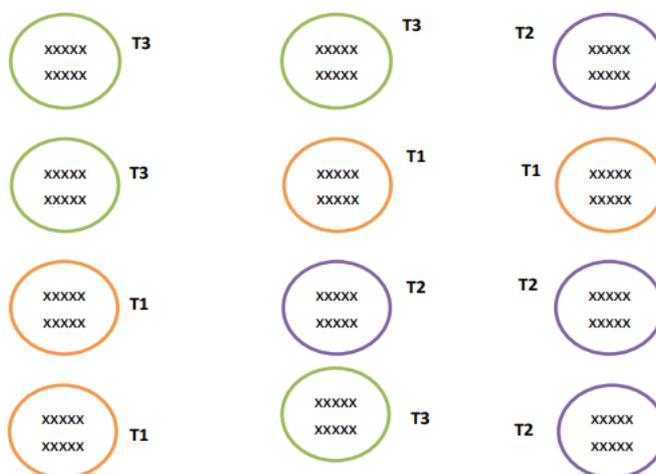
Se determinó como unidad experimental a diez plantas de frutilla. Se sembraron diez plantas de frutilla en cada una de las nueve unidades experimentales. Además se colocaron tres tanques tipo botella de 200L, destinados para cada dosis de solución nutritiva con la restricción de Mg (Tabla 1). Para la conducción del fertilizante se adoptaron tres bombas sumergibles (LEO 0,5 hp), manejado cinco M.S.A (metros de columna de agua) obteniendo un caudal de diez l*min

La red principal se guio por mangueras de 16mm y la red secundaria por manguera de 6mm de forma independiente. El sistema de fertirrigación fue controlado mediante temporizador (Voltech 24h), se lo programo ocho veces al día para activar y desactivar la bomba de fertirrigación, la frecuencia de riego será de un minuto por activación. La distribución de la solución nutritiva se la realizó con válvulas manuales (16mm), las cuales estarán ubicadas al inicio de cada unidad experimental (Figura 1).

El mantenimiento del cultivo tanto en podas, desmalezado, manejo de plagas y enfermedades se realizó de forma paulatina al desarrollo del cultivo.

Figura 1

Disposición en campo de los tratamientos.



Nota. T1: Solución con 500 μ mol de magnesio, T2: Solución con 255 μ mol de magnesio, T3: Solución con 10 μ mol de magnesio

Evaluación de variables

En la fase de campo se tomó datos de todas las unidades experimentales para las variables agronómicas y productivas de las plantas de frutilla. A partir de los 35 días después del trasplante (DDT), hasta el final del primer ciclo de producción (120 DDT) se tomó datos de altura, clorofila, número de flores y frutos. A partir de la cosecha se contaron, se cosecharon y se clasificaron los frutos, por su diámetro polar y ecuatorial (calibrador Truper digital) determinando así calidad de fruto de acuerdo a la norma USDA NOP (USDA, 2018). Se pesó toda la producción total y por categoría, usando una balanza digital (Melter Toledo $p=0,001g$), para obtener frutos comerciales y no comerciales. Para los sólidos solubles del fruto se medirán los °Brix mediante un brixómetro digital (ATAGO).

El porcentaje de clorofila se midió en hojas trifoliadas del campo con el medidor de clorofila HANSATECH modelo CL-01 y en laboratorio mediante espectrofotometría (WPA- 500) donde se cuantificó, clorofila A, B y clorofila total.

En el laboratorio de suelos de la Universidad de las Fuerzas Armadas, se desarrolló el análisis nutrimental (Mg, N, P y K). Donde se realizó análisis foliar y absorción atómica para magnesio y potasio, para N y K se efectuó análisis de espectrofotometría de las muestras de cada tratamiento.

Diseño Experimental

El factor de estudio fue la dosis de Mg con tres niveles (D1= 500 μ mol, D2= 255 μ mol, D3=10 μ mol) y cuatro repeticiones. Se realizó doce unidades experimentales, mismas que se conformaron por diez plantas de frutilla cada una, las cuales fueron evaluadas a partir del trasplante (DDT) hasta los 160 días.

El experimento se dispuso bajo un Diseño completamente aleatorizado (DCA), con 4 repeticiones, El modelo matemático que se adoptará es el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + D_i + \epsilon_{ij}$$

Donde:

Y_{ij} = Producción de las plantas de frutilla.

μ = Media general.

D_i = Efecto del i-ésimo Dosis de Mg en la fertilización.

ϵ_{ij} = Error experimental

Análisis de datos

Se efectuó un análisis de varianza (ANAVA) para las variables agronómicas y productivas, así mismo se realizó una prueba de comparación de medias de Tukey a un nivel de significancia de $p \leq 0,05$

Análisis económico

Se realizó un análisis de costos mediante método de Kardex, basándonos en los datos de producción tomados durante el ensayo, se llevó el registro de la cantidad, el valor de medida, precio por unidad y la clasificación de los productos por características comunes en un documento administrativo de control. Se estimaron los costos variables, el beneficio bruto y el beneficio neto. Los costos variables corresponden a los costos de fertilizante y de mano de obra e instalaciones del sistema de fertirrigación (Tabla 8).

Se obtuvo la rentabilidad en producción de al menos uno de los tratamientos mediante el análisis económico, tomando en cuenta los costos y así como la factibilidad de su desarrollo

en el sistema semi hidropónico Finalmente se procedió a clasificar los costos de producción empleados para la puesta en marcha del proyecto. Cabe mencionar que los costos iniciales sirvieron para la ejecución de las tres propuestas, por lo que, su costo total será dividido para tres y cada propuesta asumirá el costo independiente de la solución empleada según corresponda.

CAPITULO IV

RESULTADOS

Parámetros de desarrollo vegetal

El análisis de varianza para la altura de las plantas de fresa no mostraron diferencias significativas ($F_{(2-9)}=0,80$; $p= 0,4778$). Sin embargo las plantas de fresa tratadas con la dosis de 500 μmol de magnesio en solución nutritiva presentaron mayor altura (15,01cm) que el resto de plantas de los distintos tratamientos

Así mismo en el análisis de varianza para las variables: flores ($F_{(2-9)}=51,81$; $p= 0,0001$), Total número de frutos/planta ($F_{(2-9)}=196,24$; $p= 0,0001$) y gramos/planta ($F_{(2-9)}=53,42$; $p= 0,0001$) presentaron diferencias significativas. En la Tabla 2, se observa las medias y la desviación estándar de las variables número de flores, número total de frutos y gramos producidos por planta, sometidos a deficiencia de magnesio; se encontró que la solución de 500 μmol , presentó más flores, frutos.planta⁻¹ y peso de los frutos expresados en gr.planta⁻¹ respecto al resto a las dosis 255 μmol y 10 μmol de magnesio.

Tabla 2

Promedio \pm desviación estándar de las variables número de Flores, total N° Frutos .planta⁻¹ y gramos .planta⁻¹ de la variedad monterrey sometidas a deficiencia de magnesio

Tratamiento	# Flores	Total N° Frutos. planta ⁻¹	gr planta ⁻¹
10 μmol	1,49 \pm 1,27 ^a	1,75 \pm 1,32 a	195,70 \pm 36,72a
255 μmol	2,05 \pm 1,12 ^b	2,29 \pm 1,66b	484,77 \pm 73,40b
500 μmol	3,02 \pm 1,78 ^c	3,13 \pm 1,77c	927,38 \pm 154,17c

Nota. Letras distintas en la misma fila indican diferencias significativas

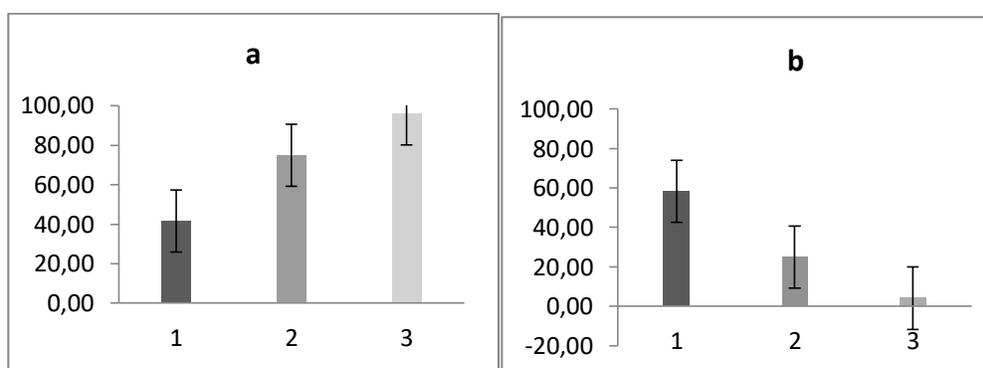
(Tuckey $p > 0,05$)

Parámetros de calidad del fruto

La calidad de fresa sometidos a tres dosis de magnesio en solución nutritiva no presentaron diferencias significativas ($F_{2,9}=0,501$; $p= 0,3008$). Sin embargo el 96,67% de los frutos bajo la solución nutritiva de 500 μmol de magnesio fueron de calidad G1. (Figura 2)

Figura 2

Porcentaje de calidad a) Grado 1 y b) Grado 2 de frutos de frutilla Variedad Monterrey sometidas a deficiencia de magnesio.



Nota. 1= 10 μM de magnesio; 2=255 μM ; 3=:500 μM , Grado1 = Frutos de alta calidad comercial, Grado 2= Frutos de baja calidad comercial.

Variables de medición

Se encontraron diferencias significativas del diámetro ecuatorial ($F_{2,9}=10,04$; $p= 0,0051$) y diámetro polar ($F_{2,9}=11,31$; $p= 0,0035$). El diámetro ecuatorial medido en frutos de plantas de fresa con el tratamiento de 500 μmol de magnesio obtuvo 3,11cm a diferencia de 10 μmol 2,32cm (Tabla 4). Así mismo el diámetro polar el tratamiento 500 μmol de magnesio alcanzó 5,04cm a diferencia de los tratamientos 255 μmol (3,95cm) y 10 μmol (3,49cm) Tabla 3. Figura 3

Figura 3

Diferencia de frutos sometidos a tres dosis de Magnesio en solución nutritiva



Nota: A= Frutilla en solución nutritiva 10 μmol (Grado 2), B= Frutilla en solución nutritiva 255 μmol (Grado 2), C= Frutilla en solución nutritiva 500 μmol (Grado 1).

El peso de fruto ($F_{2,9}=8,83$; $p= 0,009$) y sólidos solubles ($F_{2,9}=16,85$; $p= 0,0009$) presentaron diferencias altamente significativas. Las plantas de fresa tratadas con la dosis de 500 μmol de magnesio en solución nutritiva obtuvieron un peso promedio de fruto*planta-1 de 27,10gr a diferencia de las plantas tratadas con 10 μmol de magnesio 15,96gr. De igual manera para los sólidos soluble ($^{\circ}\text{Brix}$), las plantas tratadas con dosis de 500 μmol y 255 μmol alcanzaron 9,83 y 8.58 $^{\circ}\text{Brix}$ respectivamente a diferencia de 10 μmol 6.15 $^{\circ}\text{Brix}$.

Tabla 3

*Promedio \pm desviación estándar de las variables diámetro ecuatorial, diámetro polar, peso de fruto y sólidos solubles de los frutos de (*Fragaria x ananassa*) variedad Monterey sometidas a deficiencia de magnesio*

Tratamiento	Diámetro Ecuatorial (cm)	Diámetro Polar(cm)	Peso Fruto(gr)	Sólidos solubles(°Brix)
10 μ mol	2,32 \pm 0,41a	3,49 \pm 0,38a	15,96 \pm 15,96a	6,15 \pm 0,83 a
255 μ mol	2,80 \pm 0,8ab	3,95 \pm 0,26a	23,72 \pm 23,72ab	8,58 \pm 1,19 b
500 μ mol	3,11 \pm 0,12b	5,04 \pm 0,68b	27,10 \pm 27,10b	9,83 \pm 0,61b

Nota: Medias \pm desviación estándar con la misma letra denota que no hay diferencias significativas (Tukey, $p < 0,05$).

Figura 4

Diferencia del porcentaje grados brix de frutillas sometidas a deficiencia de magnesio.



Nota: A= 10 μ M de magnesio; B= 255 μ M de magnesio; C= 500 μ M, de magnesio

Clorofila

La Clorofila. a ($F_{2,9}=35,31$; $p = 0,0001$), Clorofila –b ($F_{2,9}=35,31$; $p = 0,0001$) y clorofila total ($F_{2,9}=35,31$; $p = 0,0001$) presentaron diferencias significativas. En este sentido la clorofila- a, clorofila –b y clorofila total de la solución 500 μ mol de magnesio, presentaron un mayor contenido respecto al resto a 255 μ mol y 10 μ mol. Mismo que correspondió al contenido de clorofila en porcentaje medido con el equipo Hansatech. (Tabla 4)

Tabla 4

Promedio ± desviación estándar de clorofila Ch-a, clorofila Ch-B y clorofila total para frutilla Fragaria x ananassa variedad monterrey sometidas a deficiencia de magnesio

Tratamiento	Clorofila -a (µg/ml)	Clorofila -b(µg/ml)	Clorofila Total	Clorofila (%)
10 µmol	19,49± 2,61a	33,91±4,62 ^a	53,40±7,23a	13,25±2,89a
255µmol	26,62± 2,71b	46,49±4,72b	73,12±7,43b	13,48±1,95b
500 µmol	32,66± 0,17c	56,45±1,00c	89,11± 1,07c	25,80±1,70c

Nota. Medias ± desviación estándar con la misma letra denota que no hay diferencias significativas (Tukey, p<0,05).

Análisis nutrimental

El análisis foliar en la solución nutritiva Yamazaki, se encontraron niveles deficientes para los elementos N, P, K, Ca y Mg en la dosis de 10 µmol de magnesio, así como para 255 µmol un nivel propenso a deficiencia y un nivel óptimo para 500 µmol Tabla 6.

Tabla 5

Análisis foliar de Macronutrientes de Fragaria x ananassa variedad monterrey a los 120 DDT bajo tres soluciones nutritivas con deficiencia de magnesio.

Fuente	N (%)	P (%)	K (%)	Ca (%)	Mg (%)
10 µmol	1,92=	0,08=	0,09=	0,614-	0,0501=
255µmol	2,08-	0,21-	1,024-	0,644-	0,1017-
500 µmol	3,57*	0,57*	2,44*	1,371*	0,52*

Nota.- Nivel deficiente=, Propenso a deficiente-, Nivel óptimo*, Nivel excesivo **.
Modificación de (Hirzet, 2012) .

Figura 5

Plantas sometidas a deficiencia de magnesio



Nota: A= Frutilla en solución nutritiva 500 μmol , B= Frutilla en solución nutritiva 255 μmol , C= Frutilla en solución nutritiva 10 μmol

Análisis económico

Para el análisis económico se utilizó la herramienta de Kárdex, mismo que se considera un método de análisis progresivo comúnmente usado en la contabilidad de costos, esta herramienta permite reconocer el costo real de producción de un producto, en este sentido va ser evidente el costo y el valor de ganancia neta del producto final.

Se clasificó los costos de producción empleados para el arranque del proyecto.

Tabla 6

Factores que intervienen en análisis de costos de producción.

COSTOS	
MATERIA PRIMA (MP)	42,00
Plantas	
Agua	3,886

MANO DE OBRA DIRECTA (MOD)	
Horas hombre	597,60
MANO DE OBRA INDIRECTA (MOI)	
Limpieza	19,92
COSTO DE PRODUCCION INDIRECTO (CIF)	
Fundas	2,50
Pallets	40,00
Malla antipajaros	100,00
Pingos	7,50
Cable solido 12	110,00
Tomacorriente	2,40
Enchufe	2,50
Caja de paso	22,50
Timers	55,80
Corla picos	5,60
Taype	2,20
Bomba Leo sumergible 0,5hp	285
Tanques 200ltrs	75,00
Tanques 60 litros	36,00
Salida y Conducción	96,00
Red primaria	18,00

COSTO DE PRODUCCION INDIRECTO (CIF)

Red secundaria	62,00
Spiders –goteros	115,20

Se realizó el Kardex de cada tratamiento, donde para determinar el valor unitario de producción se dividió el costo producción para el peso de producción total por solución 10 μ mol, 255 μ mol y 500 μ mol (Tabla 8, tabla 9, tabla 10).

Tabla 7

Kardex solución 10 μ mol

Fecha	Descripción	ENTRADAS	SALIDAS	EXISTENCIAS		
		Peso	Peso	Peso	V Unitario	V Total
15-may	Costos de producción			187,523	2,49788026	468,41
4-jun	Toma de datos	183,074		370,597	1,263933599	468,41
10-jun	Toma de datos	175,562		546,159	0,857644019	468,41
19-jun	Toma de datos	143,541		689,7	0,679150355	468,41
24-jun	Toma de datos	178,911		868,611	0,539263261	468,41
1-jul	Toma de datos	189,137		1057,748	0,442837046	468,41
8-jul	Toma de datos	188,325		1246,073	0,375908956	468,41
15-jul	Toma de datos	182,054		1428,127	0,327989037	468,41
20-jul	Toma de datos	195,837		1623,964	0,288436197	468,41
29-jul	Toma de datos	186,601		1810,565	0,258709298	468,41
2-ago	Toma de datos	203,953		2014,518	0,232517158	468,41
12-ago	Toma de datos	182,59		2197,108	0,213193889	468,41
25-ago	Toma de datos	209,067		2406,175	0,194669964	468,41
1-sep	Supuesto de pérdida		500	1906,175	0,246257558	469,41
1-sep	Toma de datos	181,659		2087,834	0,225310058	470,41

Tabla 8*Kardex solución 255 µmol*

Fecha	Descripción	ENTRADAS	SALIDAS	EXISTENCIAS		
		Peso	Peso	Peso	V Unitario	V. Total
15-may	Costos de producción			220,028	2,126002145	467,78
4-jun	Toma de datos	221,978		442,006	1,058311426	467,78
10-jun	Toma de datos	260,956		702,962	0,665441375	467,78
19-jun	Toma de datos	236,281		939,243	0,498039379	467,78
24-jun	Toma de datos	313,335		1252,578	0,373453789	467,78
1-jul	Toma de datos	265,835		1518,413	0,308071651	467,78
15-jul	Toma de datos	253,487		2086,735	0,224168378	467,78
20-jul	Toma de datos	266,051		2352,786	0,198819612	467,78
29-jul	Toma de datos	250,753		2603,539	0,179670825	467,78
2-ago	Toma de datos	314,737		2918,276	0,160293269	467,78
12-ago	Toma de datos	267,033		3185,309	0,146855454	467,78
25-ago	Toma de datos	228,247		3413,556	0,137035982	467,78
1-sep	Supuesto de pérdida		500	2913,556	0,160896169	468,78
1-sep	Toma de datos	209,917		3123,473	0,150403093	469,78

Tabla 9*Kardex solución 500 µmol*

Fecha 2021	Descripción	ENTRADAS	SALIDAS	EXISTENCIAS		
		Peso	Peso	Peso	V. Unitario	V. Total
15-may	Costos de producción			302,78	1,542902437	467,16
4-jun	Toma de datos	299,685		602,465	0,776443445	467,78
10-jun	Toma de datos	362,861		965,326	0,484582411	467,78
19-jun	Toma de datos	304,054		1269,38	0,368510611	467,78
24-jun	Toma de datos	385,796		1655,176	0,282616471	467,78
1-jul	Toma de datos	322,631		1977,807	0,236514483	467,78
8-jul	Toma de datos	340,143		2317,95	0,201807632	467,78
15-jul	Toma de datos	329,972		2647,922	0,176659282	467,78
20-jul	Toma de datos	307,836		2955,758	0,158260588	467,78
29-jul	Toma de datos	326,808		3282,566	0,14250437	467,78
2-ago	Toma de datos	313,162		3595,728	0,130093266	467,78
12-ago	Toma de datos	344,391		3940,119	0,118722303	467,78
25-ago	Toma de datos	332,795		4272,914	0,109475641	467,78
1-sep	Supuesto de pérdida		500	3772,914	0,12424879	468,78
1-sep	Toma de datos	300,275		4073,189	0,115334692	469,78

Costo de producción individual

El costo de producción está estrechamente relacionado con el plus tecnológico que los productores dan a su proyectos para que el mismo sea eficiente y productivo. Es por ello que para la obtención de los costos de cada tratamiento se dividió los costos de producción total para el número de soluciones. En este sentido se determinó que el costo estimado de producción individual por tratamiento es de 457,86\$

Los costos individuales de producción se obtuvieron

$$\begin{array}{rcl} \text{Costo individual de} & & \\ \text{producción} & = & \frac{\text{Costo total de producción}}{\text{\# soluciones implementadas}} \\ \\ \text{Costo individual de} & & 1.373,57 \\ \text{producción} & = & \frac{}{3} \\ \\ \text{Costo individual de} & = & 457,86 \end{array}$$

De este modo se evaluó los costos las dosis independientes, donde la solución nutritiva con dosis de 10 µmol de magnesio obtuvo el costos más alto con 468,41\$, mientras que la dosis de 500 µmol tuvo un costo de producción de 467,16\$, considerándola así la más favorable (Tabla 11)

TABLA 10

Costos de producción individual por tratamiento.

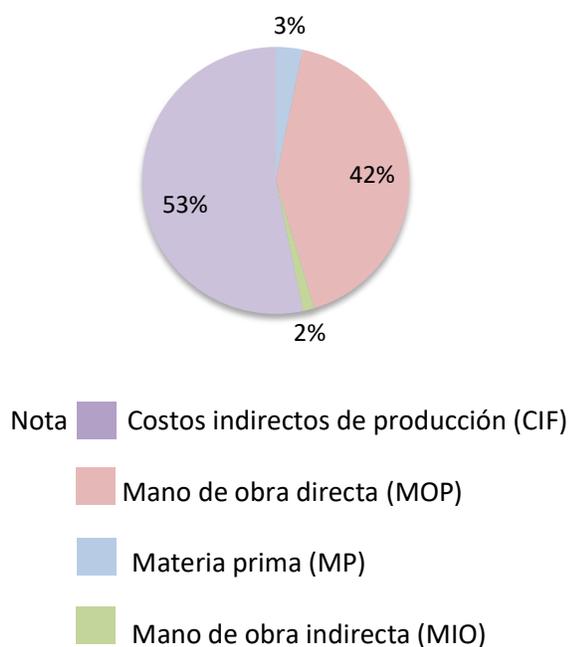
Tratamiento	Costo de producción individual (\$))
Solución nutritiva 10 µmol de Mg	468,41
Solución nutritiva 255 µmol de Mg	467,87
Solución nutritiva 500 µmol de Mg	467,16

Cálculo costos de producción totales.

Entre los costos de producción que se tuvieron en el desarrollo del proyecto, los costos indirectos de producción representaron un 55% (756,05\$) del costo total y la mano de obra indirecta con el 1% (19,92\$), mismos que repercutieron en ser los rubro más alto dentro de la producción.

Figura 6

Porcentaje de los costos de producción para el costo total



Herramienta de análisis

Se representó la depreciación de los costos de producción mediante Kardex entendiendo que a más producción, el valor del costo inicial irá disminuyendo.

El peso de producción se obtuvo con datos de peso en semana más el peso acumulado anterior y restando para el peso de pérdida producido en la semana.

Según los resultados obtenidos, la solución más viable en el entorno financiero es la de 500 μmol de Mg, debido a que se obtiene mayor producción a un menor costo, es decir una diferencia de 0,08ctvs versus las otras soluciones (Tabla 12).

Tabla 11*Análisis del costo de producción*

TRATAMIENTO	PESO (gramos. planta)	V.UNITARIO (\$ Total)	COSTO UNITARIO
Solución nutritiva 10 μ mol	2587,83	470,41	0,18
Solución nutritiva 255 μ mol	3623,47	469,78	0,13
Solución nutritiva 500 μ mol	4573,18	469,78	0,10

Costo de pérdida

Para poder calcular este valor, se utilizó un supuesto de pérdida de 500gr en cada solución. De este modo se obtuvo como resultado que se tiene un mayor costo de producción la solución de 10 μ mol presentando un elevado costo de pérdida ya que el costo de producción es mayor (0,25ctvs) (Tabla 10 -11-12), debido a que es la que menos pérdida financiera produce (Tabla 9).

Tabla 12*Análisis de costos de pérdida*

Tratamiento	Peso perdida (gr)	Costo Unitario (\$)	Perdida (\$)
Solución nutritiva 10umol	500	0,25	123,13
Solución nutritiva 255umol	500	0,16	80,45
Solución nutritiva 500umol	500	0,12	62,12

DISCUSIÓN

El magnesio es un nutriente esencial para el crecimiento y desarrollo normal de las plantas, su deficiencia provoca trastornos en el metabolismo (Hui-xia, Zhu-jun, Ting, Yan, & Jian-bin, 2018) En el estudio realizado, las concentraciones de magnesio no influyeron en la altura de las plantas de fresa (Var Monterrey), estos resultados de altura fueron menores a los reportados por Regagba et. a. (2014), que con concentraciones de Mg entre 0-3000 μmol la altura fue superior a los 30 cm (Var Seolhyang). De igual manera, Hun Lee, Soo Yoon, Il Park, & Rog Yeoung (2015) recomiendan que para un buen desarrollo en altura de plantas de fresa (Var Albion y Goha) los niveles de magnesio deben ser correlacionados con la conductividad eléctrica (1 dS/m).

En plantas de frutilla variedad monterrey a los 120 días se alcanzó un promedio de 109,75 frutos.planta⁻¹ y 195.70 gr.planta⁻¹ con el uso de 10 μmol de Mg pero con 500 μmol se alcanzó 242,75 frutos.planta⁻¹ y 927.38 gr.planta⁻¹. Dichos datos se relacionan con el estudio de (Hun Lee, Soo Yoon, Il Park, & Rog Yeoung, 2015) en la variedad Albion, a una conductividad eléctrica de 1 dS/m y una dosis de Mg > a 500 μmol , obteniendo 159.3 g.planta⁻¹, y 150 frutos por planta. Del mismo modo (Regagba, Myung Choi, Latigui, Mederbal, & Latigui, 2014) mencionan que el incremento de magnesio en la solución nutritiva tiene un efecto positivo en el aumento del rendimiento, sin embargo, superando los valores de 500 μmol Mg, ocasiona toxicidad en el metabolismo de la planta y por lo tanto una disminución del rendimiento.

Por influencia de la concentración de magnesio en soluciones nutritivas a 500 μmol se obtuvieron los mejores frutos con un peso de 27.10 g y 9.83°Brix (Tabla 2), valores que son similares a los reportados por (Regagba, Myung Choi, Latigui, Mederbal, & Latigui, 2014), donde colocaron una concentración de 500 μmol Mg, el peso fresco del fruto fue de 35.7 g, en cambio para los resultados obtenidos por (Hun Lee, Soo Yoon, Il Park, & Rog Yeoung, 2015), son

menores, reportan un peso de fruta entre 9-11 g para Albion y 6-8 g para GohaEn., por otra parte (Caruso, Villari, Melchionna, & Conti, 2011) lograron altos grados brix para la variedad de fresa alpina, con valores superiores a 12 °Brix, debido a una mayor concentración de Mg (>1.6mmol/L) y conductividad eléctrica (>1.3dS/m

La deficiencia de Mg disminuye la expresión de Cabina2, que codifica una proteína de unión a clorofila a / b que podría ser responsable de la disminución de la concentración de clorofila. La deficiencia de Mg, afecta la síntesis de clorofila de la planta, lo que conduce a una disminución de su concentración y la subsiguiente tasa de transferencia de electrones fotosintéticos. (Chang, Wen, Pengab, & Liaoa, 2017). La clorofila es un pigmento fotosintético muy importante que participa en la absorción y transformación de la energía lumínica y la reacción fotoquímica primaria de la fotosíntesis (Ke, Yin, Chen, & Qiu, 2021). En solución nutritiva con una concentración de 500 μmol se lograron valores de clorofila A, B y clorofila total (89,1 ($\mu\text{g}/\text{ml}$), mismos que son superiores a los valores reportados por (Hun Lee, Soo Yoon, Il Park, & Rog Yeoung, 2015), en la variedad Albion 43-55 y 32-47 para la variedad Goha, esto explica el bajo rendimiento reportado para las mismas variedades por su bajo contenido de clorofila y por lo tanto en la tasa de fotosíntesis. (Choi & Latigui, 2008), de igual manera, obtuvieron niveles de clorofila total bajos para diferentes cultivares, los valores obtenidos con valores mayor a 500 μmol Mg en nutrición fueron 40.35-41. Por lo tanto, el nivel de clorofila es de gran importancia y está influenciada por el nivel de nutrición de magnesio.

El impacto de la deficiencia de Mg en frutos y la parte vegetativa de las plantas se puede ver reflejado a lo largo del cultivo, aunque no se presenten síntomas visuales inmediatos. (Gerendás & Fühns, 2013) demostró en su estudio que hay muy poca evidencia de que la deficiencia de Mg o el exceso de Mg afecta directamente la calidad de la fruta, sin embargo físicamente los frutales que sufren de deficiencia de Mg presentan apariencia débil y

desproporcionada. Por lo cual para nuestra investigación el porcentaje de frutos afectados por la deficiencia de magnesio en soluciones nutritivas de 10 μmol y 255 μmol reflejó que 58,33% de frutos fueron de Grado 2, mismos frutos que se consideran no comerciales. La escasez de magnesio se traduce en una serie de efectos sobre la planta, reducción de los entrenudos, y escasa fructificación, así como la pérdida de vigor y rendimiento, afectando en la síntesis de proteínas y provocando incluso la defoliación todos estos rasgos de calidad depende de la fotosíntesis impulsada por Mg y relaciona la translocación dentro de la planta. (Gerendás & Führs, 2013). El Mg^{2+} juega un papel importante en la vacuola, donde favorece a la generación de turgencia y al balance de carga de los aniones. Su desequilibrio en deficiencia o exceso puede alterar la absorción de otros elementos. (Regagba, Choi, Latigui, Mederbal, & Latigui, 2017). En el análisis foliar en la solución nutritiva Yamazaki, se encontraron niveles deficientes para los elementos N, P, K, Ca y Mg en la dosis de 10 μmol de magnesio, así como para 255 μmol un nivel propenso a deficiencia (Tabla 6).

El cultivo tradicional requiere de amplias superficies para llegar a ser rentables, mientras que la implementación de nuevas técnicas permite obtener resultados en menor espacio, entre ellos la hidroponía que actúan eficientemente en pequeñas extensiones. La hidroponía como sistema cerrado (con recirculación) no genera residuos contaminantes cumpliendo con el criterio de cuidado ambiental. En el caso de la frutilla hidropónica los costos operacionales superaron a la inversión inicial, y a pesar de los altos costos de inversión, operación y mantenimiento el flujo neto económico resultó positivo para el tratamiento de 500 μmol , convirtiendo a dicha solución como una opción económica y socialmente rentable. Con los ensayos establecidos y la evaluación técnico-económica se llegó a un costo de producción unitaria de la solución 500 μmol de Mg de USD 0,12, comparando con las soluciones de 255 μmol (USD 0,26) y 10 μmol (USD 0,25).

CONCLUSIONES

Los resultados sobre las variables de desarrollo en el sistema semi hidropónico que no tuvieron un buen nivel de magnesio en la solución nutritiva fueron desfavorables desde el punto de vista productivo y económico, con 10 μmol de Mg en solución nutritiva se obtuvo una altura (10,51cm), número de flores (5,65), frutos de grado 2 (4,17%), diámetro ecuatorial (2,32cm), diámetro polar (3,49cm), peso de fruto (15,94gr), sólidos solubles (6,15°Brix), contenido de clorofila (13,25 %), a diferencia de la solución nutritiva de 500 μmol de Mg que presentó los mejores resultados donde se obtuvo mayor altura (15,01cm), número de flores (11), frutos de grado 2 (58,33%), diámetro ecuatorial (3,11cm), diámetro polar (5,04cm), peso de fruto (27,10gr), sólidos solubles (9,83°Brix), contenido de clorofila (25,80 %).

La aplicación de la metodología de Kardex para el análisis económico permitió definir que la solución con 500 μmol de Mg se desarrolló de mejor manera, al comparar al mismo tiempo las variables de análisis de campo con las de análisis económicas, obtuvo el costo de producción más bajo de 10ctvs por planta y 467,16\$ de inversión total, siendo así la solución de 10 μmol de Mg la menos eficiente obteniendo costos de producción muy altos de 18ctvs por planta y un costo de inversión de 468,41\$.

RECOMENDACIONES

Para la producción de frutilla (*Fragaria x ananassa*) se recomienda el uso de 500 μmol de Mg Magnesio en soluciones nutritivas Yamasaki para sistemas semi hidropónica, considerando que es el nivel más adecuado y mismo que obtuvo resultados favorables tanto en el aspecto productivo como en el económico.

Las nuevas técnicas de producción de fresas bajos sistemas semi hidropónicos se revela como una opción más sostenible frente a la agricultura tradicional ya que por su escaso uso de recursos, su fácil implementación y manejo de nutrición es de considerable para la producción obteniendo resultados favorables en crecimiento, mayor rendimiento y rentabilidad, además de ser amigable con el ambiente.

BIBLIOGRAFÍA

Abdollah, F. (2015). *Algunos aspectos sobre nutrición de la Frutilla Hidropónica*. . MAG -

BIBLIOTECA VIRTUAL .

Adbullah, O. (2016). Vertical-Horizontal Regulated Soilless Farming via Advanced Hydroponics

for Domestic Food Production in Doha, Qatar. *Research Ideas and Outcomes*. (2), pág.

e8134.

AGRO, E. (2013). *Agricultores apuestan al cultivo de fresa*. Obtenido de

[http://www.revistaelagro.com/agricultores-le-apuestan-al-cultivo-de-](http://www.revistaelagro.com/agricultores-le-apuestan-al-cultivo-de-fresas/)

[fresas/%20\[consulta%2020%20de%20febrero%20de%202017\]](http://www.revistaelagro.com/agricultores-le-apuestan-al-cultivo-de-fresas/)

Aguero, J. (2012). *BASE NUTRIMENTAL DE LA FRUTILLA*. Universidad Nacional de Jujuy.

Ávalos, J. M., & Villalobos, A. (2018). *Economic analysis: a study case of *Jatropha curcas* L. using*

the partial budgets methodology. Costa Rica: UNIVERSIDAD DE COSTA RICA.

Avitia-García, E. P.-G.-T.-T.-U. (2014). *Nutrient extraction in strawberry (*Fragaria x Ananassa**

Duch.). 5, 519-524.

Cakmak, I., & Yaziel, A. (2011). *Magnesio. El elemento olvidado*. Obtenido de INFOAGRO:

<http://www.ipni.net/publication/iaahp.nsf/0/80910020DC5AEEA6852579A0006A1A3D/>

[\\$FILE/2.%20Magnesio.%20El%20elemento%20olvidado.pdf](http://www.ipni.net/publication/iaahp.nsf/0/80910020DC5AEEA6852579A0006A1A3D/$FILE/2.%20Magnesio.%20El%20elemento%20olvidado.pdf)

Cakmak, I., Hengeler, C., & Marschner, H. (1994). Partitioning of shoot and root dry matter and

carbohydrates in bean plants suffering from phosphorus, potassium and magnesium

deficiency. . *Journal of Experimental Botany*, .

Caminiti, A. (2015). *CULTIVO DE FRUTILLA EN LA PROVENCIA DEL NEUQUÉN*. INTA.

Carmona, R. (2009). *MANUAL DEL CULTIVO DE FRESA*. Bayer CropScience S.A.,.

- Caruso, G., Villari, G., Melchionna, G., & Conti, S. (2011). Effects of cultural cycles and nutrient solutions on plant growth, yield and fruit quality of alpine strawberry (*Fragaria vesca* L.) grown in hydroponics. *Scientia Horticulturae*, 129, 479-485.
- Gonza, A. (2020). El magnesio y su importancia en el crecimiento vegetal. fertibox.
- Ibadango, F. (2017). "EFICIENCIA Y RENTABILIDAD DEL SISTEMA HIDROPÓNICO VERTICAL FRENTE AL CONVENCIONAL EN LA PRODUCCIÓN DE TRES VARIEDADES DE FRESA (*Fragaria vesca* L.), EN LA GRANJA EXPERIMENTAL YUYUCOCHA, IMBABURA" [UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE]. Obtenido de Repositorio UTN:
<http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/6405/1/03%20AGP%20211%20TRA%20BAJO%20DE%20GRADO.pdf>
- J Encalada. (2020). *Evaluación de tres soluciones nutritivas en el rendimiento y calidad de dos variedades de Fragaria x ananassa "fresa" en un sistema semihidropónico*. Sangolquí: Repositorio Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE.
- Martínez, E., Sarmiento, J., & Jiménez, G. F. (2018). *Efecto de la deficiencia de N, P, K, Ca, Mg y B en componentes de producción y calidad de la uchuva (Physalis peruviana L.)*.
- Mengutay, M. C. (2013). Adequate magnesium nutrition mitigates adverse effects of heat stress on maize and wheat.
- Quishpe, J. (2012). *EVALUACIÓN DE LA RESPUESTA DE LA FRUTILLA (Fragaria dioica) AL SISTEMA DE CULTIVO SEMIHIDROPÓNICO*. EL QUINCHE - PICHINCHA.
- Readon, J. (2016). *Porque la Clorofila Es Saludable*. Obtenido de North Carolina Department of Agriculture:
<https://www.ncagr.gov/fooddrug/espanol/documents/PorquelaClorofilaEsSaludable.pdf>
- Regagba, Z., Choi, J. M., Latigui, A., Mederbal, K., & Latigui, A. (2017). Effect of Various Mg Concentrations in Nutrient Solution on Growth and Nutrient Uptake Response of

Strawberry (*Fragaria*×*Ananassa* Duch.) “Seolhyang” Grown in Soilless Culture. *Science Alert*.

Sepúlveda, P., Délano, G., & Correa, .. (2016). CULTIVO DE FRUTILLA, EN UNA REALIDAD SIN BROMURO DE METILO EN CHILE. CHILE : Repositorio .

Traftz, C. (2015). *Comparison Of Nutritional And Sensory Qualities Between Hydroponic And Soil-Grown Strawberries And Raspberries*. Obtenido de Nutritional Strawberries And Raspberries.

Trujillo, C. (2019). *EVALUACION DE DE CUATROS SUSTRATOS Y OCHO COMBINACIONES , EN EL CULTIVO DE Fragaria ananassa VAR. ALBION. .* Salgolquí: Repositorio Universidad de las fuerzas Armadas ESPE.

Tustón, R. (2012). SISTEMATIZACIÓN DE EXPERIENCIAS DEL CULTIVO DE FRUTILLA (*Fragaria doica*), PARA LA SIERRA NORTE DE PICHINCHA. Quito: REPOSITRIO UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA.

Villagrán, V., Legarraga, M., & Zschau, B. (2018). *Varietades de Frutilla*. INIA.

Will, A., & Jones, L. (1992). *Condiciones del suelo y desarrollo de las plantas según Russell*. Mundi-Prensa.

Yamasaki, K. (1997). A Review of New Directions in Shingosen and Synthetic-fiber Textiles for Sportswear. *Products and services*.

Zaragoza, R. (2013). “*Evaluación de Técnicas Hidropónicas de Producción en el Cultivo de Fresa (Fragaria x ananassa) Bajo Invernadero*”. CENTRO DE INVESTIGACIÓN EN QUÍMICA APLICADA.

ENLACE:

https://drive.google.com/drive/folders/1XHmd0Igfx4gZdNGniD-Fwr_MLc1C-Qc8?usp=sharing