



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE BABAHOYO

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

ESCUELA DE INGENIERIA AGRONOMICA

Tesis de Grado

Presentado al Consejo Directivo de la Facultad, como requisito previo a la obtención del título de:

Ingeniero Agrónomo

Tema:

Respuesta a la aplicación de cuatro soluciones nutritivas en el cultivo hidropónico del berro (*Nesturtium officinale* L.), en el cantón Otavalo, provincia de Imbabura

Autor:

Nancy Elizabeth Rosero Lema

Director:

Ing. Agr. Segundo Rafael Vásquez msc.

El Ángel – Carchi – Ecuador

-2015-



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE BABAHOYO
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
ESCUELA DE INGENIERIA AGRONOMICA

TESIS DE GRADO

PRESENTADA AL H. CONSEJO DIRECTIVO COMO REQUISITO PREVIO A LA
OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE:

INGENIERO AGRONOMO

Tema:

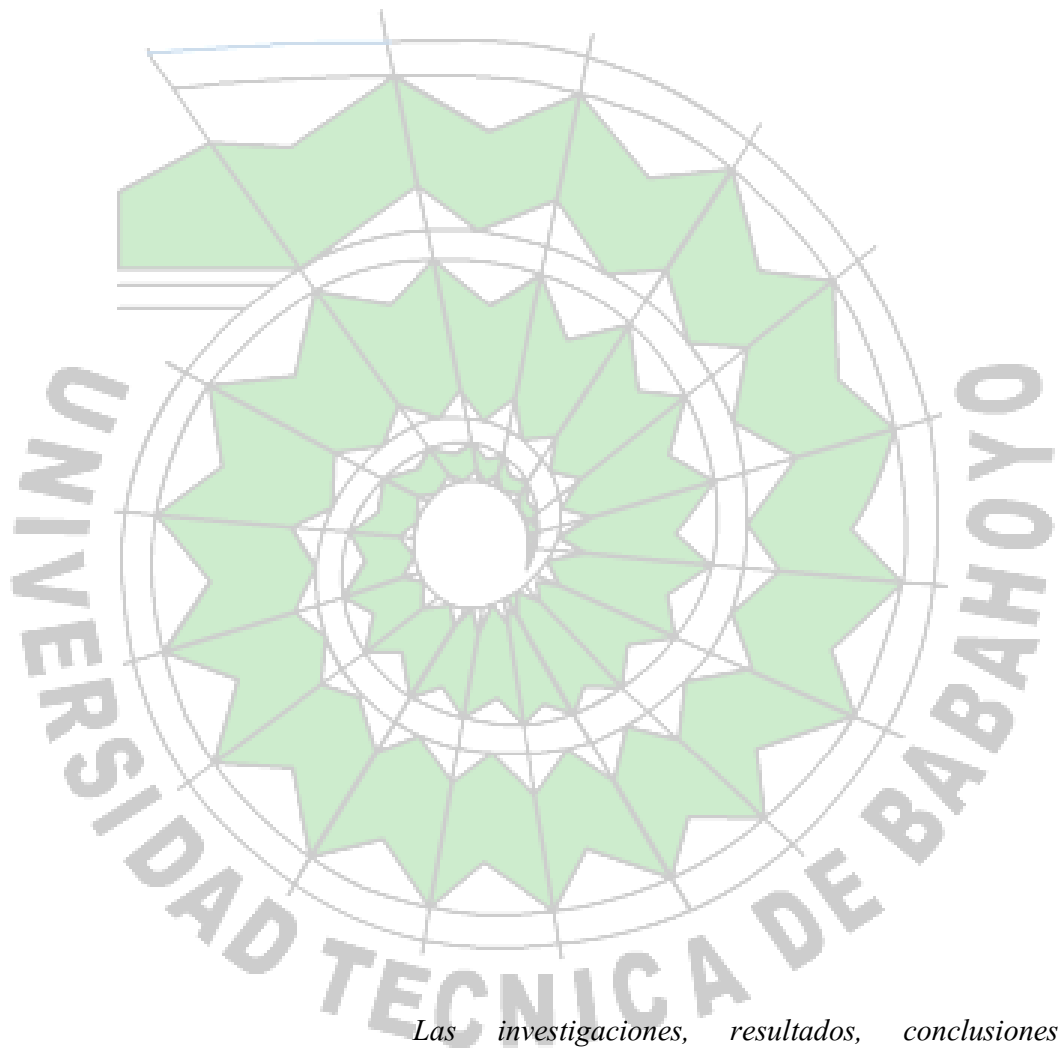
Respuesta a la aplicación de cuatro soluciones nutritivas en el cultivo hidropónico del berro (*Nesturtium officinale* L.), en el cantón Otavalo, provincia de Imbabura

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

Ing. Agr. Oscar Mora Castro MSc.
PRESIDENTE

Ing. Agr. Joffre León Paredes MBA.
VOCAL PRINCIPAL

Ing. Agr. Dalton Cadena Piedrahita MBA.
VOCAL PRINCIPAL



Las investigaciones, resultados, conclusiones y recomendaciones del presente trabajo, son de exclusiva responsabilidad del autor:

A handwritten signature in blue ink, which appears to read "Nancy Elizabeth Rosero Lema". The signature is stylized and written over a light blue horizontal line.

Nancy Elizabeth Rosero Lema

DEDICATORIA

Quiero dedicar este trabajo a una de las personas más importante de mi vida como fue mi padre, quien con su ejemplo de templanza y honestidad nos enseñó que día a día hay que luchar para convertirse en mejores personas.

A mi madre por enseñarme que la tenacidad, el esfuerzo, la valentía son cualidades que se debe llevar para lograr las metas que se han trazado.

A mis hijas que son mi fuerza y mi aliento para ser una mejor mujer, madre y amiga.

A mis hijas Joselyn y Dalila quienes son el motor principal para seguir viviendo y me dieron fuerza para continuar y no caer.

A mi esposo Germánico quien con su comprensión y apoyo me impulso a que yo pueda seguir.

A mis hermanos y hermanas que han sabido estar en los momentos difíciles siendo un pilar en donde puedo apoyarme.

Gracias a cada uno de ellos este trabajo no habría sido posible.

Nancy Elizabeth Rosero Lema

AGRADECIMIENTOS

Doy gracias Dios por haberme dado fuerza y valor para culminar esta etapa de mi vida. Este trabajo es el resultado del esfuerzo y adquisición de conocimientos en estos años,

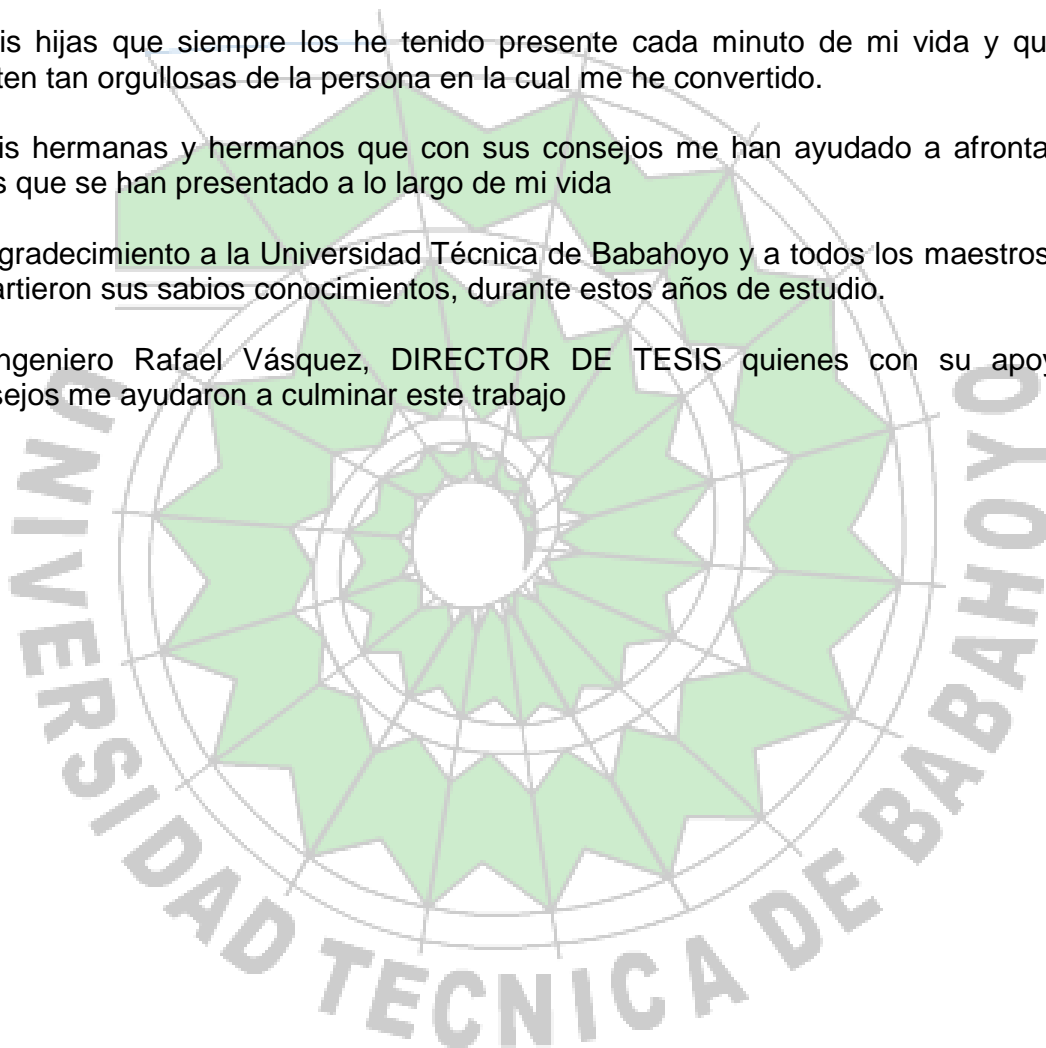
A mi madre y a mi padre que me han enseñado a no rendirme ante nada y sin duda alguna me ha demostrado su amor y ha estado conmigo corrigiendo mis faltas y celebrando mis triunfos.

A mis hijas que siempre los he tenido presente cada minuto de mi vida y que se sienten tan orgullosas de la persona en la cual me he convertido.

A mis hermanas y hermanos que con sus consejos me han ayudado a afrontar los retos que se han presentado a lo largo de mi vida

Mi agradecimiento a la Universidad Técnica de Babahoyo y a todos los maestros que impartieron sus sabios conocimientos, durante estos años de estudio.

Al Ingeniero Rafael Vásquez, DIRECTOR DE TESIS quienes con su apoyo y consejos me ayudaron a culminar este trabajo



Nancy Elizabeth Rosero Lema

INDICE

I.	INTRODUCCIÓN	1
1.1.	Objetivos:	1
1.1.1.	Objetivo General:	1
1.1.2.	Objetivos Específicos:	1
II.	REVISIÓN DE LITERATURA:	2
2.1.	El Cultivo de Berro.	2
2.1.1.	Características generales.	2
2.1.2.	Taxonomía.	2
2.1.3.	Condiciones bioclimáticas para implantación del cultivo de berro en sistema hidropónicos.	2
2.2.	Hidroponía	3
2.2.1.	Características generales de la hidroponía.	3
2.2.2.	Solución nutritiva en hidroponía.	5
2.3.	Características de los fertilizante estudiados.	6
2.3.1.	Hakaphos 15-10-15	6
2.3.2.	Golden Fos	6
2.3.3.	Plant-Prod	7
2.3.4.	Nitrato de calcio	7
2.3.5.	Nitrato de potasio	8
2.3.6.	Fosfato mono cálcico.	8
2.3.7.	Sulfato de Magnesio	9
III.	MATERIALES Y MÉTODOS	10
3.1.	Ubicación y Descripción del Área Experimental.	10
3.2.	Material Genético.	10
3.3.	Factores estudiados.	10
3.4.	Métodos	10
3.5.	Tratamientos	10

3.6.	Diseño experimental.	11
3.7.	Análisis de varianza.	11
3.8.	Análisis funcional.	11
3.9.	Características del Lote Experimental.	11
3.10.	Manejo del ensayo.	12
3.10.1.	Construcción del invernadero.	12
3.10.2.	Instalación sistema hidropónico.	12
3.10.3.	Plantas para la siembra y desinfección.	12
3.10.4.	Trasplante.	12
3.10.5.	Fertilización hidropónica.	12
3.10.6.	Cosecha.	12
3.11.	Datos a evaluados.	12
IV.	RESULTADOS	14
4.1.	Altura de la planta.	14
4.2.	Brotación de los nuevos tallos de la planta.	14
4.3.	Peso de la planta.	15
4.4.	Tamaño de raíz.	16
4.5.	Rendimiento de los berros comercializables.	17
4.6.	Análisis económico.	18
V.	DISCUSIÓN	21
VI.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	22
VII.	RESUMEN	23
	SUMMARY	24
VIII.	LITERATURA CITADA	25
	ANEXOS	27
	Anexo 1. Valores promedios y análisis de varianza de las variables evaluadas.	28
	Anexo 2. Figuras.	34

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Tratamientos estudiados en la respuesta a la aplicación de cuatro soluciones nutritivas en el cultivo hidropónico del berro. UTB. FACIAG. 2015.....	10
Cuadro 2. ADEVA. UTB. FACIAG. 2015.....	11
Cuadro 3. Valores promedios de altura a los 20, 40 y 60 días después del trasplante en el estudio de la respuesta a la aplicación de cuatro soluciones nutritivas en el cultivo hidropónico del berro. UTB. FACIAG. 2015.....	14
Cuadro 4. Valores promedios de número de brotes a los 25 días después del trasplante en el estudio de la respuesta a la aplicación de cuatro soluciones nutritivas en el cultivo hidropónico del berro. UTB. FACIAG. 2015.....	16
Cuadro 5. “Valores promedios de altura y número brotes de la planta en el estudio de la respuesta a la aplicación de cuatro soluciones nutritivas en el cultivo hidropónico del berro. UTB. FACIAG. 2015.	17
Cuadro 6. Valores promedios de rendimiento en el estudio de la respuesta a la aplicación de cuatro soluciones nutritivas en el cultivo hidropónico del berro. UTB. FACIAG. 2015.	17
Cuadro 7. Análisis económico en el estudio de la respuesta a la aplicación de cuatro soluciones nutritivas en el cultivo hidropónico del berro. UTB. FACIAG. 2015.....	19
Cuadro 8. Costos variables en el estudio de la respuesta a la aplicación de cuatro soluciones nutritivas en el cultivo hidropónico del berro. UTB. FACIAG. 2015.....	20
Cuadro 8. Valores promedios de altura de planta a los veinte días después del trasplante, en el estudio de la respuesta a la aplicación de cuatro soluciones nutritivas en el cultivo hidropónico del berro. UTB. FACIAG. 2015.....	28
Cuadro 9. Análisis de varianza de los valores promedios de altura de planta a los veinte días después del trasplante, en el estudio de la respuesta a la aplicación de cuatro soluciones nutritivas en el cultivo hidropónico del berro. UTB. FACIAG. 2015.....	28

Cuadro 10. Valores promedios de altura de planta a los cuarenta días después del trasplante, en el estudio de la respuesta a la aplicación de cuatro soluciones nutritivas en el cultivo hidropónico del berro. UTB. FACIAG. 2015.....	29
Cuadro 11. Análisis de varianza de los valores promedios de altura de planta a los cuarenta días después del trasplante, en el estudio de la respuesta a la aplicación de cuatro soluciones nutritivas en el cultivo hidropónico del berro. UTB. FACIAG. 2015.....	29
Cuadro 12. Valores promedios de altura de planta a los sesenta días después del trasplante, en el estudio de la respuesta a la aplicación de cuatro soluciones nutritivas en el cultivo hidropónico del berro. UTB. FACIAG. 2015.....	30
Cuadro 13. Análisis de varianza de los valores promedios de altura de planta a los sesenta días después del trasplante, en el estudio de la respuesta a la aplicación de cuatro soluciones nutritivas en el cultivo hidropónico del berro. UTB. FACIAG. 2015.....	30
Cuadro 14. Valores promedios de número de brotes al momento de la cosecha, en el estudio de la respuesta a la aplicación de cuatro soluciones nutritivas en el cultivo hidropónico del berro. UTB. FACIAG. 2015.....	31
Cuadro 15. Análisis de varianza de número de brotes al momento de la cosecha, en el estudio de la respuesta a la aplicación de cuatro soluciones nutritivas en el cultivo hidropónico del berro. UTB. FACIAG. 2015.....	31
Cuadro 16. Valores promedios de tamaño de raíz al momento de la cosecha, en el estudio de la respuesta a la aplicación de cuatro soluciones nutritivas en el cultivo hidropónico del berro. UTB. FACIAG. 2015.....	32
Cuadro 17. Análisis de varianza de tamaño de raíz al momento de la cosecha, en el estudio de la respuesta a la aplicación de cuatro soluciones nutritivas en el cultivo hidropónico del berro. UTB. FACIAG. 2015.....	32
Cuadro 18. Valores promedios de peso de planta a la cosecha, en el estudio de la respuesta a la aplicación de cuatro soluciones nutritivas en el cultivo hidropónico del berro. UTB. FACIAG. 2015.	33

Cuadro 19. Análisis de varianza de los valores promedios de peso de planta a la cosecha, en el estudio de la respuesta a la aplicación de cuatro soluciones nutritivas en el cultivo hidropónico del berro. UTB. FACIAG. 2015..... 33



LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Acondicionamiento invernadero.....	34
Figura 2. Distribución hoyos en PVC	34
Figura 3. Perforación hoyos en PVC.....	34
Figura 4. Perforando tubo de PVC	34
Figura 5. Hoyos en PVC	34
Figura 6. Preparando solución Plant-prod.....	34
Figura 7. Preparando solución Golden-Fos.....	35
Figura 8. Preparando solución Hakaphos.....	35
Figura 9. Preparación solución con elementos simples.....	35
Figura 10. Distribución PVC.....	35
Figura 11. Selección de plantas en vida silvestre 1.....	35
Figura 12. Selección de plantas en vida silvestre 2.....	35
Figura 13. Preparación solución nutritiva.....	36
Figura 14. Tubos PVC ensayo.....	36
Figura 15. Trasplante.....	36
Figura 16. Plantas trasplantadas.....	36
Figura 17. Planta en hoyo en adaptabilidad	36
Figura 18. Revisión datos asesor 1.....	36
Figura 19. Toma de datos con asesor de tesis.....	37
Figura 20. Campo experimental.....	37
Figura 21. Cultivo a la cosecha 1.....	37

Figura 22. Cultivo a la cosecha 2. 37

Figura 23. Peso de la planta 1 37

Figura 24. Peso de la planta 2 37



I. INTRODUCCIÓN

El cultivo de berro (*Nasturtium officinale* L) es conocido también como berro de agua. Las plantas en un cultivo de berro resultan vivaces y subacuáticas con tallos medios de hasta 0,5 m con raíces finas y blancas y hojas redondeadas de un color verde intenso y un aspecto fresco y apetecible. Este cultivo tiene su origen en Europa de la zona sur y centro. Los países nórdicos carecen de ella por el clima extremo que allí se propicia.

Una de las ventajas con que cuenta esta planta es por su alto contenido en hierro y se lo utiliza como parte de la dieta alimenticia en ensaladas. Este cultivo se desarrolla en aguas de arroyos poco caudalosos o lugares muy húmedos que resultan habituales donde se pueden encontrar en estado natural. En nuestro país no hay una cultura en la producción del cultivo de berro por lo que es común encontrarlo en forma silvestre en las acequias, por lo que no resulta confiable coger el berro silvestre porque aunque el agua no esté contaminada, no significa que no lleve alguna bacteria procedente del ganado que padece por los alrededores así como de animales muertos en un curso alto del arroyo a su vez procedan estas corrientes de aguas servidas. Partiendo de esta experiencia se considera necesario implantar un cultivo que brinde la sanidad necesaria para su producción.

La hidroponía es una técnica de cultivo sin tierra, en el cual se hace crecer plantas con o sin sustrato. El trabajo de hacer crecer las plantas lo hace la solución de nutrientes con la cual se lava, se hace flotar o se irriga de forma continua la raíz de la planta. La hidroponía o agricultura hidropónica es un método utilizado para cultivar plantas usando soluciones minerales en vez de suelo agrícola. Las raíces reciben una solución nutritiva equilibrada disuelta en agua con todos los elementos químicos esenciales para el desarrollo de la planta. Y pueden crecer en una solución mineral únicamente o bien en un medio inerte como arena lavada, grava o perlita.

Por lo mencionado la presente investigación pretende adaptar el cultivo de berro a un sistema hidropónico, que brinde alternativas de explotación bajos sistemas innovadores con tecnología de soluciones nutritivas que mejoren el nivel nutricional de los consumidores.

1.1. Objetivos:

1.1.1. Objetivo General:

Determinar el efecto de cuatro soluciones nutritivas en el cultivo hidropónico del berro, en la parroquia Miguel Egas del cantón Otavalo.

1.1.2. Objetivos Específicos:

- Evaluar el comportamiento agronómico del cultivo hidropónico del berro a la aplicación de cuatro soluciones de fertilizantes.
- Identificar la solución apropiada de las soluciones sobre el rendimiento del cultivo.
- Analizar económicamente los resultados en función de los costos de producción.

II. REVISIÓN DE LITERATURA:

2.1. El Cultivo de Berro.

2.1.1. Características generales.

Quarters (2008) señala que el berro (*Nasturtium officinale* L) o watercress, como su nombre lo indica, es una planta que ama el agua, por lo que crece muy bien cuando se cultiva en sistemas hidropónicos. A pesar de que la hidroponía puede ser costosa cuando acaba de empezar, en realidad no tiene que serlo. Muchas plantas, especialmente como los berros, crecen bien cuando están mojados y prosperan en un sencillo sistema flotante que puedes fabricar a base de unos pocos materiales simples.

De la misma manera Quarters (2008) añade que el berro de agua es un producto hortícola que se comercializa actualmente en otros países como Chile gracias a la utilización de técnicas hidropónicas que garantizan una fuente de agua limpia y por tanto un producto inocuo a la salud humana. Hace algunas décadas atrás esta hortaliza era recolectada de bordes de acequias y esterós, lo que llevó a que se discontinuaran su consumo debido a la contaminación por *Fasciola hepática*. El cultivo de berro de agua es importante, especialmente en la zona centro sur del país, ya que es parte de la oferta de productos hortícolas hidropónicos, posible de cultivarse y cosecharse a través de todo el año.

Según la Fundación Argentina de Nutrición (2009) indican que el berro tiene un alto contenido en sales y minerales (potasio, calcio, hierro, azufre y sodio), es muy rico en fibra y vitamina C, también contiene vitamina A. Aporta 21 calorías por cada 100 gramos. Tiene sabor fresco y picante, parecido al de la mostaza, que se acentúa con la edad, por lo que se debe consumir joven y antes de florecer.

2.1.2. Taxonomía.

Box (2005) indica que el berro pertenece a la familia botánica Cruciferae, género *Nasturtium*, especie: *N. officinalis* R. Br. Se lo conoce con el Sinónimo: *Rorippa nasturtium-aquaticum* (L) Hayeck.

2.1.3. Condiciones bioclimáticas para implantación del cultivo de berro en sistema hidropónicos.

Marulanda (2003) explica que existen algunos criterios importantes que deben ser tomados en cuenta para obtener mayor eficiencia, mejores resultados y éxito en el producto final y en la empresa comercial que nos proponemos los cuales se basan en los siguientes puntos:

El criterio más importante es ubicar la huerta en un lugar donde reciba como mínimo 6 horas luz solar. Para esto es recomendable utilizar espacios con buena iluminación, y cuyo eje longitudinal mayor esté orientado hacia el norte. Se deben evitar aquellos espacios sombreados por árboles, los lugares inmediatos a casas u otras construcciones y los sitios expuestos a vientos fuertes.

La mayoría de los cultivos hidropónicos se hacen a libre exposición, pero en aquellas zonas caracterizadas por excesivas lluvias se deberá prever la instalación de algún tipo de techo plástico transparente, de uso agrícola.

Es también muy importante la proximidad a una fuente de agua para los riegos, con el fin de evitar la incomodidad y el esfuerzo que significa transportar los volúmenes de agua necesarios.

Algunos elementos, como los recipientes plásticos para el almacenamiento del agua y los nutrientes, la regadera y un pulverizador, deberían estar cerca de los cultivos de la huerta; ya que son elementos que se utilizarán muy frecuentemente. Es importante prevenir ataques de pájaros, que pueden producir daños importantes, especialmente cuando se utiliza un sustrato sólido, como cascarilla de arroz.

La idea de que los cultivos sin tierra sólo se pueden obtener en condiciones de invernaderos plásticos no es completamente cierta. Algunas experiencias conducidas en distintos países de América Latina y el Caribe con cultivos de apios, acelgas, lechugas, nabos, pepinos, perejil, rabanitos, tomates y otras hortalizas, sin utilizar cobertura plástica, indican que es posible obtener buenos productos y plantas a la libre exposición, cuando ellas están adaptadas a las condiciones ambientales del lugar donde se cultivan.

Según Castañeda (2001) el lugar que se escoja para hacer el huerto hidropónico es muy importante, ya que de esto depende el éxito del mismo. Lo importante es que se use nuestra imaginación para aprovechar cualquier espacio disponible como: patios, paredes, techos, ventanas, balcones, los cuales pueden medir desde un metro cuadrado hasta el mayor de los campos de fútbol. Es necesario que estos lugares cumplan con ciertos requisitos, tales como:

Estar bajo la luz del sol por lo menos 6 horas al día. Estar en un lugar protegido de niños pequeños o animales domésticos (gallinas, perros, gatos, conejos o cerdos), que puedan dañar nuestros cultivos.

No estar cerca de desagües, letrinas, basureros, ni ríos de aguas negras, ya que estos pueden contaminar nuestros cultivos.

Estar cerca de una fuente de agua. Estar en un lugar en donde puedan protegerse de lluvias y vientos fuertes.

2.2. Hidroponía

2.2.1. Características generales de la hidroponía.

Rodríguez y Tarrillo (2008) citado por Hidroponia Chile (2006) manifiestan que antiguamente se enseñaba en la universidad que para hacer agricultura se necesitaban tres cosas imprescindibles: clima, agua y suelo. Hoy se sabe que es posible cultivar en climas adversos dentro de invernaderos y que también es posible cultivar sin necesidad del suelo a través de la técnica de cultivo sin suelo más conocida como hidroponía. Pero el agua ha sido y se será siempre el factor limitante para toda producción agrícola. Precisamente, una de las ventajas del cultivo sin suelo es el ahorro significativo del agua, siendo una buena opción en zonas donde ocurren sequías frecuentes.

Suárez (2002) considera que el deterioro progresivo del suelo de los invernaderos y de las zonas de producción hortícola en general, debido a un agotamiento, una contaminación fúngica y una salinización cada vez más extendidos, obliga a los agricultores a optar por el cultivo hidropónico como solución a dichos problemas. Por otra parte, actualmente resulta imprescindible la implantación de técnicas que nos lleven a una economización de los cada vez más escasos recursos hídricos, la técnica de cultivo hidropónico, dada su elevada tecnificación, permite consumir únicamente el agua necesaria, minimizando todo tipo de pérdidas y aportando solamente la cantidad del preciado elemento que las plantas estrictamente necesitan, ello unido a la mayor productividad y calidad logradas mediante el

uso de esta técnica al tener perfectamente controladas las variables de cultivo, permite la obtención de una mayor cantidad de producto con el mínimo consumo de agua y fertilizantes.

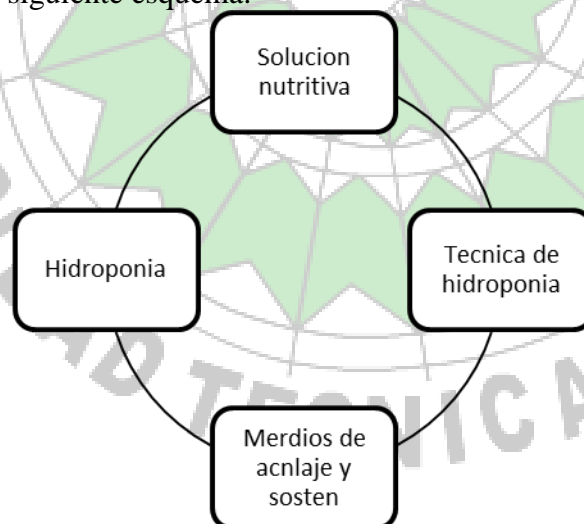
Este mismo autor indica que etimológicamente el concepto hidroponía deriva del griego y significa literalmente trabajo o cultivo (ponos) en agua (hydros). El concepto hidropónico se utiliza actualmente a tres niveles distintos dependiendo del interlocutor, cada uno de los cuales engloba al anterior:

Cultivo hidropónico puro, sería aquel en el que, mediante un sistema adecuado de sujeción, la planta desarrolla sus raíces en medio líquido (agua con nutrientes disueltos) sin ningún tipo de sustrato sólido.

Cultivo hidropónico según la tendencia mayoritaria, es utilizado para referirnos al cultivo en agua (acuicultura) o en sustratos sólidos más o menos inertes y porosos a través de los cuales se hace circular la disolución nutritiva.

Cultivo hidropónico en su concepción más amplia, engloba a todo sistema de cultivo en el que las plantas completan su ciclo vegetativo sin la necesidad de emplear el suelo, suministrando la nutrición hídrica y la totalidad o parte de la nutrición mineral mediante una solución en la que van disueltos los diferentes nutrientes esenciales para su desarrollo. El concepto es equivalente al de “cultivos sin suelo”, y supone el conjunto de cultivo en sustrato más el cultivo en agua.

HYDRO ENVIRONMENT (2015) menciona que la hidroponía es un conjunto de técnicas que sustituye al suelo también es denominada agricultura sin suelo. La hidroponía te permite diseñar estructuras simples y/o complejas favoreciendo las condiciones ambientales idóneas para producir cualquier planta de tipo herbáceo aprovechando en su totalidad cualquier área (azoteas, jardines, suelos infértiles, terrenos escabrosos, etc) sin importar las dimensiones como el estado físico de estas. Aunque la hidroponía es trabajo en agua también utiliza medios y/o estructuras para anclar y sostener a la planta como se presentan en el siguiente esquema:



Estos elementos son esenciales para producir cualquier planta en forma hidropónica, en medios de anclaje y sostén hacemos referencia a sustratos o estructuras, las cuales permitirán hacer fluir o mantener la solución nutritiva por ciertos periodos.

De la misma manera HYDRO ENVIRONMENT (2015) menciona sobre las ventajas y desventajas que presenta la hidroponía:

Ventajas: la hidroponía tiene grandes ventajas y variadas que comparadas con una producción en suelo son interminables por lo cual solo nos enfocaremos en las principales como el área de trabajo ya que puede ser cualquiera sin importar el estado de esta, excepto zonas industriales debido al alto contenido de materiales

contaminantes, otra gran ventaja es la producción todo el año en un mínimo espacio, el por qué radica en la densidad de plantación o el número de plantas en un metro cuadrado y aumenta si las plantas son de porte pequeño, también es cierto que ya no depende directamente del clima evitando a su vez los factores meteorológicos que afectan la producción como granizadas y cambios bruscos de temperatura.

Desventajas: la hidroponía no es perfecta y cuenta con algunas desventajas que son casi imperceptibles como el costo inicial el cual resulta elevado, esto se debe a la falta de información y que no conciben a las plantas como un ser vivo, esta deficiencia de conocimientos a rezagado hasta cierto punto a la hidroponía permitiendo creer a la gente que solo los agricultores o personas dedicadas al estudio de la plantas lo puede hacer sin embargo esto es una mentira ya que están fácil como respira dejando claro que cualquier persona lo puede hacer ya sea un ama de casa, un niño o un físico matemáticos.

De acuerdo con Alarcón (s.f.) informa que la calidad del agua de riego es uno de los factores que más nos puede condicionar un cultivo hidropónico. El sistema de riego más extendido es el riego por goteo debido a que permite la utilización de aguas de mala calidad que serían inutilizables bajo otros sistemas de riego como aspersión o inundación. 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.

Según Alarcón (2015), la racional conducción de la hidroponía implica el conocimiento no sólo de los procesos fisiológicos relativos a la absorción mineral e hídrica, sino también de otros aspectos como la respiración, la fotosíntesis y la transpiración que están estrechamente ligados con los primeros. La mayoría de explotaciones hortícolas comerciales que utilizan el cultivo hidropónico emplean sustratos más o menos inertes, que apenas aportan elementos minerales al cultivo, si exceptuamos la arena de origen calcáreo que suministra cantidades considerables de calcio y magnesio. La nutrición de la planta debe aportarse por completo a través de la solución nutritiva, lo que trae consigo la posibilidad de un control preciso de la nutrición mineral según especie, momento fenológico, características climáticas, etc., para obtener la mayor rentabilidad al cultivo. Ahora bien, al tratarse de sustratos inertes carecen de capacidad tampón, equivocaciones o fallos en el control de la nutrición mineral o el ajuste del Ph pueden ocasionar graves perjuicios a la plantación.

Resh (2007) manifiesta que el berro hidropónico es totalmente higiénico, debido a que se cultiva con agua de pozo o potable. Efectivamente, sus tallos emiten raíces adventicias y, a través de ellas desarrolla abundante follaje. Para cultivar las plantas de berro solo tiene que colocar solución nutritiva en el contenedor o recipiente donde están desarrollando las plantas.

2.2.2. Solución nutritiva en hidroponía.

Steiner (1961) citado por Chávez, Rangel, & Mendoza (2006) indica que una solución nutritiva consta de agua con oxígeno y de todos los nutrimentos esenciales en forma única y eventualmente de algunos compuestos orgánicos tales como los quelatos de fierro y de algún otro micro nutrimento que puede estar presente. Una solución nutritiva verdadera es aquella que contiene las especies químicas indicadas en la solución, por lo que deben de coincidir con las que se determinen mediante el análisis químico correspondiente

2.2.2.1. Soluciones nutritivas comerciales.

Según Calderon (2002) en la hidroponía se vienen empleando una serie de soluciones nutritivas que podrían clasificarse en varias especies a saber:

Las soluciones nutritivas a partir de sales simples

Las soluciones nutritivas a partir de líquidos concentrados

Las soluciones nutritivas a partir de abonos compuestos sólidos

2.2.2.2. Soluciones nutritivas a partir de sales simples.

De la misma manera Calderon (2002) afirma que este método de emplear las sales simples es tal vez el más el utilizado desde muchos años atrás pues permite que cada agricultor maneje según sus necesidades la fertilización que se elija, este método fue adquirido de la fertilización que convencionalmente se realizaba en el suelo con algunas modificaciones. Este tiene sus ventajas y también sus desventajas. Dentro de las ventajas tenemos las de poder cambiar la formulación en un momento deseado, la economía de sus ingredientes pero también tiene sus desventajas en cuanto a lo que se refiere al manipuleo de las sustancias químicas, el error que se pueda presentar en el momento de las pesadas etc...

2.3. Características de los fertilizante estudiados.

2.3.1. Hakaphos 15-10-15

COMPO (2015) indica que la composición con que cuenta Hakaphos 15-10-15 es la siguiente.

- 15 % Nitrógeno total
- 11 % (N) amoniacal
- 4 % (N) nítrico
- 10 % Fósforo (P_2O_5) soluble en Citrato Amónico neutro y agua
- 15 % Potasio (K_2O) soluble en agua
- 2 % Magnesio (MgO) soluble en agua
- 30 % Azufre (SO_3) soluble en agua
- Micronutrientes (solubles en agua):
- 0,01 % Boro (B)
- 0,02 % Cobre (Cu) quelado por EDTA

2.3.2. Golden Fos

Según Edifarm (2014) la composición química de Golden Fos es al siguiente:

Nitrógeno nítrico.....	12 %	
Fósforo asimilable P_2O_5	38 %	
Potasio soluble K_2O	12 %	
Micronutrientes quelatados		
Cobre.....	1,4g/Kg	
Manganeso.....	1,0	g/Kg
Hierro.....	1,4	g/Kg
Magnesio.....	1,9	g/Kg
Zinc.....	1,4	g/Kg
Boro.....	4,3 g/Kg	

Esta mismo autor menciona que la acción fitosanitaria de Golden Fos es un fertilizante formulado utilizando materias primas de alta calidad, de gran solubilidad y libre de sustancias fitotóxicas, puede ser usado para aplicación foliar y/o al suelo como fuente de NPK y de elementos secundarios y menores quelatados, Boro, Magnesio, Zinc, Cobre y

Hierro, todos ellos constitutivos de la clorofila. La presencia de nitrógeno en forma de nitrato, y la eficacia de las plantas en absorber el fósforo y el potasio foliarmente, permite una respuesta inmediata en el cultivo.

2.3.3. Plant-Prod

Solinag (2013) informa que Plant-Prod 15-15-30 es una fórmula ultra soluble perfecta para engrose ya que tiene el doble de potasio en referencia al Nitrógeno, al igual que sigue manteniendo un nivel adecuado de los otros elementos. Plant Prod 15-15-30 es una fórmula adecuada para cultivos en los que mantienen procesos de floración y fructificación continua como son el caso del tomate, tomate de árbol, pimiento, melón, pepino, sandía y otros.

2.3.4. Nitrato de calcio

FERMAGRI (s.f) indica que los parámetros de contenido de nitrato de calcio se presentan de la siguiente manera:

Fórmula Química $5Ca(NO_3)_2 \cdot NH_4NO_3 \cdot 10H_2O$

Peso Molecular 1.019

Nitrógeno Total (N) 15,5 %

Nitrógeno Amoniacal (N-NH₄) 1.3 %

Nitrógeno Nítrico (N-NO₃) 14.2 %

Calcio Total (CaO) 26 %

Calcio Soluble en agua (CaO) 26 %

Insoluble 0,03 %

Granulometría 95 % min. 2-4 mm

Densidad Aparente 1.000 – 1.100 Kg.m³

Angulo de reposo 32 grados

Presentación Física Gránulos blancos

Ph (solución al 10 %) 6,19

Solubilidad (20 °C) 1.000 g/Litro

Humedad 1 % máx.

Humedad Relativa Crítica (30 °C) 46,7 %

Índice de Salinidad 72,8

Además indica que el nitrato de calcio presenta las siguientes características:

- Nitrógeno y Calcio totalmente disponible para los cultivos.
- 100 % hidrosoluble especialmente recomendado en la preparación de soluciones para fertirriego, hidroponía y pulverización foliar
- Previene y controla las deficiencias de Calcio por ser la única fuente de calcio totalmente asimilable en sinergia con el Nitrógeno, garantizando un efecto inmediato.
- Contiene Nitrógeno nítrico rápidamente disponible para la planta.
- Bajo porcentaje de Nitrógeno amoniacal para los cultivos susceptibles (tomates, papas, tabaco, frutales y hortalizas)
- El calcio no se mueve fácilmente de los tallos a las hojas. Es una de las razones

por la cual su aplicación vía foliar (desde el 1 al 4 % en solución) es muy recomendada para prevenir, deficiencias o desordenes fisiológicos.

- Seguro para los cultivos por su bajo índice de salinidad.
- Producto granulado fácil de usar y seguro para el usuario.
- No mezclar nitrato de calcio con fertilizantes a base de sulfato o fosfato.

2.3.5. Nitrato de potasio

FUMEX Ltda (2012) menciona que el contenido del nitrato de potasio se presenta de la siguiente manera:

Porcentaje

Nitrógeno (N): 13

Potasio (K₂O): 44

Ph (solución al 10 %) : 7,5 – 8,5 (a 20 °C)

3. Características Físicas:

Fórmula Química: KNO₃

Sinónimo: sal inorgánica, sal Peter

Apariencia: blanco cristalina granular

Solubilidad a 20 °C: 36g/100cc

Adema la descripción radica en los siguientes puntos:

El nitrato potásico es la fuente más usada de potasio en fertirrigación, estando su consumo muy generalizado en todo tipo de cultivos, tanto anuales como permanentes. Estimula las plantas para su crecimiento vegetativo.

Al ser aplicado no deja ningún residuo, aportando solo elementos útiles, pues es soluble en su totalidad.

Al aportar el nitrógeno en forma nítrica, no retenida por el suelo, su reparto es muy homogéneo.

La ausencia de cloro es una ventaja para las plantaciones de frutas cítricas y tabaco, también se usa en la producción de fertilizantes líquidos y es un importante constituyente de los fertilizantes multinutrientes.

3.1.1. Fosfato mono cálcico.

Tecno Productos Ocampo S.A. (2010) indica que la composición del fosfato monocálcico se presenta de la siguiente manera:

Fórmula: Ca (H₂PO₄) 2• H₂O

Propiedades especificaciones

Tipo alimenticio, FCC

Apariencia: Polvo blanco

Ph 1 % 3,50 – 4,50

Valor de Neutralización 80,0 – 84,0

% Humedad (60 %C durante 3 Hs) 1.0 máx.

% Calcio (Ca) 15,90 – 17,70

% Fósforo (P) 21,00 – 25,50

% Pérdidas por secado 1,0 máx.

Granulometría:

% Pasa malla # 80 a 90,0 min.

% Pasa malla # 200 80,0 min.

Ppm Arsénico (As) 3,0 máx.

Ppm Metales Pesados 30,0 máx.

Ppm Plomo (Pb) 2,0 máx.

Ppm Flúor (F) 50,0 máx.

Sinónimos: Superfosfatos de Calcio; fosfato Acido de calcio, Bifosfato de Calcio, Ortofosfato de Calcio Dihidrogenado, Fosfato Monobásico de Calcio, Fosfato Primario de Calcio.

3.1.2. Sulfato de Magnesio

Sulfatos Naturales Ocucaje S.A.C. (s.f.) indica que los compuestos del sulfato de magnesio son los siguientes:

Mg como MgO = 10 – 13 %

Mg como MgSO₄H₂O = 60 – 80 %

S como SO₄ = 30 – 40 %

Mn como Mn = 300 ppm

Adema indica que este elemento presenta los siguientes beneficios:

Por ser natural está libre de químicos.

Corrige la clorosis, aumenta el Grado Brix.

Eleva la clorofila intensificando el proceso de fotosíntesis.

Interviene en el Metabolismo del Fósforo y el Potasio.

Activa el movimiento de elementos menores disponibles en el suelo.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Ubicación y Descripción del Área Experimental.

La presente investigación se realizó en la zona de Peguche, parroquia Miguel Egas, cantón Otavalo, provincia de Imbabura, ubicada en coordenadas geográficas 00° 19' 28" de longitud oeste y 78° 07' 53" latitud norte y a una altitud de 2.571 m.s.n.m.

Los promedios bioclimáticos anuales se presentan con temperaturas de 17 °C, humedad relativa de 75 %, precipitación entre 937 mm, velocidad del viento 2.8 m/s dominante Norte.¹ La zona de vida es bosque seco Montano bajo (bs-MB).

3.2. Material Genético.

Como material genético se utilizó el berro común o silvestre que crece en los riachuelos (acequias) del sector de Peguche cuyas características agronómicas son: hojas redondas, tallos alargados, la mayoría de los cuales están introducidos en el agua. Tiene un color verde más claro que las otras especies y sus propiedades nutritivas son superiores al resto de berros.

3.3. Factores estudiados.

- Factor A: Cultivo de Berro, especie silvestre
- Factor B: soluciones nutritivas

b1: Hakaphos

b2: Golden Fos

b3: Plant-prod

b4: Nitrato de calcio + Nitrato de K + Fosfato Mono Cálcico + Sulfato de Mg

b5: sin aplicación

3.4. Métodos

Se aplicó los métodos: inductivo – deductivo, analítico, sintético, comparativo y el método experimental.

3.5. Tratamientos

Los tratamientos son cinco a base de soluciones nutritivas como se presentan en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Tratamientos estudiados en la respuesta a la aplicación de cuatro soluciones nutritivas en el cultivo hidropónico del berro. UTB. FACIAG. 2015.

¹ Estación Colegio Forestal “Fernando Chávez Reyes. 2012

Tratamiento	Soluciones nutritivas	Dosis/bloque g/L	Dosis Kg/ha/ día
T1	Hakaphos 15-10-15 + micronutrientes	1,0	10,0
T2	Golden Fos 12-38-12 + micronutrientes	1,0	10,0
T3	Plant-Prod 15-15-30 + micronutrientes	1,0	10,0
T4	Nitrato de calcio + Nitrato de K + Fosfato Monocálcico + Sulfato de Mg	0,4 0,2 0,2 0,2	4,0 2,0 2,0 2,0
T5	Sin aplicación	-	-

3.6. Diseño experimental.

Se utilizó el diseño de bloques completamente al azar (DBCA) con cinco tratamientos y tres repeticiones.

3.7. Análisis de varianza.

Los datos obtenidos en este trabajo se sometieron a un análisis estadístico, siguiendo el siguiente esquema del Cuadro 2.

Cuadro 2. ADEVA. UTB. FACIAG. 2015.

Fuente de Variación	Grados de Libertad
Bloques	2
Tratamientos	4
Error	8
Total	14

3.8. Análisis funcional.

Los promedios obtenidos en las variables se sometieron al análisis de la varianza y se empleó la prueba de Tukey al 5 % para las diferencias estadísticas entre las medías de los factores.

3.9. Características del Lote Experimental.

El área total del experimento fue de 32,00 m², parcelas experimentales de 3,00 m de largo, con un área útil de 9,00 m y una distancia entre bloques y tratamientos de 0,5 m

3.10. Manejo del ensayo.

3.10.1. . Construcción del invernadero

Se procedió a elegir el lugar apropiado para construir el invernadero, esto es cerca de una fuente de agua, utilizando tirantes y costaneras como también el material plástico para el techo y paredes laterales.

3.10.2. Instalación sistema hidropónico.

Se utilizaron 15 tubos PVC de 3 pulgadas, de 3 metros de largo cada uno con 20 agujeros separados a 0,15cm, el tamaño de los agujeros fue de 5cm de diámetro con fines que se adapten a los tapones de esponja; se colocó un tapón de esponja en cada hoyo para sujeción de la planta. Para el funcionamiento del sistema se realizó una conexión con mangueras y a la bomba de aire. Se colocó el difusor de aire en la parte inferior de los tubos con el fines de mantener una oxigenación adecuada del agua con cada solución nutritiva establecida en los tratamientos.

3.10.3. Plantas para la siembra y desinfección.

Se obtuvieron plantas recolectadas en la zona de Peguche en un riachuelo en estado de crecimiento de 0,10 cm que fueron seleccionadas fenotípicamente de acuerdo a su vigor y libres de plagas y enfermedades, una vez que fueron recolectadas se desinfecto con un Carbendazim a dosis de 1 cc/L de agua.

3.10.4. Trasplante.

Las plántulas de berro se colocaron a una distancia de 0,15 cm en el tubo PVC,

3.10.5. Fertilización hidropónica.

Se prepararon soluciones nutritivas en forma independiente de acuerdo a lo establecido en los tratamientos y se inyectaron a través del sistema de riego.

3.10.6. Cosecha.

Se realizó tomando en cuenta la madurez fisiológica del cultivo del berro, es decir a los 60 días cortando a 5 cm de la base, para luego realizar manojos de 40 cm de largo para la comercialización.

3.11. Datos a evaluados.

3.11.1. Altura de planta.

Se tomó después del trasplante, a los 20, 40, 60 días, en cinco plantas al azar utilizando una regla graduada en cm.

3.11.2. Número de brotes por planta.

Se determinó el número de tallos por planta a los 25 días en cinco plantas al azar en cada unidad experimental.

3.11.3. Peso del follaje.

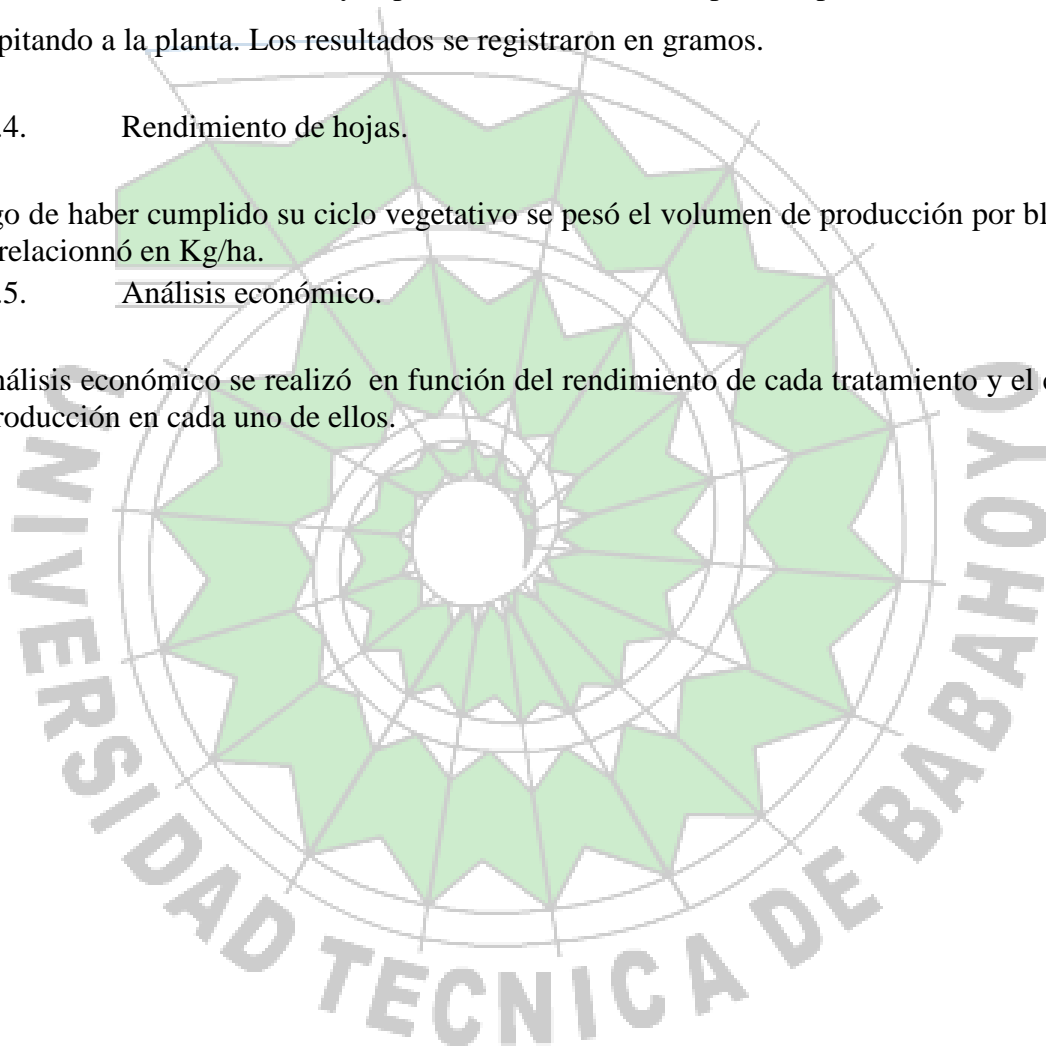
Esta evaluación se registró de la misma manera al término del experimento en muestras de cada tratamiento y repetición en donde se separó la parte aérea de la raíz, decapitando a la planta. Los resultados se registraron en gramos.

3.11.4. Rendimiento de hojas.

Luego de haber cumplido su ciclo vegetativo se pesó el volumen de producción por bloque y se relacionó en Kg/ha.

3.11.5. Análisis económico.

El análisis económico se realizó en función del rendimiento de cada tratamiento y el costo de producción en cada uno de ellos.



IV. RESULTADOS

4.1. Altura de la planta.

El Cuadro 3 presenta los resultados de los valores promedios de la altura de planta a los 20 días después del trasplante, el análisis de variancia determinó alta significancia estadística (1 %) en tratamientos, con un coeficiente de variación equivalente al 6,78 %. Realizada la prueba de Tukey se determinó la solución (B) con Golden Fos 12-38-12 + micronutrientes, alcanzó una altura de 19 cm sin diferir estadísticamente el tratamiento 1 tratamiento y el testigo con una altura de 10,67 cm.

En el Cuadro 3 también se presentan los valores promedios de altura de planta a los 40 días después del trasplante expresada en centímetros, donde el análisis de variancia determinó alta significancia entre tratamientos. El coeficiente de variación fue igual a 4,27 %. De acuerdo a la prueba de Tukey, el tratamiento con la solución (B) de Golden Fos 12-38-12 + micronutrientes alcanzó la mayor altura con 28,67 cm, sin diferir estadísticamente con los demás tratamientos, mientras que el tratamiento testigo registró la menor altura con 19 cm de promedio, resultando diferente estadísticamente con todos los tratamientos aplicados.

Los valores promedios de altura de planta a los 60 días del trasplante se muestran también en el Cuadro 3, el análisis de variancia detectó alta significancia estadística entre los tratamientos. El coeficiente de variación fue 6,19 %. Efectuada la prueba de Tukey, el tratamiento de solución (B) Golden Fos 12-38-12 + micronutrientes con 40,67 cm de altura obtuvo la mayor altura sin diferir estadísticamente a los tratamientos con sus diferentes dosis. El tratamiento “Testigo” registró el menor valor promedio con 29,69 cm.

4.2. Brotación de los nuevos tallos de la planta.

El Cuadro 4, presenta los resultados de los valores promedios de la brotación a los 25 días después del trasplante, el análisis de variancia determinó alta significancia estadística (1 %) en tratamientos, con un coeficiente de variación equivalente al 30,55 %. Realizada la prueba de Tukey se determinó que la solución (B) Golden Fos 12-38-12 + micronutrientes dio una brotación de 5,67 brotes de sin diferir estadísticamente con otros tratamientos el tratamiento testigo con una brotación de 1,33 brotes.

Cuadro 3. Valores promedios de altura a los 20, 40 y 60 días después del trasplante en el estudio de la respuesta a la aplicación de cuatro soluciones nutritivas en el cultivo hidropónico del berro. UTB. FACIAG. 2015.

Tratamiento de soluciones nutritivas	Dosis g/L	Altura (cm) 20 ddt	Altura (cm) 40 ddt	Altura (cm) 60 ddt
Hakaphos 15-10-15 + micronutrientes	1,0	15,00 b	23,00 b	34,00 b
Golden Fos 12-38-12 + micronutrientes	1,0	19,00 a	28,67 a	40,67 a
Plant-Prod 15-15-30 + micronutrientes	1,0	13,67 bc	22,67 b	35,00 ab
Nitrato de Ca	0,4	12,33 cd	21,67 bc	32,67 b
Fosfato mono cálcico	0,2			
Sulfato de Mg	0,2			
Nitrato de K	0,2			
Sin aplicación	-	10,67 d	19,00 c	29,67 b
Significancia estadística		**	**	**
Promedio		14,13	23,00	34,40
CV (%)		6,78	4,27	6,19

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes ($p > 0,05$), según Tukey al 5 % de significancia.

Ddt: días después del trasplante

**= altamente significativo al 1 %

4.3. Peso de la planta.

Los valores promedios de la planta de berro en la parte aérea se registran en el Cuadro 4 el análisis de varianza encontró alta significancia entre tratamientos; el coeficiente de variación fue 1,60 %

Según la prueba de Tukey, el tratamiento de solución (B) Golden Fos 12-38-12 + micronutrientes registró 120 g/planta como mayor valor siendo igual estadísticamente a los tratamientos. El menor peso de planta lo registró el tratamiento "Testigo" con 63 gramos siendo diferente estadísticamente a los demás tratamientos.

Cuadro 4. Valores promedios de número de brotes a los 25 días después del trasplante en el estudio de la respuesta a la aplicación de cuatro soluciones nutritivas en el cultivo hidropónico del berro. UTB. FACIAG. 2015.

Tratamiento de soluciones nutritivas	Dosis g/L	Número de brotes 25 ddt
Hakaphos 15-1015 + micronutrientes	1,0	3,00 b
Golden Fos 12-3812 + micronutrientes	1,0	5,67 a
Plant-Prod 15-15-30 + micronutrientes	1,0	3,00 b
Nitrato de Ca	0,4	2,67 b
Fosfato mono cálcico	0,2	
Sulfato de Mg	0,2	
Nitrato de K	0,2	
Sin aplicación	-	1,33 b
Significancia estadística		**
Promedio		3,13
CV (%)		30,55

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes ($p > 0,05$), según Tukey al 5 % de significancia.

Ddt: días después del trasplante

**= altamente significativo al 1 %

4.4. Tamaño de raíz.

Los valores promedios del tamaño de la raíz registrado en centímetros, a los 60 días de edad de las plantas se muestran el Cuadro 5, el análisis de varianza detecto alta significancia entre tratamientos. El coeficiente de variación fue 2,06 %.

El tratamiento de la solución con Golden Fos 12-38-12 + micronutrientes registró el mayor valor promedio de tamaño de raíz con 32,67 cm siendo diferente estadísticamente a los demás tratamientos. El tratamiento sin aplicación de fertilizantes registró el menor valor promedio con 21,67 cm de tamaño de raíz.

Cuadro 5. “Valores promedios de peso de planta y tamaño de raíz en el estudio de la respuesta a la aplicación de cuatro soluciones nutritivas en el cultivo hidropónico del berro. UTB. FACIAG. 2015.

Tratamiento de soluciones nutritivas	Dosis g/L	Peso de la planta (g/planta) 60 ddt	Tamaño de la raíz (cm) 60 ddt
Hakaphos 14-10-15 + micronutrientes	1,0	71,00 d	25,67 c
Golden Fos 12-38-12 + micronutrientes	1,0	120,00 a	32,67 a
Plant-Prod 15-15-30 + micronutrientes	1,0	104,33 c	28,33 b
Nitrato de Ca	0,4	109,67 b	22,67 c
Fosfato mono cálcico	0,2		
Sulfato de Mg	0,2		
Nitrato de K	0,2		
Testigo	-	63,00 e	21,67 d
Significancia estadística		**	**
Promedio		27,00	93,60
Coeficiente de variación		2,06	1,60

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes ($p > 0,05$), según Tukey al 5 % de significancia.

Ddt: días después del trasplante

**= altamente significativo al 1 %

4.5. Rendimiento de los berros comercializables.

El Cuadro 6, presenta los valores promedios del rendimiento de berro por hectárea en Hidroponía. El análisis de varianza estableció alta significancia entre tratamientos siendo el coeficiente de variación de 2,06 %.

De acuerdo a la prueba de Tukey, el tratamiento de la solución Golden Fos 12-38-12 micronutrientes, registró 12.000,0 Kg/ha de producción siendo igual estadísticamente a los tratamientos, en tanto el tratamiento sin solución nutritiva registró 6.300,0 Kg/ha de berro comercializables siendo diferente estadísticamente a los demás tratamientos.

Cuadro 6. Valores promedios de rendimiento en el estudio de la respuesta a la aplicación de cuatro soluciones nutritivas en el cultivo hidropónico del berro. UTB. FACIAG. 2015.

Tratamiento de soluciones nutritivas	Dosis (g/L)	Rendimiento (Kg/ha)
Hakaphos 15-10-15 + micronutrientes	1,0	7.100.0 d
Golden Fos 12-38-12 + micronutrientes	1,0	12.000.0 a
Plant-Prod 15-15-30 + micronutrientes	1,0	10.433.0 c
Nitrato de Ca Fosfato mono cálcico Sulfato de Mg Nitrato de K	0,4 0,2 0,2 0,2	10.967.0 b
Testigo	-	6.300.0 e
Significancia estadística		**
Promedio		9.360,0
Coeficiente de variación:		2,06

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes ($p > 0,05$), según Tukey al 5 % de significancia.

Ddt: días después del trasplante

**= altamente significativo al 1 %.

4.6. Análisis económico.

En el Cuadro 7, presenta el análisis económico del rendimiento de berro comercializable en función al costo de producción de cada tratamiento por hectárea (Cuadro 8). Se observa que en el tratamiento de la solución Golden Fos 12-38-12 + micronutrientes obtuvo la mayor utilidad económica con 52.546,7 USD/ha, mientras el “Testigo” presentó una utilidad de 22.666,7 USD/ha.

Cuadro 7. Análisis económico en el estudio de la respuesta a la aplicación de cuatro soluciones nutritivas en el cultivo hidropónico del berro.
UTB. FACIAG. 2015.

Tratamiento de soluciones nutritivas	Rendimiento anual (Kg/ha) *	Valor de la producción (USD/ha)	Costo tratamiento (USD/ha)/año		Utilidad Bruta (USD/ha)	% de utilidad
			Fijos	Variables		
Hakaphos 15-10-15 + micronutrientes	42.600,0	42.600,0	16.333,3	3.600,0	22.666,7	113,7
Golden Fos 12-38-12 + micronutrientes	72.000,0	72.000,0	16.333,3	3.120,0	52.546,7	270,1
Plant-Prod 15-15-30 + micronutrientes	62.598,0	62.598,0	16.333,3	2.880,0	43.384,7	225,8
Nitrato de Ca Fosfato mono cálcico Sulfato Mg Nitrato de K	65.802,0	65.802,0	16.333,3	1.752,0	47.716,7	263,8
Testigo	37.800,0	37.800,0	16.333,3	0,0	21.466,7	131,4

* Rendimiento elevado a 6 cosechas anuales.

** Precio Kg de berro \$ 1 USD al 20/02/2015.

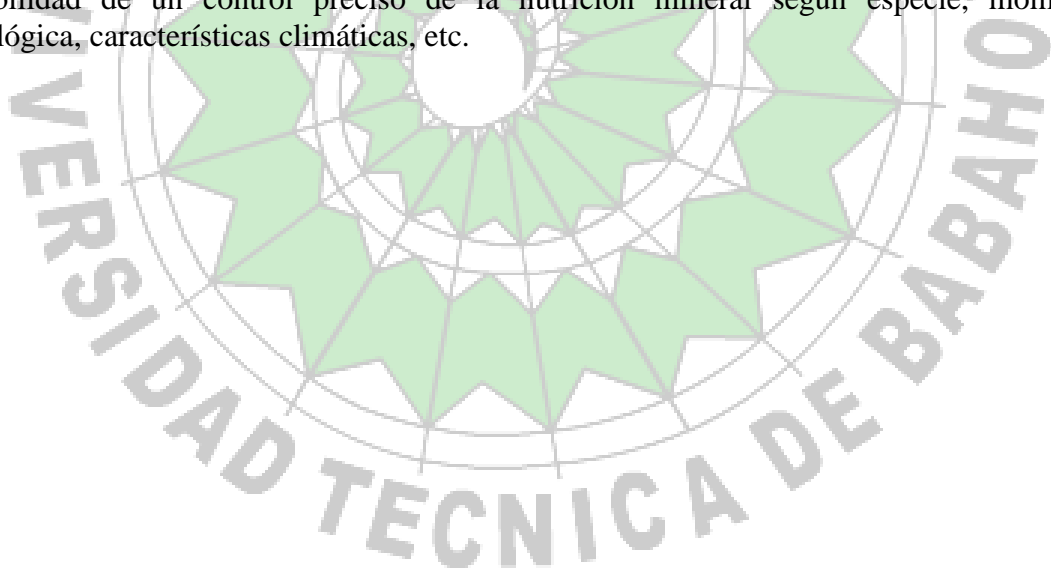
Cuadro 8. Costos variables en el estudio de la respuesta a la aplicación de cuatro soluciones nutritivas en el cultivo hidropónico del berro. UTB. FACIAG. 2015.

Tratamientos	Fuentes de fertilizantes	Dosis Kg/día	Dosis/Kg/año	USD/ Kg	USD/Año
T1	Hakaphos 15-10-15 + micronutrientes	10	2.400,00	1,50	3.600
T2	Golden Fos 12-38-12 + micronutrientes	10	2.400,00	1,30	3.120
T3	Plant-Prod 15-15-30 + micronutrientes	10	2.400,00	1,20	2.880
T4	Nitrato de calcio +	4	960,00	0,80	768
	Nitrato de K +	2	480,00	0,80	384
	Fosfato Monocálcico +	2	480,00	0,70	336
	Sulfato de Mg +	2	480,00	0,55	264
T5	Sin aplicación	-	-	-	-

V. DISCUSIÓN

La investigación tubo como finalidad estudiar la “Respuesta a la aplicación de cuatro soluciones nutritivas en el cultivo hidropónico del berro (*Nesturtium officinale* L), teniendo un tratamiento sin aplicación como testigo. Analizando la respuesta con los resultados obtenidos en el comportamiento de la planta de berro, durante el ciclo que duro el cultivo podemos deducir que tanto los fertilizantes, en las dosis aplicadas en cada una de ellas, difirieron significativamente en todas las variables evaluadas, aplicadas a la valoración de sus resultados tanto en altura, brotación, y tamaño de la raíz y peso de la planta.

Los resultados obtenidos a los 20, 40 y 60 días en la variable altura de planta, podemos definir que el tratamiento de la solución con Golden Fos 12-38-12 + micronutrientes con dosis 1 g/L alcanzó la mayor relevancia sobre el testigo y las otras soluciones, lo que demuestra del efecto positivo de la solución (B) Golden Fos 12-38-12 + micronutrientes sobre el comportamiento de esta solución de fertilizantes en la planta, es mejor que los tratamientos con las soluciones (A), (C), y (D) como lo menciona Martínez (2006), la racional conducción de la hidroponía implica el conocimiento no sólo de los procesos fisiológicos relativos a la observación, la fotosíntesis y la transpiración que están estrechamente ligados con los primeros. La mayoría de explotaciones hortícolas comerciales que utilizan el cultivo hidropónia emplean sustratos más o menos inertes, que apenas aportan elementos minerales al cultivo, si exceptuamos la arena de origen calcáreo que suministra cantidades considerables de calcio y magnesio. La nutrición de la planta debe aportarse por completo a través de la solución nutritiva, lo que trae consigo la posibilidad de un control preciso de la nutrición mineral según especie, momento fenológica, características climáticas, etc.



VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El análisis e interpretación de los resultados experimentales, nos conducen a las siguientes conclusiones:

- La solución de Golden Fos 12-38-12 + micronutrientes en dosis de 1 g/L presentó el mejor comportamiento del berro hidropónico variedad silvestre.
- La solución con Golden Fos 12-38-12 + micronutrientes dio como resultado mayor número de brotes, altura y peso de plantas y mayor rendimiento.
- La mayor utilidad económica se lo obtuvo con la solución Golden Fos 12-38-12 + micronutrientes con 270,1 %.

De acuerdo a los resultados de este trabajo se recomienda:

- Continuar con la investigación, sobre cultivo en hidroponía en otras especies hortícolas no solo en tubos en PVC si no en mesas apropiadas con plásticos.
- Realizar el trasplante con mayor número de plantines por hoyo ya que puede brindar mayores rendimientos por unidad de superficie.

VII. RESUMEN

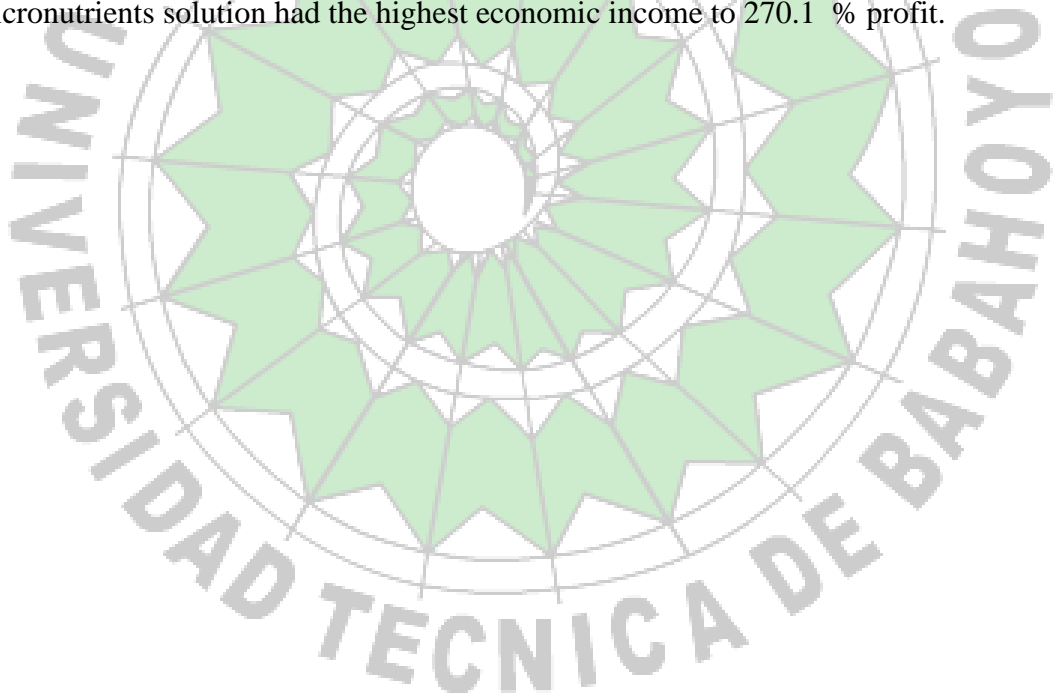
En el presente trabajo de investigación se evaluó la Respuesta a la aplicación de cuatro soluciones nutritivas en hidroponía en el cultivo de berro (*Nesturtium officinale* L), en el cantón Otavalo, provincia de Imbabura con la finalidad de evaluar el comportamiento agronómico del cultivo del berro silvestre en hidroponía en las diferentes dosis de soluciones nutritivas, identificar las dosis más eficiente en hidroponía en la producción del cultivo de berro y analizar económicamente los tratamientos efectuados.

Se empleó el Diseño de Bloques Completos al Azar (DBCA), con tres repeticiones y cinco tratamientos. El área experimental fue de 32m al cuadrado, las parcelas experimentales se hicieron con tubos PVC de 3 pulgadas de 3 m de largo de área útil de 9 m. Se evaluó altura de la planta, brotación de los tallos, tamaño de raíz, peso de la planta, rendimiento y análisis económico. Todas las variables fueron sometidas al análisis de variancia, aplicando la prueba de Tukey al nivel 0,05 de significancia para determinar la diferencia entre las medidas de los factores de estudio.

Los resultados experimentales determinaron que la solución que presentó el mejor comportamiento agronómico comparado con las demás soluciones y el testigo sin aplicación resulto Golden Fos 12-38-12 + micronutrientes en dosis de 1 g/L; el tratamiento que incrementó el mayor número de brotes, altura, peso y rendimiento fue la solución con Golden Fos 12-38-12 + micronutrientes al final de la investigación, resultó bastante significativa, contribuyendo a mejorar la producción en cultivo hidropónico; se observa que en el tratamiento de la solución Golden Fos 12-38-12 + micronutrientes obtuvo la mayor utilidad económica con 270,1 % de utilidad.

VIII. SUMMARY

In the present research the response to the application of four nutrient solutions in hydroponics cultivation watercress (*Nasturtium officinale* L), in the canton Otavalo, Imbabura province in order to evaluate the agronomic performance of growing watercress evaluated hydroponics in different doses of nutrient solutions, identify the most effective dose in hydroponics crop production watercress and economically analyze the treatment given. The design of randomized complete block (RCBD) with three replications and five treatments was used. The experimental area was 32 m squared, five experimental plots 3-inch PVC pipe 3 m long 25 m useful area of the square were made, the variables plant height, stem sprouting was assessed, size root plant weight, yield and economic analysis. All variables were subjected to analysis of variance, using the Tukey test at the 0.05 level of significance to determine the difference between the measures of the study factors. The experimental results showed that the solution had the best agronomic performance compared to other solutions and the witness without application resulted Golden Fos 12-38-12 + micronutrient dose of 1 g / L; treatment which increased the highest number of outbreaks, height, weight and performance was the solution with Golden Fos 12-38-12 + Micronutrients at the end of the investigation, it was quite significant, contributing to improve production in hydroponics; It shows that in the treatment of Fos Golden 12-38-12 + Micronutrients solution had the highest economic income to 270.1 % profit.



IX. LITERATURA CITADA

- Alarcón , A. (s.f). (Infoagro, Editor, & Dpto. Producción Agraria (Área Edafología y Química Agrícola) - ETSIA. Universidad Politécnica de Cartagena.) Recuperado el 24 de 05 de 2015, de Los cultivos hidropónicos de hortalizas extratempranas: http://www.infoagro.com/documentos/los_cultivos_hidroponicos_hortalizas_extratemp_ranas.asp
- Alarcón, A. (15 de 03 de 2015). Recuperado el 24 de 05 de 2015, de LOS CULTIVOS HIDROPÓNICOS: <https://plus.google.com/115077090214174185147/posts/SdV3bLoYT3N>
- Box, M. (2005). *Prontuario de agricultura*. Madrid: Mundi-Prensa Libros.
- Calderon. (2002). *Laboratorios Dr. Calderon*. Recuperado el 23 de 05 de 2015, de La hidroponía: <http://www.drcalderonlabs.com/Hidroponicos/Soluciones1.html>
- Castañeda, F. (2001). *MANUAL DE CULTIVOS HIDROPÓNICOS POPULARES*. (Licda. Aura Mejía Rosal de Durán). Panamá.
- Chávez , E., Rangel , P., & Mendoza, A. (2006). Soluciones nutritivas para hidroponía. *Manual para la preparación de soluciones nutritivas*, 146.
- COMPO. (08 de 05 de 2015). Recuperado el 23 de 05 de 2015, de FT_Hakaphosverde_es: http://www.compo-expert.es/fileadmin/user_upload/compo_expert/tr/documents/doc/FT_Hakaphos_Verde_es.pdf
- Edifarm. (2014). Vademécum Agrícola 2014. En Edifarm, *Vademécum Agrícola 2014* (pág. 650). Quito: Edifarm.
- FERMAGRI. (s.f). Recuperado el 23 de 05 de 2015, de Nitrato de calcio: http://www.fermagri.com/Fichas/Solubles/Nitratos/Nitrato_de_Calcio_Fermagri.pdf
- FUMEX Ltda. (2012). Recuperado el 23 de 05 de 2015, de Ficha Técnica Nitrato de potasio: http://www.fumex.cl/pdfs/fichas_tecnicas/nitrato_de_potasio.pdf

- Fundacion Argentina de Nutrición. (15 de 06 de 2009). Recuperado el 24 de 05 de 2015, de Beneficios de las verduras de hoja verde: <http://www.fanutricion.org.ar/shop/detallenot.asp?notid=12>
- Hidroponia Chile. (2006). Recuperado el 24 de 05 de 2015, de Forraje verde hidropónico: http://www.hidroponiachile.cl/j09_forraje.htm
- HYDRO ENVIRONMENT . (2015). Recuperado el 23 de 05 de 2015, de ¿QUÉ ES LA HIDROPONÍA?: http://www.hydroenv.com.mx/catalogo/index.php?main_page=page&id=27&chapter=1
- Marulanda, C. (2003). *LA HUERTA HIDROPONICA POPULAR*. (FAO, Ed.) Santiago, Chile: FAO.
- Quarters, C. (2008). *Cómo cultivar berros hidropónicamente*. Recuperado el 24 de 05 de 2015, de http://www.ehowenespanol.com/cultivar-berros-hidroponicamente-como_90716/
- Resh, H. (2007). *RED HIDROPONÍA*. UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA, Centro de Investigación de Hidroponía y Nutrición Mineral, Lima.
- Solinag. (2013). Recuperado el 23 de 05 de 2015, de Fertilizantes Ultrasolubles (FertiRiego) : 05 - Plant Prod 15-15-30 : <http://www.solinag.com.ec/component/virtuemart/fertilizantes/fertilizantes-ultrasolubles-fertiriego/plant-prod-15-15-30-engrose-detail?Itemid=0>
- Suárez Estrella, F. (2002). *Persistencia y capacidad infectiva del hongo fitopatógeno fusarium oxysporum* . España: Universidad Almería.
- Sulfatos Naturales Ocucaje S.A.C. (s.f.). Recuperado el 23 de 05 de 2015, de Sulfato de Magnesio para Aplicación al Suelo: <http://www.sulfatosnaturales.com/Productos/natmag.html>
- Tecno Productos Ocampo S.A. (2010). Recuperado el 23 de 05 de 2015, de FOSFATO MONOCALCICO: http://www.tecno-productos.com/uploads/files/FOSFATO_MONOCALCICO.pdf

ANEXOS



Anexo 1. Valores promedios y análisis de varianza de las variables evaluadas.

Cuadro 9. Valores promedios de altura de planta a los veinte días después del trasplante, en el estudio de la respuesta a la aplicación de cuatro soluciones nutritivas en el cultivo hidropónico del berro. UTB. FACIAG. 2015.

Trat	Soluciones nutritivas	Bloque 1	Bloque 2	Bloque 3	Σ	\bar{x}
T1	Hakaphos	15.00	16.00	14.00	45.00	15.00
T2	Golden Fos	18.00	20.00	19.00	57.00	19.00
T3	Plant-Prod	14.00	13.00	14.00	41.00	13.67
T4	Solución madre	13.00	12.00	12.00	37.00	12.33
T5	Sin aplicación	12.00	10.00	10.00	32.00	10.67
Σ		72.00	71.00	69.00	212.00	70.67
\bar{x}		14.40	14.20	13.80	42.40	14.13

Cuadro 10. Análisis de varianza de los valores promedios de altura de planta a los veinte días después del trasplante, en el estudio de la respuesta a la aplicación de cuatro soluciones nutritivas en el cultivo hidropónico del berro. UTB. FACIAG. 2015.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	120.67	6	20.11	22.77	0.0001
BLOQUES	0.93	2	0.47	0.53	0.6088
TRAT	119.73	4	29.93	33.89	<0.0001
Error	7.07	8	0.88		
Total	127.73	14			
C.V.	6.65				

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=2.65114

Cuadro 11. Valores promedios de altura de planta a los cuarenta días después del trasplante, en el estudio de la respuesta a la aplicación de cuatro soluciones nutritivas en el cultivo hidropónico del berro. UTB. FACIAG. 2015.

Trat	Soluciones nutritivas	Bloque 1	Bloque 2	Bloque 3	Σ	\bar{x}
T1	Hakaphos	23.00	24.00	22.00	69.00	23.00
T2	Golden Fos	28.00	29.00	29.00	86.00	28.67
T3	Plant-Prod	22.00	22.00	24.00	68.00	22.67
T4	Solución madre	22.00	22.00	21.00	65.00	21.67
T5	Sin aplicación	20.00	19.00	18.00	57.00	19.00
Σ		115.00	116.00	114.00	345.00	115.00
\bar{x}		23.00	23.20	22.80	69.00	23.00

Cuadro 12. Análisis de varianza de los valores promedios de altura de planta a los cuarenta días después del trasplante, en el estudio de la respuesta a la aplicación de cuatro soluciones nutritivas en el cultivo hidropónico del berro. UTB. FACIAG. 2015.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	150.40	6	25.07	26.39	0.0001
BLOQUES	0.40	2	0.20	0.21	0.8145
TRAT	150.00	4	37.50	39.47	<0.0001
Error	7.60	8	0.95		
Total	158.00	14			
C.V.	4.24				

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=2.74937

Cuadro 13. Valores promedios de altura de planta a los sesenta días después del trasplante, en el estudio de la respuesta a la aplicación de cuatro soluciones nutritivas en el cultivo hidropónico del berro. UTB. FACIAG. 2015.

Trat	Soluciones nutritivas	Bloque 1	Bloque 2	Bloque 3	Σ	\bar{x}
T1	Hakaphos	34.00	35.00	33.00	102.00	34.00
T2	Golden Fos	42.00	41.00	39.00	122.00	40.67
T3	Plant-Prod	33.00	33.00	39.00	105.00	35.00
T4	Solución madre	31.00	32.00	35.00	98.00	32.67
T5	Sin aplicación	29.00	30.00	30.00	89.00	29.67
Σ		169.00	171.00	176.00	516.00	172.00
\bar{x}		33.80	34.20	35.20	103.20	34.40

Cuadro 14. Análisis de varianza de los valores promedios de altura de planta a los sesenta días después del trasplante, en el estudio de la respuesta a la aplicación de cuatro soluciones nutritivas en el cultivo hidropónico del berro. UTB. FACIAG. 2015.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	200.80	6	33.47	7.69	0.0056
BLOQUES	5.20	2	2.60	0.60	0.5729
TRAT	195.60	4	48.90	11.24	0.0023
Error	34.80	8	4.35		
Total	235.60	14			
C.V.	6.06				

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=5.88323

Cuadro 15. Valores promedios de número de brotes al momento de la cosecha, en el estudio de la respuesta a la aplicación de cuatro soluciones nutritivas en el cultivo hidropónico del berro. UTB. FACIAG. 2015.

Trat	Soluciones nutritivas	Bloque 1	Bloque 2	Bloque 3	Σ	\bar{x}
T1	Hakaphos	2.00	3.00	4.00	9.00	3.00
T2	Golden Fos	5.00	6.00	6.00	17.00	5.67
T3	Plant-Prod	3.00	4.00	2.00	9.00	3.00
T4	Solución madre	2.00	2.00	4.00	8.00	2.67
T5	Sin aplicación	2.00	1.00	1.00	4.00	1.33
Σ		14.00	16.00	17.00	47.00	15.67
\bar{x}		2.80	3.20	3.40	9.40	3.13

Cuadro 16. Análisis de varianza de número de brotes al momento de la cosecha, en el estudio de la respuesta a la aplicación de cuatro soluciones nutritivas en el cultivo hidropónico del berro. UTB. FACIAG. 2015.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	30.67	6	5.11	5.79	0.0134
BLOQUES	0.93	2	0.47	0.53	0.6088
TRAT	29.73	4	7.43	8.42	0.0058
Error	7.07	8	0.88		
Total	37.73	14			
C.V.	30.00				

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=2.65114

Cuadro 17. Valores promedios de tamaño de raíz al momento de la cosecha, en el estudio de la respuesta a la aplicación de cuatro soluciones nutritivas en el cultivo hidropónico del berro. UTB. FACIAG. 2015.

Trat	Soluciones nutritivas	Bloque 1	Bloque 2	Bloque 3	Σ	\bar{x}
T1	Hakaphos	26.00	25.00	26.00	77.00	25.67
T2	Golden Fos	33.00	32.00	33.00	98.00	32.67
T3	Plant-Prod	28.00	29.00	28.00	85.00	28.33
T4	Solución madre	27.00	26.00	27.00	80.00	26.67
T5	Sin aplicación	22.00	21.00	22.00	65.00	21.67
Σ		136.00	133.00	136.00	405.00	135.00
\bar{x}		27.20	26.60	27.20	81.00	27.00

Cuadro 18. Análisis de varianza de tamaño de raíz al momento de la cosecha, en el estudio de la respuesta a la aplicación de cuatro soluciones nutritivas en el cultivo hidropónico del berro. UTB. FACIAG. 2015.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	193.87	6	32.31	121.17	<0.0001
BLOQUES	1.20	2	0.60	2.25	0.1678
TRAT	192.67	4	48.17	180.63	<0.0001
Error	2.13	8	0.27		
Total	196.00	14			
C.V.	1.91				

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=1.45665

Cuadro 19. Valores promedios de peso de planta a la cosecha, en el estudio de la respuesta a la aplicación de cuatro soluciones nutritivas en el cultivo hidropónico del berro. UTB. FACIAG. 2015.

Trat	Soluciones nutritivas	Bloque 1	Bloque 2	Bloque 3	Σ	\bar{x}
T1	Hakaphos	70.00	71.00	72.00	213.00	71.00
T2	Golden Fos	120.00	118.00	122.00	360.00	120.00
T3	Plant-Prod	105.00	103.00	105.00	313.00	104.33
T4	Solución madre	110.00	109.00	110.00	329.00	109.67
T5	Sin aplicación	65.00	63.00	61.00	189.00	63.00
Σ		470.00	464.00	470.00	1404.00	468.00
\bar{x}		94.00	92.80	94.00	280.80	93.60

Cuadro 20. Análisis de varianza de los valores promedios de peso de planta a la cosecha, en el estudio de la respuesta a la aplicación de cuatro soluciones nutritivas en el cultivo hidropónico del berro. UTB. FACIAG. 2015.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	7557.07	6	1259.51	609.44	<0.0001
BLOQUES	4.80	2	2.40	1.16	0.3608
TRAT	7552.27	4	1888.07	913.58	<0.0001
Error	16.53	8	2.07		
Total	7573.60	14			
C.V.	1.54				

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=4.05514

Anexo 2. Figuras.



Figura 1. Acondicionamiento invernadero



Figura 4. Perforando tubo de PVC



Figura 2. Distribución hoyos en PVC



Figura 5. Hoyos en PVC



Figura 3. Perforación hoyos en PVC.



Figura 6. Preparando solución Plant-prod



Figura 7. Preparando solución Golden-Fos



Figura 10. Distribución PVC



Figura 8. Preparando solución Hakaphos.



Figura 11. Selección de plantas en vida silvestre 1.



Figura 9. Preparación solución con elementos simples.



Figura 12. Selección de plantas en vida silvestre 2.



Figura 13. Preparación solución nutritiva.



Figura 16. Plantas trasplantadas.



Figura 14. Tubos PVC ensayo



Figura 17. Planta en adaptabilidad



Figura 15. Trasplante



Figura 18. Revisión datos asesor 1.



Figura 19. Toma de datos con asesor de tesis.



Figura 22. Cultivo a la cosecha 2.



Figura 20. Campo experimental.



Figura 23. Peso de la planta 1



Figura 21. Cultivo a la cosecha 1.



Figura 24. Peso de la planta 2

