



Facultad de Ingeniería Industrial y de Sistemas

“ESTUDIO DE LA DEFICIENCIA DEL Fe, Mg, Mn Y SU
EFECTO EN LA CLORÓISIS DE ARÚGULAS DE LOS HUERTOS
HIDROPÓNICOS DEL PERÚ”

Tesis para optar el Título Profesional de
Ingeniero Agroindustrial

AUTOR (A)

BACH. MIGUEL ANGEL BAZÁN RAMÍREZ

ASESOR (A)

MG. ÓSCAR BENAVIDES CAVERO

JURADO

Dr. HIGINIO EXEQUIEL FLORES VIDAL

Dr. JORGE VÍCTOR MAYHUASCA GUERRA

Mg. OSCAR HUGO MUJICA RUIZ

Lima – Perú

2019

DEDICATORIA

A Jesucristo, quien me dio las fuerzas para vivir y llegar a mis metas, a mi Madre, gran apoyo fundamental de mis logros, a mi padre y hermanos, Wilfredo y Aldo, modelos a seguir en el campo de la investigación.

A mis hermanos; Hernán, Carmen, Manuel y Maribel docentes, a Doris mi apoyo en los momentos difíciles, a mis hijos Kathy y Miguel inspiración de mis esfuerzos, al Sr. Flores y a mi querida amiga Shirley por su gran apoyo.

A mis profesores y mi Alma Mater Federico Villarreal. Al Dr. Rodríguez Delfín, Técnica Lícida Paqui y trabajadores del huerto hidropónico de la universidad Agraria que dieron todas las facilidades para que el presente trabajo de investigación saliera a luz.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	III
ABSTRACT	IV
ÍNDICE GENERAL	V
ÍNDICE DE TABLAS	VII
ÍNDICE DE FIGURAS	VIII
I. INTRODUCCIÓN	9
1.1 Descripción y formulación del problema	11
1.1.1 Problema General:	12
1.1.2 Problema Específico:.....	12
1.2. Antecedentes	12
1.2.1. Investigaciones internacionales recientes.	12
1.2.2. Investigaciones nacionales recientes.	20
1.3 Objetivo de la investigación	22
1.3.1 Objetivo General.	22
1.3.2 Objetivo Específico.....	22
1.4 Justificación	23
1.5 Hipótesis	23
1.5.1 Hipótesis General.....	23
1.5.2 Hipótesis Específico.	23
1.5.3 Prueba de Hipótesis.	24
II. MARCO TEÓRICO	29
2.1 Bases teóricas sobre el tema de investigación.....	29
2.1.1. Hidroponía, concepto, origen e importancia.	29
2.1.2. Sistemas empleados en Hidroponía.....	34
2.1.3. Arégula.....	37
2.1.4. Clorosis de hojas.....	41
2.1.5. Deficiencia de Fe, Mg y Mn en las plantas.....	47
III MÉTODO	50
3.1 Tipo de investigación:	50
3.2 Ámbito temporal y espacial	50
3.3 Variables	51
3.3.1 Variables Independientes:	51

3.3.2 Variable Dependiente:	51
3.3.3 Variables experimentales (agronómico y de rendimiento).-.....	51
3.4 Población y muestra	51
3.4.1. Población.....	51
3.4.2. Muestra.	51
3.5 Instrumentos.....	52
3.5.1. Solución nutritiva.	53
3.5.2. Equipos:	54
3.6 Procedimientos.....	55
3.6.1. Tratamiento y diseño experimental	55
3.6.2. Preparar sustrato.....	55
3.7 Análisis de Datos.....	57
IV. RESULTADOS.....	72
V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	78
VI. CONCLUSIONES.	79
VII. RECOMENDACIONES.....	80
VIII. REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA.	81
IX. ANEXO	83

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Fertilizantes para hidroponía	39
Tabla 2 Anova para CEE	69
Tabla 3 Comparaciones múltiples para CEE	69
Tabla 4 Subconjuntos homogéneos para CEE	70
Tabla 5 Método Tukey para CEE	70
Tabla 6 Anova para el tamaño.....	71
Tabla 7 Comparación múltiple para el tamaño	71
Tabla 8 Subconjunto homogéneo para el tamaño	72
Tabla 9 Anova para el peso fresco	73
Tabla 10 Comparación múltiple para el peso fresco.....	73
Tabla 11 Subconjuntos homogéneos para el peso fresco	74
Tabla 12 Anova para el peso seco	75
Tabla 13 Comparación múltiple para el peso seco.....	75
Tabla 14 Subconjuntos homogéneos para el peso seco	76
Tabla 15 Muestras de CEE	77
Tabla 16 Muestras de tamaño	78
Tabla 17 Muestras de peso fresco	79
Tabla 18 Muestras de peso seco.....	80
Tabla 19 Muestras de clorosis.....	81
Tabla 20 Escala de Linkeld	82

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	Trasplante de arúgalas del almácigo	10
Figura 2	Arúgalas en el sistema NFT en tiempo de cosecha	11
Figura 3	Arúgalas al inicio del sistema NFT	35
Figura 4	Fresas en el sistema de riego por goteo	36
Figura 5	Solución de Macronutrientes “A” y “B” de la Molina	41
Figura 6	Hojas de arúgalas	42
Figura 7	Grafico para CEE	68
Figura 8	Grafico para tamaño.....	70
Figura 9	Grafico para peso fresco	72
Figura 10	Grafico para peso seco	74

RESUMEN

La investigación se realizó en el Módulo hidropónico de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional Agraria, durante los meses de Febrero a Abril de 2019. El objetivo principal de mi trabajo de investigación consiste en determinar la influencia de Fe+Mg+Mn en el color de las hojas de arrúgalas hidropónicas. Teniendo como unos de los objetivos específicos para lograr esto: Controlar el contenido de Fe+Mg+Mn en las arrúgalas hidropónicas en el grupo Experimental; evaluar el comportamiento de las arrúgalas en el trasplante definitivo (NFT); hacer un análisis de la planta, luego de la cosecha para determinar qué parte y de qué Manera fue afectada la planta con sus deficiencias. La metodología que fue usada en este trabajo fue un diseño experimental de bloques completos al azar con cuatro tratamientos y seis repeticiones. Un grupo control y 3 con deficiencias de Hierro, Magnesio y Manganeso.

Los resultados que se lograron obtener en mi trabajo, fue que la deficiencia de Hierro es un factor determinante en la despigmentación (clorosis) de las hojas de Arrúgalas. Las deficiencias de Magnesio y Manganeso, también son causantes de clorosis, pero en menor grado. También se observó que el tamaño, el peso fresco y peso seco variaron en los distintos grupos de tratamientos.

Las conclusiones a la que se puede arribar en este trabajo son: que la deficiencia de Hierro es un factor determinante en la despigmentación (clorosis) de las hojas de Arrúgalas, seguidas por las deficiencias de Magnesio y Manganeso en menor grado. La arúgula es una planta muy sensible a la oxigenación de sus raíces, por lo que al cultivarlas en el sistema hidropónico, se debe controlar esta variable mediante oxigenación artificial, antes de pasar al sistema de NFT. Además es necesario hacer un ajuste en los nutrientes que estaban establecidos en la teoría bajando los macronutrientes de 5ml. a 3ml. (es importante señalar, que en este grupo no se encontraban los elementos: Hierro, Magnesio ni Manganeso). Uno de los aportes fundamentales de este trabajo de investigación, es dar inicio a proyectos de cultivos de arrúgalas hidropónicas y procesamiento de esta planta en el sector agroindustrial.

Palabras Claves: Huertos hidropónicos, Arúgula, Clorosis, Deficiencia de Fe, Mg y Mn.

ABSTRACT

The research was carried out in the Hydroponic Module of the School of Agricultural Sciences of the National Agrarian University, during the months of February to April 2019. The main objective of my research work is to determine the influence of Fe + Mg + Mn in the color of hydroponic arugula leaves. Having as one of the specific objectives to achieve this: Control the content of Fe + Mg + Mn in the hydroponic arugula in the Experimental group; evaluate the behavior of the arugula in the definitive transplant (NFT); make an analysis of the plant, after harvest to determine what part and how the plant was affected with its deficiencies. The methodology that was used in this work was an experimental design of randomized complete blocks with four treatments and six repetitions. A control group and 3 with deficiencies of Iron, Magnesium and Manganese.

The results that were obtained in my work, was that Iron deficiency is a determining factor in the depigmentation (chlorosis) of Arugula leaves. Deficiencies of Magnesium and Manganese are also causing chlorosis, but to a lesser extent. It was also observed that size, fresh weight and dry weight varied in different treatment groups.

The conclusions that can be reached in this work are: that Iron deficiency is a determining factor in the depigmentation (chlorosis) of Arugula leaves, followed by deficiencies of Magnesium and Manganese to a lesser extent. The arugula is a plant very sensitive to the oxygenation of its roots, so when cultivating them in the hydroponic system, this variable must be controlled by artificial oxygenation, before moving to the NFT system. It is also necessary to make an adjustment in the nutrients that were established in the theory by lowering the macronutrients of 5ml. to 3ml (It is important to note that in this group the elements were not found: Iron, Magnesium or Manganese). One of the fundamental contributions of this research work is to initiate hydroponic arugula cultivation projects and processing of this plant in the agribusiness sector.

Keywords: Hydroponic orchards, Arugula, Chlorosis, Fe deficiency, Mg and Mn.

I INTRODUCCIÓN

En los últimos años el ser humano, debido a la sobrepoblación y para satisfacer la demanda de alimentación, entró a la carrera de la industrialización de tal manera que se debió acelerar las cosechas, y atacar los problemas de plagas haciendo uso indiscriminado de insecticidas y compuestos químicos lo que dieron como resultado el maltrato a la tierra y productos que afectaron la salud del ser humano. Por otra parte, enfermedades incurables como el cáncer, provocó que el hombre en el campo de la medicina, desarrolle tratamientos como la Quimioterapia con efectos secundarios lamentables para el paciente.

En ese sentido en el campo de la investigación científica de la agricultura, se viene proponiendo los “Cultivos Hidropónicos”, cuya ventaja consiste en cultivos en agua, sin el uso de plaguicidas, acortándose el tiempo de cosecha y que permite un uso razonable del agua.

Existen muchas instituciones en el Mundo que se dedican a investigaciones de cultivos usando esta técnica. En América Latina México se encuentra a la vanguardia de estas investigaciones y en el Perú, la universidad “Agraria de la Molina” realiza investigaciones en su huerto de investigación mineral.

En el Huerto Hidropónico de la universidad AGRARIA, se hacen constantemente investigaciones en productos como: LECHUGAS, ESPINACAS, ALBAHACAS, BERROS, FRESAS, PEPINOS etc.

Actualmente se quiere trabajar con una planta muy beneficiosa para la salud de nuestra sociedad y esta es: LA ARÚGULA o RÚCULA para lo cual se necesita controlar un resultado en nuestro producto final como la CLORÓISIS en esta planta.

Existen varias causas y de diferentes índoles, que afectan a la clorosis de este producto, pero para este estudio se eligió la influencia del Magnesio, Hierro y Manganeso como componentes importantes de esta planta tan beneficioso e importante para el ser humano.

Este trabajo de investigación, tiene como propósito, ser un punto de partida para futuros proyectos en el sector agroindustrial, con esta planta, ya sea para su cultivo hidropónico o para procesamiento e introducción en la medicina, como producto fresco o secado y encapsulado. Queda como reto el poder difundir sus beneficios y propagar su consumo en el Perú en todos los estratos sociales.

Figura 1. Trasplante del almácigo (arena) a la segunda etapa (líquido con nutrientes)



Fuente propia.

Figura 2. Arúgulas del experimento en el sistema NFT, en tiempo de cosecha



Fuente propia.

1.1 Descripción y formulación del problema

En el mundo entero existen en el campo de la AGRICULTURA, pérdidas económicas y de producción por productos que se malogran tanto en la etapa de crecimiento cosecha y post-cosecha, ante esta situación surge como alternativa de solución, los "HUERTOS HIDROPONICOS"

En América latina, se viene aplicando esto en la AGRICULTURA, los productos hidropónicos representan una alternativa de solución y de ahorro de agua. México es un ejemplo en productos hidropónicos en investigación.

En el Perú y específicamente en Lima, los productos Hidropónicos aun no son muy difundidos y suelen confundírseles con PRODUCTOS ORGANICOS, siendo la Universidad AGRARIA la que se encuentra a la vanguardia de las investigaciones en este campo.

En el Huerto Hidropónico de la universidad AGRARIA, se hacen constantemente investigaciones en productos como; LECHUGAS, ESPINACAS, ALBAHACAS, BERROS, FRESAS, PEPINOS etc.

Actualmente se quiere trabajar con una planta muy beneficiosa para la salud de nuestra sociedad y esta es: LA ARRÚGULA o RÚCULA para lo cual se necesita controlar un resultado en nuestro producto final como la CLORÓISIS en esta planta.

Existen varias causas y de diferentes índoles, que afectan a la clorosis de este producto, pero para este estudio se eligió la influencia del Magnesio, Hierro y Manganeso como componentes importantes de esta planta tan beneficioso e importante para el ser humano.

Si no se controlan el problema de deficiencia de estos tres elementos tendremos como resultados arrúgalas con hojas amarillas en mal estado, lo que provocará una pérdida para las personas que se dediquen a la difusión de esta muy buena planta con propiedades ya mencionadas.

El aporte que se piensa dar con esta investigación es encontrar las variables que afecten a una buena producción de Arúgula hidropónica y por consecuencia, un aporte a los avances de las investigaciones con productos anticancerígenos en la medicina.

En este contexto se formularon las siguientes preguntas de investigación:

1.1.1 Problema General:

¿De qué forma influye la deficiencia de Fe+Mg+Mn, en las arrúgalas hidropónicas en el huerto hidropónico de la UNALM en los meses de Febrero a Abril?

1.1.2 Problema Específico:

1. ¿De qué forma se evitará la deficiencia de Fe+Mg+Mn, en las arrúgalas hidropónicas en el grupo experimental?
2. ¿Cómo influye el trasplante definitivo de NFT en la deficiencia de Fe+Mg+Mn?
3. ¿Qué parte de la arúgula y de qué manera se ve afectada por la deficiencia de Fe+Mg+Mn en el grupo control?
4. ¿Qué resultados positivos presentó el grupo experimental después del control del Fe, Mg y Mn?
5. ¿Qué características se observó en el grupo control?

1.2. Antecedentes

1.2.1. Investigaciones internacionales recientes.

A nivel internacional se han realizado diversas investigaciones acerca de la relación que existe entre los diversos nutrientes en las plantas y la clorosis en sus hojas.

Con respecto a la importancia de los Nutrientes, Hierro (Fe), Magnesio (Mg) y Manganeso (Mn); se reportaron estudios en:

-Pimiento.

-Frejol.

-Café.

-Estudios en plantas en general.

Álvarez, R. (1964), Hizo un estudio titulado: "Algunos factores asociados con la deficiencia de hierro en el cafeto" que se llevó a cabo en un cafetal de 5 a 6 años del IICA, en Turrialba (Costa Rica). El investigador seleccionó al azar, 15 árboles normales y 15 árboles cloróticos, para analizar sus flores y frutos y determinar cuantitativamente nutrientes (hierro, fosforo total, potasio, manganeso) para encontrar una relación entre la concentración de hierro y el contenido de clorofila en las hojas.

El hierro soluble lo extrajo con una solución de sal di sódica al 2% y con una de HC1 0,1 N saturado con éter y fue determinado colorimétricamente, como resultados obtuvo lo siguiente: mayor cantidad de clorofila para las muestras foliares de árboles normales que para las de árboles deficientes en hierro, esto prueba la existencia de una correlación positiva entre la concentración de hierro y el contenido de clorofila en las hojas. La extracción de hierro soluble con EDTA dio mejores resultados que con HC1 o 1N. Tanto el contenido de hierro total como soluble fue mayor en las muestras foliares y de frutos de árboles normales que en las de los aparentemente deficientes. Puesto que los niveles de hierro encontrados en éstas caen dentro de los límites de deficiencia, la aparición de síntomas típicos de deficiencia de hierro era justificada. El efecto del fósforo inorgánico sobre el contenido de hierro total fue negativo tanto en plantas normales como en las aparentemente deficientes. Asumiendo un efecto lineal se tendría que la reducción del tenor de hierro total en las hojas de café dependió del contenido de fósforo inorgánico en la planta. El contenido de potasio fue mayor en las muestras de árboles deficientes, pudiendo ser éstos más bien un efecto antes que una causa de la clorosis. En el caso que nos ocupa el manganeso no constituyó un factor determinante de la deficiencia de hierro en el cafeto, aunque su efecto fue negativo, pero los signos de clorosis no estuvieron asociados con un aumento en su concentración foliar.

Con respecto a la relación del Manganeso (Mn) y las plantas, López, Fernández, Schoonhoven (1985) Hizo un estudio sobre el frijol titulado: "FRIJOL: Investigación y Producción" con el objetivo de determinar el Manganeso en el suelo y su toxicidad en frijol. Estudió el comportamiento del Mn en el suelo; en este estudio señaló que en el suelo, el manganeso se encuentra en tres formas: Mn^{++} , Mn^{+++} , y Mn^{++++} ; solamente Mn^{++} es asimilable por la planta, y está en complejo de absorción o libre en la solución del suelo.

Además concluyó que los suelos ácidos de ceniza volcánica como andosoles, tienen un alto contenido de este elemento y causa mucho daño al frijol. Mn^{+++} y Mn^{++++} y pueden ser fácilmente reducidos a Mn^{++} , si el terreno está sujeto a inundación temporal durante la época de lluvia. Así mismo, observó que: La absorción de manganeso y su transporte en la planta ocurre en la forma iónica de Mn^{++} , este elemento es poco móvil porque él no puede pasar el floema (Van Goor et al. 1974). Por eso el Mn se acumula y queda en las hojas de la planta. La planta de frijol puede absorber bastante Mn antes de producir síntoma tóxico y bajo rendimiento. El contenido hasta 1000 ppm no es raro en las hojas.

Una característica que se observa en relación a la toxicidad de manganeso en frijol se manifiesta por el amarillamiento entre nervaduras, deformación y enconamiento de las hojas del cogollo, además necrosis en las hojas viejas si la toxicidad es grave. Las raíces no se afectan directamente sino en forma secundaria después de deteriorarse el follaje.

Hay dos teorías para explicar estos síntomas de toxicidad del manganeso, que son:

1. Efecto directo del elemento de manganeso a la planta.
2. Efecto indirecto que induce a deficiencia de hierro.

En las hojas, Mn reemplaza a Fe en forma directa o Mn oxida Fe^{++} a Fe^{+++} ; este Fe^{+++} forma quelato de hierro y Fe^{++} , que queda escaso y produce síntomas de deficiencia de hierro.

En un estudio en plantas en general, sobre macronutrientes y micronutrientes (Rodríguez, M. y Flores, V.; 2004) señalaron lo siguiente: Los elementos esenciales para las plantas son 17 incluyendo O, H y C provenientes de H_2O , CO_2 y aire, los demás corresponden a los nutrientes minerales, los cuales, según la cantidad absorbida por la planta, se clasifican en macronutrientes y micronutrientes. Además en este estudio, determinaron que: los macronutrientes son nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio, azufre, los cuales se encuentran en el tejido de las plantas en concentraciones superiores a 0,1%, con base en la masa seca. De los micronutrientes señalaron además que son requeridos en los tejidos de las plantas en concentraciones menores a 100 $\mu g/g$ de masa seca. Para nuestro fin de investigación, este estudio es importante pues permite concluir en la influencia de los Micro y los Macronutrientes, se señala que con estos elementos y la luz del sol, las plantas son capaces de sintetizar

todos los compuestos que necesitan, sin embargo, otros elementos minerales, son considerados beneficiosos porque son esenciales para algunas especies de plantas bajo ciertas condiciones.

Otro estudio realizado sobre deficiencia de Nutrientes, lo hicieron: Silva, Lamer, Hiyoshi, Cecilio y Mendoza-Cortez (Dic. 2017). Estos investigadores trabajaron en los *síntomas de deficiencia de macronutrientes en pimiento (Capsicum annuum L.)*, en el que se tuvo como objetivo del estudio: describir los síntomas de deficiencia de macronutrientes y determinar sus concentraciones foliares durante la visualización de los síntomas en el pimiento cultivado en el sistema hidropónico *Nutriente Film Echenique* (NFT). En este estudio, los tratamientos consistieron en la omisión individual de macronutrientes en la solución nutritiva y el tratamiento con la solución nutritiva completa.

Durante la aparición de los síntomas de deficiencia, las concentraciones de nitrógeno, fósforo, potasio, calcio y magnesio fueron 27,6, 0,7, 26,1, 9,6 y 1,1 g kg⁻¹, respectivamente. En los resultados se obtuvo lo siguiente:

- La deficiencia de nitrógeno se caracterizó por la pérdida del color verde de la planta, caída de flores, paralización del crecimiento apical, aparición de puntos negros en las hojas viejas y senescencia de las mismas.
- La deficiencia de fósforo comenzó con la aparición de una coloración verde oscura de las hojas, seguida por la coloración púrpura de las nervaduras del envés, caída de flores, enrollamiento de las hojas nuevas, paralización del crecimiento, descoloración del limbo y abscisión de las hojas viejas.

La deficiencia de potasio empezó con una clorosis y necrosis de las márgenes en las hojas nuevas, evolucionando a las hojas más viejas que presentaban, además, necrosis de la región internerval, seguidas de la paralización del crecimiento apical. La deficiencia de calcio fue caracterizada por la aparición de frutos con podredumbre apical. Las plantas deficientes en magnesio presentaron clorosis internerval en las hojas ubicadas en el tercio medio, progresando, posteriormente, hacia las hojas más viejas. (*Agrociencia* Vol.21 no.2 Montevideo versión impresa ISSN 1510-0839 versión On-line ISSN 2301-1548).

Otro estudio importante para analizar clorosis y amarillamiento de crucíferas

(Familia de plantas donde pertenecen la arúgula), lo realizó Sánchez S. en el año 2018 en su estudio acerca de insectos que atacan crucíferas titulado; “Dinámica poblacional, preferencia y enemigos naturales de dos pentastómidos en crucíferas” estudiaron a 2 Hemípteros: *Bagrada hilaris* (chinche pintada) y *Murgantia Histriónica* (chinche arlequín). El primer insecto nativo de África, Asia y Europa, el segundo originario de América.

Su objetivo era determinar sus consecuencias en crucíferas tales como repollos, col rizada, coliflor, col de Bruselas, arúgula, brócoli, rábanos entre otros y encontraron como resultados que ninfas y adultos se alimentan al pinchar y succionar la sabia de las hojas donde ocasionan una clorosis y amarillamiento lo que posteriormente se desarrolla una necrosis y retraso del crecimiento de los cultivos y frecuentemente causa daños cuando migra de plantas anfitrionas a cultivos recién trasplantados (Palumbo y Natwick 2010).

En cuanto a investigaciones en Arúgulas, tenemos una realizada por Maricarmen Villanueva (2008), en su estudio sobre semillas de eneldo y arúgulas titulado: “Eliminación de latencia en semillas de Eneldo y Arúgula con tratamientos físicos, químicos y mecánicos en laboratorio e invernadero” Hace una definición de la Arúgula de la siguiente manera: La ARÚGULA es una planta que pertenece a las familias de las Crucíferas y se le conoce con otros nombres como: Mostacilla, oruga, roqueta, rúcula. Las características de esta planta es que puede ser cultivada o silvestre mide de 20 a 80 cm. de altura, sus flores son de 4 pétalos y en forma de cruz de color blanco o amarillo, venas violáceas. Sus plántulas son un hipocotilo cilíndrico. Tuvo como objetivo de estudio la de determinar el mejor método para romper la latencia en semillas de Eneldo y Arúgula, mediante pruebas de germinación. Se hicieron 4 repeticiones por cada tratamiento, en forma equidistante

Otra investigación en arúgulas fue realizada el año 2014 por: Flores-Córdova; Martínez-Damián; Rodríguez-Pérez; Colinas-León; Nieto-Ángel (2014) En su investigación publicada en Diciembre del 2014 sobre la ARÚGULA titulada: “Jugo de brócoli en la inhibición de *Alternaria alternata* en Arúgula mínimamente procesada”. En esta investigación, se hizo un estudio en la importancia de los cambios demográficos y sociales en el mundo y su influencia en el consumo de alimentos lo que dio como resultado una demanda de consumo de alimentos

naturales, de apariencia, valor nutricional y microbiológicamente seguros (García-Iglesias et al., 2006).

En ese sentido en esta investigación se centró estudios sobre La arúgula (*Eruca sativa* Mill.), definiéndola como una hierba aromática de origen mediterráneo y gracias a la demanda por la industria de mínimos procesados ha visto resurgir su consumo como un ingrediente de gran demanda, debido a sus hojas, además de enriquecer el sabor de las ensaladas, son una fuente de compuestos antioxidantes, como los polifenoles y vitamina C (Herrero y Romero, 2006).

Se debe tomar en cuenta que esta planta es susceptible al deterioro, así como al daño causado por *Alternaria* sp, hongo patógeno causante de la pérdida de calidad del producto, lo que acorta su tiempo de vida útil. Mantener el producto en refrigeración y envasado, lo salvaguarda frente a posibles alteraciones mecánicas, microbiológicas y biológicas (Artés-Calero, 2006). Asimismo, la calidad de los alimentos mejora significativamente con la incorporación de productos naturales denominados antimicrobianos, sustancias que retardan el crecimiento o inactivan la actividad metabólica de los microorganismos y, por lo tanto, detienen el deterioro del producto (Rodríguez-Sauceda, 2011).

Se tiene también como antecedente a López Minaya, Dina Soledad (2015) en Argentina quien realizó un estudio sobre ARÚGULA y sus medios de cultivos titulado: "Efecto del nivel de salinidad del agua y la textura del suelo en el cultivo de rúcula (*Eruca sativa* Mill)". En este experimento, estudió a rúculas, con el objetivo de determinar el máximo nivel de sales que el cultivo puede tolerar sin afectar sus parámetros de su calidad con un diseño experimental luego del cual evaluó el peso fresco, el peso seco, la longitud de la planta, el contenido de humedad y la concentración de elementos foliares que representan nutrientes para la planta. La etapa experimental duró 35 días. Los instrumentos que se usaron fueron almacigueras y el trasplante se realizó en macetas, donde se trabajó con dos clases texturales de suelo: arenoso y franco; y de aquí en adelante se aplicaron las dosis de agua de riego a las macetas con diferentes salinidades: 0.76, 2, 5, 9, 13 y 18 dS.m⁻¹, de acuerdo a las necesidades hídricas de la planta. Los resultados mostraron que el mejor escenario para el desarrollo del experimento de rúcula fue el tratamiento en suelo arenoso regado con agua de conductividad eléctrica de 2 dS.m⁻¹ ya que presentó los mejores resultados después de la cosecha. Este experimento sirvió a mi trabajo de investigación, en

el uso de métodos e instrumentos.

En cuanto a investigaciones realizadas con la técnica de hidroponía tipo invernadero, se tiene una muy importante, realizado el año 2012 y publicado el año 2015 por Covarrubias M. (2015), titulada: “DETERMINACIÓN DEL GRADO DE ADAPTABILIDAD, DESARROLLO Y PRODUCTIVIDAD DEL TOMATE (*Lycopersicum esculentum*) REGADO CON AGUA C3-S3, EN CONDICIONES DE INVERNADERO MEDIANTE LA TÉCNICA DE HIDROPONIA”, este trabajo permitió sacar conclusiones en las condiciones que se deben cumplir para el uso de las técnicas de hidroponía, se realizó de julio a diciembre del 2012 se experimentó con el cultivo de tomate (*Lycopersicum esculentum*) en invernadero mediante la técnica de hidroponía, regado con agua altamente salina C3, alto contenido de sodio S3, elevado contenido de boro B4 y elevado nivel de bicarbonatos. El objetivo fue analizar la factibilidad de utilizar este tipo de agua obtenida a través del bombeo en el pozo del Instituto Tecnológico Superior Zacatecas Sur y que es común en regiones desérticas y semidesérticas de México y el mundo. Los resultados indican rendimientos que fluctúan entre 87.6 y 125.3 ton ha⁻¹ dependiendo de la variedad de tomate probadas. Con la tecnología aplicada, no se encontró diferencia importante con el tratamiento testigo, cuya agua utilizada fue del tipo C2-S1. Este trabajo ofrece una alternativa de uso agrícola para aguas no recomendadas en suelos con drenaje deficiente y en cultivos medianamente sensibles a sales, sodio y boro.

Entre los estudios realizados con otras causas para la clorosis en plantas se tienen los siguientes: “Detección de fitoplasmas y descripción de síntomas en repollo (*brassica oleracea* L. Var. *Capitata*)” fue realizado por los investigadores: Guillén Peralta, Reveles - Torres, Velásquez - Valle (2013) este estudio se hizo en repollos, una de las más importantes especies en la familia Cruciferae. Habiéndose presentado síntomas relacionados con la infección por fitoplasmas; por lo que el objetivo de esta investigación era la de describir su sintomatología y detectar la presencia de fitoplasmas se usó para ello el PCR. Los síntomas más comunes asociados con la infección por fitoplasmas fueron enanismo, deformación de inflorescencia, presencia de hojas pequeñas y de color amarillo o clorótico; la raíz principal mostraba excesiva o baja producción de raíces secundarias. Sus resultados fueron que de un total de 26 muestras analizadas por PCR, el 38.5% resultaron positivas a la presencia de fitoplasmas; lo que nos

permite concluir la asociación entre los síntomas mencionados y la infección por fitoplasmas.

Así mismo: Araya, C., Peña, E., Salazar, E., Román, L., Medina, C., Mora, R., & Rosales, I. M. (2011), en su estudio acerca de venas grandes de lechugas titulado: "Severidad de síntomas y acumulación de proteínas o ARN virales en lechugas afectadas por la enfermedad de las venas grandes " señalaron que la enfermedad de las venas grandes de la lechuga (*Lactuca sativa* L.); era de origen viral, y estaba ampliamente distribuida en el mundo, provocando graves daños económicos en este cultivo. Uno de los síntomas de esta enfermedad la relaciona con el propósito de nuestra investigación y es la aparición de clorosis alrededor de las venas, deformación de hojas y ausencia de formación de cabezas. El objetivo de este trabajo era la de estudiar la relación entre la intensidad de síntomas y la acumulación de proteínas y ARNs de origen viral en plantas afectadas por esta enfermedad. Lechugas infectadas naturalmente, provenientes de campo y de invernadero fueron clasificadas con sintomatología leve, intermedia, severa, y asintomáticas. Para esta investigación se usaron 2 métodos de investigación; para la acumulación de proteínas de cubiertas virales se evaluada utilizando DAS-ELISA (sándwich con doble anticuerpo- ensayo inmune absorbente ligado a enzima), y para hallar los niveles de ARN viral se estudiaron por medio de transcripción reversa-reacción en cadena de la polimerasa (RT- PCR) semi cuantitativa y RT-PCR cuantitativa. El resultado fue que no hubo diferencia en la acumulación de proteínas virales para los dos virus asociados a esta enfermedad, al comparar plantas de lechugas con distintos niveles de severidad de síntomas. De forma similar, cuando se analizó la acumulación de ARNs virales en los diferentes niveles de la escala de severidad de síntomas utilizada, no hubo diferencias ($P > 0,05$) en la abundancia del ARN-3 del Virus Mirafiori de las venas grandes de la lechuga (MLBVV) o el ARN-2 del Virus asociado de las venas grandes de la lechuga (LBVaV) entre estos grupos. Esto sugiere que la severidad de los síntomas expresados en plantas afectadas por esta enfermedad no se relaciona con una mayor acumulación de los virus asociados en el hospedero. Por lo tanto, lechugas que muestran síntomas suaves o moderados de venas grandes no necesariamente presentan menor acumulación de virus que plantas que muestran sintomatología más severa.

1.2.2.- Investigaciones nacionales recientes.

A nivel nacional también se realizaron investigaciones acerca de la relación que existe entre nutrientes en las plantas y la clorosis en sus hojas.

Con respecto a la importancia de los Nutrientes, se reportaron estudios en:

-Ají charapita.

-Palma aceitera.

Además se hizo un estudio en la relación de clorosis y el exceso de sal en el medio de cultivo en el camote.

En el Perú, se hicieron dos estudios en relación a Micronutrientes un estudio con los Macronutrientes y otro estudio en relación al estrés hídrico y salino.

Marina J. (2013) trabajó con cultivos de ají charapita (*Capsicum frutescens* L.) en Pucallpa. Su objetivo general fue determinar el micronutriente que más influye en el crecimiento vegetativo. El diseño que se empleó fue un sistema hidropónico, para ello se trabajó desde la fase de almacigo hasta el inicio de la floración por un espacio de 3 meses. Para el análisis comparativo utilizó un Diseño Completo Randomizado (DCR) y encontró que la carencia de Boro fue la que más afecta el crecimiento vegetativo, ya que sus síntomas de deficiencia se manifestaron con más contundencia en el crecimiento deforme y retorcido de las hojas jóvenes, tallos cortos y muerte de los puntos de crecimiento tanto de los tallos como de las raíces, provocando la muerte de la planta.

Otro investigador que realizó estudios con Micronutrientes (Fe, B, Mn, Mo, Zn, Cu), fue Tenazoa C. (2015) en su estudio titulado: "Efecto de la deficiencia de micronutrientes esenciales en soluciones nutritivas del crecimiento inicial en el cultivo de palma aceitera (*Elaeis guineensis* jacq)" Su objetivo era evaluar el efecto de la carencia de micronutrientes esenciales, en soluciones nutritivas sobre el crecimiento inicial de "palma aceitera" Para el análisis comparativo, se usó la prueba de Tukey, con 8 tratamientos y 4 repeticiones para un total de 32 unidades experimentales teniendo 2 individuos de planta aceitera por unidad experimental.

Los resultados en los tratamientos con carencia de micro nutrientes, fueron como sigue: (-Fe) clorosis generalizada, manteniéndose verde la nervadura; (-Cu) clorosis aparente; (- Zn) clorosis marcada en áreas internervales; (-Mn) clorosis

internerval con las principales nervaduras cloróticas, pequeñas áreas verdes; (-Mo) hojas con manchas amarillas y borde delimitado en las nervaduras y algunas manchas necróticas; (-B) color verde claro de la hoja y ciertas partes son retorcidas; de tal manera que la ausencia de algún micronutriente esencial afecta el normal crecimiento y desarrollo del cultivo.

Landacay J. (2017) en su estudio en Pucallpa acerca de Macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg y S) titulado: "Efecto de la deficiencia de macronutrientes en soluciones nutritivas del crecimiento inicial en el cultivo de palma aceitera (*Elaeis guineensis* jacq)". El objetivo fue evaluar el efecto de la deficiencia de macronutrientes esenciales (N, P, K, Ca, Mg, S), en soluciones nutritivas sobre el crecimiento inicial de "palma aceitera. Para el análisis comparativo, se usó el diseño de DCR con 8 tratamientos y 4 repeticiones para un total de 32 unidades experimentales teniendo 2 individuos de planta aceitera por unidad experimental. Las variables evaluadas fueron: longitud de la parte aérea, peso de la raíz, peso del tallo, longitud de la raíz, diámetro del tallo, número de hojas, y los síntomas de deficiencia según respuesta a los tratamientos, tales como color, forma, tamaño y localización parte afectada.

Se encontró que:

- El T2 (-N) tuvo efecto negativo en la longitud de la parte aérea y de la raíz, número de hojas, clorosis generalizada, manteniéndose verde la nervadura.
- T3 (-P) clorosis aparente.
- T4 (-K) clorosis marcada en áreas internavales en el ápice y en el borde manteniendo verde la nervadura, hojas con pequeñas áreas necróticas irregulares áreas necróticas entre las nervaduras.
- T5 (-Ca) clorosis internerval con las principales nervaduras cloróticas, pequeñas áreas verdes.
- T6 (-Mg) hojas con manchas amarillas y borde delimitado en las nervaduras y algunas manchas necróticas.
- T7 (-S) color verde claro de la hoja y ciertas partes retorcidas; de tal manera que la ausencia de algún micronutriente esencial afecta el normal crecimiento y desarrollo del cultivo.

En cuanto a la relación de clorosis y el exceso de sal en su medio de cultivo el

investigador Rodríguez, Alfredo (2016), en su tesis doctoral titulada: “Dinámica de la respuesta del cultivo de camote (*Ipomoea batatas* L.), al estrés hídrico y salino”, realizó tres experimentos en el Módulo de Hidroponía de la Universidad Nacional Agraria La Molina, en camotes. Los experimentos 1, 2 y 3 fueron llevados a cabo de Abril a Septiembre del 2006; de Enero a Abril del 2007 y de Febrero a Mayo del 2009, respectivamente. Se evaluaron los siguientes cultivares de camote: ‘Huambachero’ (INIA-306), ‘Jewel’ (CIP 401562), ‘Toquesita’ (CIP 440045), ‘Camote Sal’ (CIP 420068) y Untacip (CIP 188022). El objetivo fue determinar, la respuesta del cultivo en condiciones no favorables de agua, en este trabajo se puede concluir la sensibilidad que tienen las raíces de algunas plantas o tubérculos en su oxigenación cuando son cultivadas en el sistema hidropónico. Para evaluar el efecto de los factores estresantes en las plantas, se determinó el contenido de prolina y clorofilas totales. Se evaluó el rendimiento y extracción de macronutrientes en hojas y raíces tuberosas.

1.3 Objetivo de la investigación

1.3.1 Objetivo General.

Determinar la influencia de Fe+Mg+Mn en la clorosis de arúgulas hidropónicas, mediante la medición de tamaño, peso seco, peso fresco y color, con la finalidad de determinar qué grupo de deficiencia provocaba la clorosis en esta planta; en el huerto hidropónico de la UNALM en los meses de Febrero a Abril.

1.3.2 Objetivo Específico.

1. Determinar cuál de las deficiencias (Fe, Mg o Mn) influye en la clorosis de arúgulas hidropónicas.
2. Hallar la dosis adecuada de Micronutrientes y Macronutrientes que no afecten la calidad de las hojas en la etapa de post-almácigo.
3. Hacer un control de la Conductividad Eléctrica (CEE) entre los rangos de 1.5-2.5 dS/m. y análisis de la planta, luego de la cosecha para evitar la clorosis por quemado químico.
4. Determinar el tiempo de cada etapa, para evitar la clorosis, por falta de

oxigenación de raíces.

5. Determinar algún factor interviniente que provoque la despigmentación

1.4 Justificación

Mi estudio tiene justificación teórica porque resume el aporte teórico de los autores más importantes que hacen referencia a la importancia del Hierro Magnesio y Manganeso en la Arúgula y su relación con el color final.

Así mismo tiene justificación practica en la medida que ayuda a prevenir esta deficiencia en su coloración final y sirve para indicar los cuidados que se deben tener desde la primera etapa (almácigo) hasta la etapa final (trasplante definitivo).

De igual manera presenta una justificación económica, puesto que colabora con el ahorro de pérdidas de semillas arena y materiales en el centro de investigación (Huerto Hidropónico).

Igualmente presenta una justificación social en razón que se está trabajando con un producto de una importancia a la sociedad, pues su difusión permitirá, el consumo de una planta con propiedades de prevención del cáncer, enfermedad que trae consecuencias de pérdidas económicas a muchas familias.

También cuenta con una justificación metodológica, porque está aportando instrumento para este fin. Además de una justificación investigativa pues los resultados darán pie a que se continúen los estudios en este campo y quizá se puedan estudiar otras variables que acá no se han considerado.

1.5 Hipótesis

1.5.1 Hipótesis General.

Si hay deficiencia del Fe+Mg+Mn en las arúgulas hidropónicas entonces se producirá la clorosis, en el huerto hidropónico de la UNALM en los meses de Febrero a Abril.

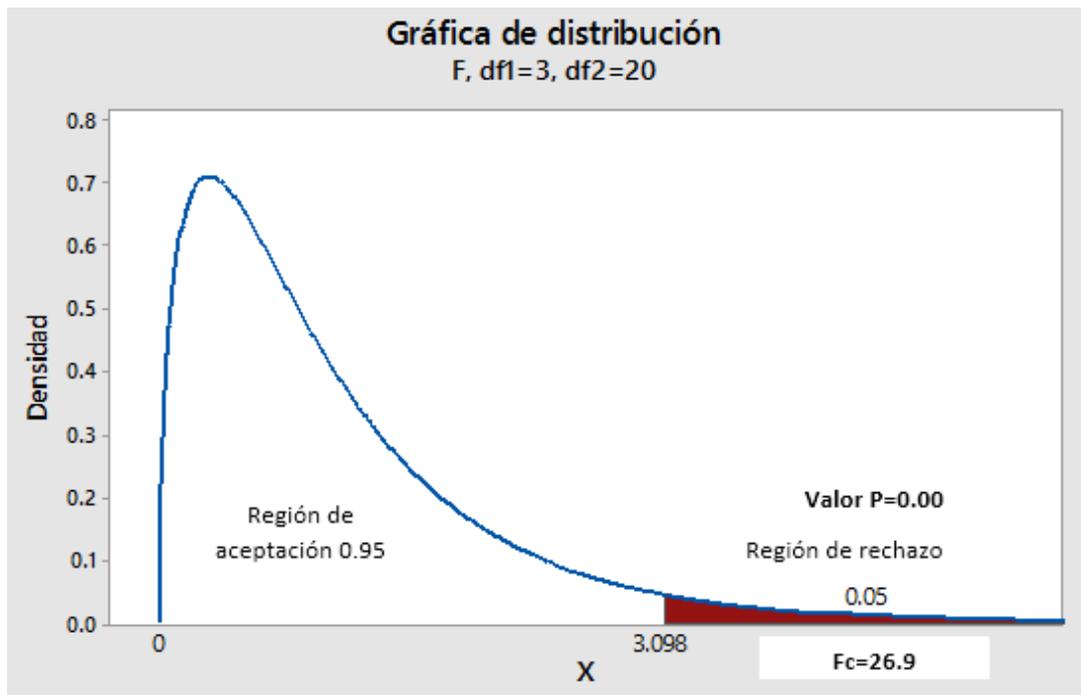
1.5.2 Hipótesis Específico.

1. El manejo y control constante evitará la deficiencia del Fe+Mg+Mn, en la planta.
2. Existen factores que determinan la influencia del tipo de trasplante definitivo en el Contenido de Fe+Mg+Mn en la planta.

- Las hojas de la arúgula presentan una coloración deficiente ante este problema.

1.5.3 Prueba de Hipótesis.

a) Prueba de hipótesis para la Conductividad Eléctrica:



Fuente propia

Si F_t (F teórica) es menor que la F_c (F calculada) se rechaza la hipótesis nula

F teórica	3.098
F calculada	26.900

F teórica	<	F calculada
3.098	<	26.900

Como la F teórica es menor que la F calculada se rechaza la hipótesis nula

Si valor P es menor que 0.05, se rechaza la hipótesis nula

F teórica	<	F calculada
3.098	<	15.407

1) Formulación de hipótesis:

- H_0 : Hipótesis nula
- H_1 : Hipótesis alterna

2) Nivel de significancia = 5% = 0.05

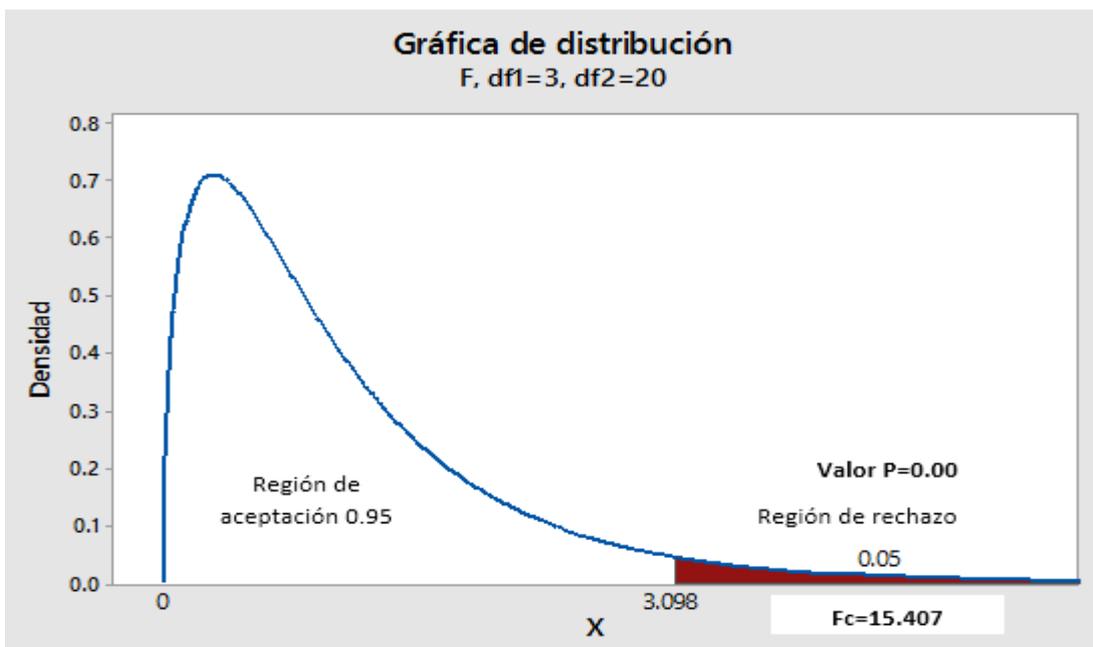
3) Elección de la prueba estadística: Análisis de la varianza con un factor ANOVA

4) Estimación del P valor = 0.00

5) Toma de decisión

$0.0 < 0.05$ entonces se rechaza la H_0 y se acepta la H_1 que nos dice que las medias de los grupos son diferentes.

b) Prueba de hipótesis para el tamaño:



Fuente propia.

Si F_t (F teórica) es menor que la F_c (F calculada) se rechaza la hipótesis nula

F teórica	3.098
F calculada	15.407

Como la F teórica es menor que la F calculada se rechaza la hipótesis nula

Si valor P es menor que 0.05, se rechaza la hipótesis nula.

1) Formulación de hipótesis:

- H_0 : Hipótesis nula
- H_1 : Hipótesis alterna

2) Nivel de significancia = 5% = 0.05

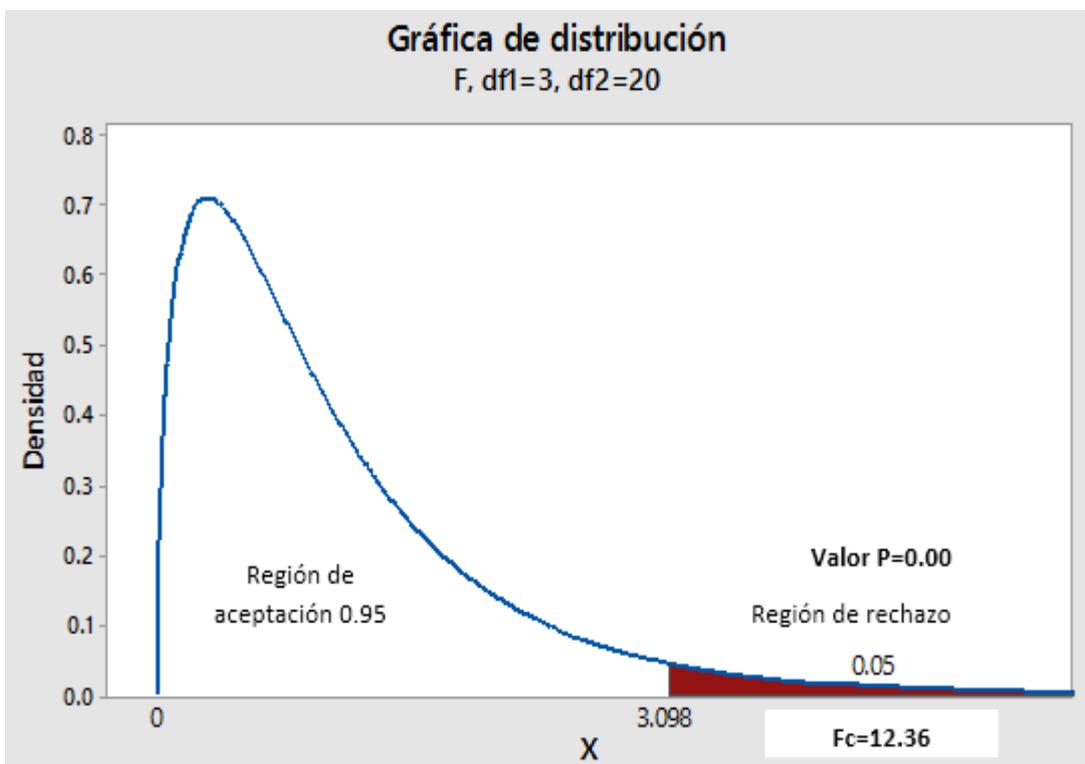
3) Elección de la prueba estadística: Análisis de la varianza con un factor ANOVA

4) Estimación del P valor = 0.00

5) Toma de decisión

$0.0 < 0.05$ entonces se rechaza la H_0 y se acepta la H_1 que nos dice que las medias de los grupos son diferentes.

c) Prueba de hipótesis para el peso fresco:



Fuente propia.

Si F_t (F teórica) es menor que la F_c (F calculada) se rechaza la hipótesis nula

F teórica	3.098
F calculada	12.364

F teórica	<	F calculada
3.098	<	12.364

Como la F teórica es menor que la F calculada se rechaza la hipótesis nula

Si valor P es menor que 0.05, se rechaza la hipótesis nula

1) Formulación de hipótesis:

- H_0 : Hipótesis nula
- H_1 : Hipótesis alterna

2) Nivel de significancia = 5% = 0.05

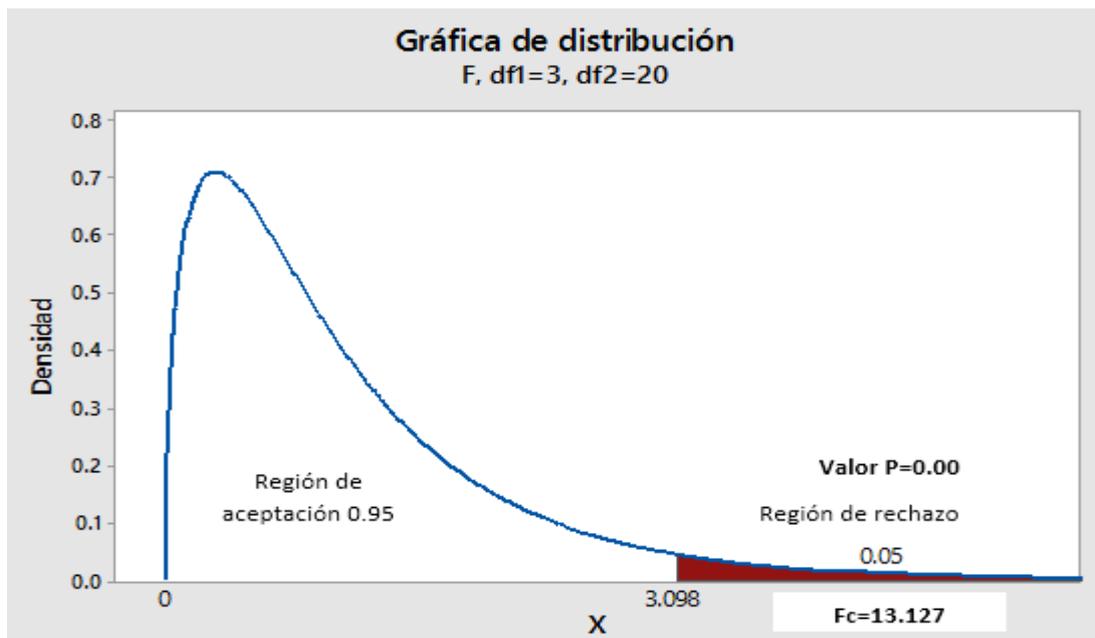
3) Elección de la prueba estadística: Análisis de la varianza con un factor.

4) Estimación del P valor = 0.00

5) Toma de decisión

0.0 < 0.05 entonces se rechaza la H_0 y se acepta la H_1 que nos dice que las medias de los grupos son diferentes.

d) Prueba de hipótesis para el peso seco:



Fuente propia.

Si F_t (F teórica) es menor que la F_c (F calculada) se rechaza la hipótesis nula

F teórica	3.098
F calculada	13.127

F teórica	<	F calculada
3.098	<	13.127

Como la F teórica es menor que la F calculada se rechaza la hipótesis nula

Si valor P es menor que 0.05, se rechaza la hipótesis nula

1) Formulación de hipótesis:

- H_0 : Hipótesis nula
- H_1 : Hipótesis alterna

2) Nivel de significancia = 5% = 0.05

3) Elección de la prueba estadística: Análisis de la varianza con un factor ANOVA

4) Estimación del P valor = 0.00

5) Toma de decisión

0.0 < 0.05 entonces se rechaza la H_0 y se acepta la H_1 que nos dice que las medias de los grupos son diferentes.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1 Bases teóricas sobre el tema de investigación

2.1.1 Hidroponía, concepto, origen e importancia.

2.1.1.1 Concepto de Hidroponía.

La hidroponía es un sistema de cultivos basado en agua, en las últimas décadas se ha incrementado en número, cantidad de producción, diversidad de plantas e investigación científica básica y aplicada. La producción de alimentos mediante técnicas de cultivo en la que no se utiliza el suelo, es considerada en la actualidad una alternativa tecnológica para alimentar a una población que crece de forma exponencial.

Arcos (2011) señala que este sistema de hidroponía, es una alternativa en la agricultura actual y se utiliza en cultivos a diversas escalas:

Se puede realizar incluso con conocimientos agronómicos básicos. Las mejoras que se realicen a los sistemas de cultivo, generalmente se logran a través de la experimentación, es decir que se trata de un proceso empírico en el que se aplican los conocimientos básicos adaptándolos al entorno de la zona (Arcos et al., 2011)

De acuerdo con Beltrano y Gimenez (2015), la hidroponía es “una combinación de técnicas que permiten satisfacer las necesidades de nutrientes de las plantas, en un medio libre de suelo que preserva las condiciones de humedad y temperatura adecuadas para su desarrollo” (Año, pág.). De igual manera, Ramirez y Solís (2017) han señalado que, el cultivo solamente en agua, es el verdadero cultivo hidropónico. También, caracterizaron a la hidroponía, como un sistema de cultivo sin utilizar el suelo, usando un medio inerte, al cual se añaden diversas soluciones de nutrientes que contiene todos los elementos esenciales vitales para el adecuado desarrollo de las plantas:

Con este tipo de técnicas se logra un incremento del volumen de producción debido al incremento de la densidad de siembra, con lo que se aprovecha de mejor manera las áreas disponibles. Un movimiento que ha sabido aprovechar las ventajas de estas técnicas es la agricultura urbana, con un enfoque de horticultura sostenible. En estas granjas urbanas

sostenibles, ha ganado popularidad las técnicas relacionadas con la hidroponía, debido a la posibilidad de controlar las soluciones de nutrientes que se proveen y mejora el control de plagas, enfermedades y malezas. Esto en su conjunto permite una mayor eficiencia y aprovechamiento de los recursos (Ramirez Morales, Solís Gonzales; 2017)

Según Rodríguez Delfín A. et al (2004), “existen diferentes tipos de sistemas hidropónicos, desde los más simples, con funcionamiento manual o semiautomático, hasta los más sofisticados y completamente automatizados” (2004, pág. xxx). Señalan además que, las condiciones óptimas para los cultivos hidropónicos son de un sombreado del 75%. De acuerdo con Maroto & Josep Vicent Maroto, (2008) los diferentes sistemas muestran una forma muy amplia en las que se pueden aplicar.

El Cultivador tendrá alternativas de elegir entre estos sistemas, dependiendo a sus necesidades sus posibilidades económicas aprovechando las ventajas y desventajas que ofrecen dichos sistemas. Estos sistemas residen en desarrollar un cultivar sobre un sustrato inerte con aportación de nutrientes que contribuya la solución nutritiva la cual se formulara dependiendo las necesidades del cultivo (*Maroto & Josep, pp. 32*).

Lacandona (2017) define a la hidroponía como, “La producción de alimentos mediante técnicas de cultivo en la que no se utiliza suelo, es considerada en la actualidad una alternativa tecnológica para alimentar a una población que crece de forma exponencial” (2017).

Con este tipo de técnicas se logra un incremento del volumen de producción debido al incremento de la densidad de siembra, con lo que se aprovecha de mejor manera las áreas disponibles. Un movimiento que ha sabido aprovechar las ventajas de estas técnicas es la agricultura urbana, con un enfoque de horticultura sostenible. VTR Cruz, BA Gómez, ASV Luna, AC Roque. (2016).

2.1.1.2 Origen e importancia de los huertos hidropónicos.

Los cultivos hidropónicos han sido desarrollados desde tiempos remotos, tal como lo ha relatado Barbado (2005):

En la antigüedad hubo civilizaciones que lo usaron como medio de subsistencia, por ejemplo los aztecas construyeron una ciudad en el lago de Texcoco (Ciudad de México se encuentra ubicada sobre un lago drenado), y cultivaban maíz en barcos y barcazas con un entramado de pajas. Los jardines colgantes de Babilonia eran jardines hidropónicos porque se alimentaban del agua que fluía por canales. Esta técnica de cultivo también existía en la antigua China, India, Egipto y la cultura maya. (Barbado, 2005).

Como técnica como se conoce ahora, nace en el siglo XX como producto de la investigación de muchos científicos y dentro de todos ellos, cabe resaltar a William Gericke, profesor de la Universidad de California en Davis, quien acuñó el término "hidroponía" en el año 1929, donde define el proceso como: *"agua que trabaja"*. Él publicó sus trabajos en 1936, y a partir de allí la Hidroponía se difundió como técnica a muchos países del mundo" (1936).

La Hidroponía tiene muchas ventajas, "especialmente de producir vegetales libres de parásitos, alta productividad, bajo consumo de agua, se puede realizar en zonas no aptas para la agricultura convencional, mayor eficiencia de uso de fertilizantes, ahorro de jornales en deshierbo, evita el uso de herbicidas, y principalmente no requiere de suelo" (Ramírez Guzmán, Gustavo Guzmán 2017, PÁGINA)

En el sistema de hidroponía, en la etapa de almácigos, se utiliza el sustrato inerte (arena). En algunos productos se continúa con el sustrato hasta el final, por ejemplo en, pepino, caigua, fresas, yuca, entre otros. En las crucíferas (lechuga, albahaca, col, arúgula, etc.), en el pos almácigo, se usa el agua como sustento del cultivo y se prescinde de la arena. Al respecto, Sánchez-Del Castillo, Moreno-Pérez, et al., (2014), y Miranda Villagómez et al., (2014), *afirman qué, la hidroponía puede ser implementada con o sin sustrato como un medio de soporte para el sistema radicular de la planta (Año, página)*. Asimismo, Sánchez-Del Castillo, Moreno-Pérez, et al., (2014), y Miranda Villagómez et al., (2014) *han apuntado que, "La razón por la que este tipo de sistemas está ganando popularidad, es debido a su mayor eficiencia, ausencia de plagas, enfermedades y malezas, y la posibilidad de intervención en el riego y la nutrición"* (Sánchez, Moreno, et al., 2014, y Miranda Villagómez et al., 2014).

Uno de estos sistemas es el hidropónico abierto según describe Goto et al., (2013) y Helweg, (2014) El sobrante de la solución nutritiva aplicada durante el desarrollo del cultivo se drena de manera continua, haciendo esto este sistema ineficiente en el uso de agua y nutrientes.

El sistema NFT Horizontal es otra de las técnicas hidropónicas con un flujo laminar de nutrientes, conocida como NFT (Nutrient Film Technique), teniendo sus comienzos en Inglaterra. Se diseñó este tipo de sistema para incrementar la producción de los sistemas hidropónicos (Arcos et al., 2011) De acuerdo con Brenes-Peralta & Jiménez-Morales, (2014) y Cometti, Bremenkamp, Galon, Hell, & Zanotelli, (2013) Describen que los sistema NFT se basan principalmente en la recirculación de una fina capa de solución nutritiva a través de las raíces, por una serie de tubos de materiales PVC, reduciendo el ciclo vegetativo en comparación con los sistemas convencionales. Según Beltrano & Gimenez, (2015) y Goto et al., (2013) En los sistemas aeropónicos los macronutrientes y micronutrientes están diluidos, los cuales son llevados a las raíces mediante una nebulización de la solución nutritiva de corta duración y mayor frecuencia de riego. Este sistema permite que las raíces mantengan húmeda estando en contacto con el aire. Los sistema aeropónicos son una oportunidad para mejorar la cantidad, calidad, consistencia y producción de biomasa de raíces de plantas (Kumari et al., 2016/6) Según Cruz Mendoza, (2016) y Sánchez-Del-Castillo, González-Molina, et al., (2014) Describieron que en el sistema de raíz flotante, las raíces de los cultivos se encuentran sumergidas parcialmente en una solución nutritivas. Utilizando soportes de materiales como poli estireno el cual les permite flotar un determinado número de plantas en la solución, este tipo de sistema se lo adaptó para realizar cultivos de hortalizas de hoja

Los sistemas de producción tienen en común el proceso de almácigo, así como el uso de semillas certificadas y el uso de diversos tipos de sustratos, y como sustrato más empleado la arena gruesa de construcción lavada, la cual facilita mucho el proceso de germinación y trasplante a raíz desnuda.

Los sistemas hidropónicos usan la solución nutritiva concentrada principalmente en dos soluciones, evitando la mezcla de fuentes de calcio con fertilizantes sulfatados, las soluciones concentradas más conocidas son la solución A (aporta macronutrientes) y la solución B (aporta principalmente micronutrientes).

2.1.1.3. Comparación entre los huertos hidropónicos y el cultivo tradicional.

De acuerdo a Guerrero, Revelo, Benavides, Chávez, & Moncayo, (2014) y Arcos et al., (2011) Los sistemas hidropónicos presentan ventajas sobre los sistemas convencionales, tales como optimización en el control de plagas, enfermedades y arvense. Mayor ciclo de siembra y número de cosecha anuales, este sistema hidropónico se puede cultivar en varios pisos aumentando la densidad poblacional del cultivo mejorando el uso del área disponible.

Según Tomasi et al., (2015) En los sistemas hidropónicos no es necesaria una alternancia entre cultivos, debido a que no existe una competencia por los nutrientes. Una de las mayores desventajas que presenta el sistema hidropónico en comparación con el sistema de cultivo convencional son sus costos iniciales, conocimientos de nutrición y fisiología vegetal del cultivar (Arcos et al., 2011) y (Brenes-Peralta & Jiménez-Morales, 2014)

Rosa et al., (2014) Describe que las ventajas de estos sistemas hidropónicos cerrados, son debido a los siguientes factores: Mejor uso del área de cultivo, cosecha adelantada, uso eficiente de nutrientes, excelente calidad del producto, ahorro de agua y fertilizantes, menor impacto ambiental evitando grandes aumentos de nitrógeno, fósforo y otros minerales que intoxiquen los mantos freáticos Sánchez-Del-Castillo, Moreno-Pérez, et al., (2014) y Salazar-Moreno & Rojano-Aguilar, (2014).

Estos sistemas cerrados presentan desventajas como: aumento de la conductividad eléctrica en la solución mineral con el avanzar del tiempo. Desequilibrio en la solución, riesgo de esparcir enfermedades que perjudican a la raíz Sánchez-Del-Castillo, González-Molina, et al., (2014). En los sistemas hidropónicos, a la completa dependencia de las soluciones nutrientes producidas sintéticamente. (Wortman, 2015).

Los cultivos aeropónicos se encuentran totalmente suspendidos en el aire, permitiendo que su sistema radicular tenga acceso al 100% del oxígeno disponible en el aire, favoreciendo su desarrollo (Buckseth, Sharma, Pandey, Singh, & Muthuraj, 2016),

Según Kumari et al., (2016/6) y Buckseth et al., (2016) El consumo limitado de agua debido a las capacidades de reciclaje, la producción intensiva en áreas limitadas y el rendimientos es independiente de la velocidad estacional,

mejorando la aireación de las raíces.

Manteniendo el material limpio de libre de patógenos, las concentraciones de dióxido de carbono, para la fotosíntesis, en un ambiente aeropónico crecen más rápido y absorben más nutrientes. Uno de los inconvenientes que presenta este sistema se relaciona con cualquier pérdida de energía a las bombas produciendo daños irreversibles como estrés dentro de la planta (Buckseth et al., 2016).

2.1.2. Sistemas empleados en Hidroponía.

Los 3 sistemas empleados en HIDROPONÍA son:

2.1.2.1. Raíz flotante.- Marulanda Tabares Ch. (2003, en línea) expresa que se hace en un medio líquido que contiene agua y sales nutritivas en baja concentración (7 cm³ de solución nutritiva por cada 1 000 cm³ de agua). Este sistema es muy conveniente para el cultivo de albahaca, apio, berro, escarola y varios tipos de lechuga, con excelentes resultados en ahorro de tiempo y rendimientos por cada metro cuadrado cultivado.

Es una técnica de cultivo en agua, en la cual las plantas crecen y desarrollan su parte aérea flotando en una placa de tecnopor, que se mantiene a flote dentro de un recipiente contenedor, teniendo siempre sus raíces dentro de la solución nutritiva. Sistema de raíz flotante, de menor costo de instalación y operación, pero de menor eficiencia en el suministro de oxígeno a las raíces de las lechugas.

2.1.2.2. Re-circulante o N.F.T.- SAMPERIO RUÍZ G. (1997) manifiesta que este sistema consiste en hacer recircular en forma permanente una película fina constituida por una determinada cantidad de solución nutritiva, la cual permitirá tanto la respiración de las raíces (al aportarles oxígeno), como la absorción de los nutrientes y del agua durante el periodo vegetativo de la planta. Esta película no deberá alcanzar una altura superior a los 5 o 7 centímetros desde la base del contenedor.

En los sistemas NFT se conduce continuamente una capa fina de agua de alimentación a través de un sistema de tuberías por las raíces. El alimento que sale del medio radicular se recoge en un depósito de alimentación y se administra nuevamente a la planta. Sistema re-circulante o NFT, de mejor suministro de nutrientes a las raíces y de mayor rendimiento en peso por unidad de área.

Figura 3. Arúgulas en el inicio del sistema NFT.



Fuentes propias.

2.1.2.3. Sustrato o riego por goteo.- UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA UNALM (2005, en línea) indica que la solución nutritiva y el agua es suministrada a cada planta a través de goteros conectados en mangueras de goteo de polietileno de color negro. El riego se hace aplicando pequeñas cantidades de solución nutritiva directamente.

En 1860, en Alemania, se empezó a aplicar el agua directamente a las raíces de las plantas, utilizando instalaciones de drenaje, con lo cual se pretendía evitar las pérdidas de agua por evaporación. Esta fue la base del riego subterráneo, desarrollado posteriormente en U.S.A.

El riego por goteo, basado en los mismos principios del riego subterráneo (aplicación localizada del agua a la planta), presenta una diferencia fundamental: se coloca sobre el terreno, lo que permite su constante inspección y fácil

mantenimiento; además la pérdida por evaporización es reducida a causa de la cobertura vegetal y de la pequeña dimensión de las áreas mojadas que aparecen en superficie.

Figura 4. Fresas en el sistema riego por goteo.



Fuente: Centro de Investigación de Hidroponía y Nutrición Mineral UNALM.

2.1.3 Arúgula.

Es una hierba aromática de origen mediterráneo y gracias a la demanda por la industria de mínimos procesados ha visto resurgir su consumo como un ingrediente de gran demanda, debido a sus hojas, además de enriquecer el sabor de las ensaladas, son una fuente de compuestos antioxidantes, como los polifenoles y vitamina C (Herrero y Romero, 2006).

Sin embargo, esta hierba es susceptible al deterioro, así como al daño causado por *Alternaria* sp, hongo patógeno causante de la pérdida de calidad del producto, lo que acorta su tiempo de vida útil. Mantener el producto en refrigeración y envasado, lo salvaguarda frente a posibles alteraciones mecánicas, microbiológicas y biológicas (Artés-Calero, 2006).

Asimismo, la calidad de los alimentos mejora significativamente con la incorporación de productos naturales denominados antimicrobianos, sustancias que retardan el crecimiento o inactivan la actividad metabólica de los microorganismos y, por lo tanto, detienen el deterioro del producto (Rodríguez-Sauceda, 2011).

Figura 6. Hojas de Arúgula.



Fuente propia.

2.1.3.1.-Definición.

Es una planta que pertenece a las familias de las Crucíferas y se le conoce con otros nombres como: Mostacilla, oruga, roqueta, rúcula. Las características de esta planta es que puede ser cultivada o silvestre mide de 20 a 80 cm. de altura, sus flores son de 4 pétalos y en forma de cruz de color blanco o amarillo, venas violáceas. Sus plántulas son un hipocotilo cilíndrico. El género Brassica está integrado por 37 especies en el mundo, cuya capacidad de adaptación a un amplio rango de condiciones climáticas, las convierte en hortalizas de gran interés. Los tres cultivos más importantes de este género en México son brócoli, coliflor y repollo, destinados a consumo interno y a exportación, principalmente como producto congelado a EUA (Casseres, 1980).

El repollo, es una de las más importantes especies en la familia Cruciferae. En los estados de Aguascalientes y Zacatecas, México; es un cultivo ampliamente distribuido, sin embargo, a la fecha no existen reportes actuales sobre las enfermedades de este cultivo en esta región. Últimamente, algunas plantas de repollo han mostrado síntomas relacionados con la infección por fitoplasmas; por lo que el objetivo de este trabajo fue describir su sintomatología y detectar la presencia de fitoplasmas por PCR.

Los síntomas más comunes asociados con la infección por fitoplasmas fueron enanismo, deformación de inflorescencia, presencia de hojas pequeñas y de color amarillo o cloróticas; la raíz principal mostraba excesiva o baja producción de raíces secundarias (Yukari Guillén-Peralta, Luis Roberto Reveles-Torres y Rodolfo Velásquez-Valle-“DETECCIÓN DE FITOPLASMAS Y DESCRIPCIÓN DE SÍNTOMAS EN REPOLLO EN AGUASCALIENTES Y ZACATECAS, AGROFAZ” P.79)

2.1.3.2.- Clasificación Taxonómico.

Según su clasificación Taxonómica pertenece al:

Reino: Plantae. Subreino: Tracheobionta.

División: Magnoliophyta. Clase: Magnoliopsida.

Subclase: Dilleniidae. Orden: Brassicales.

Familia: Brassicaceae. Género: Eruca.

Especie: E. Vesicaria.

2.1.3.3.-Variedades de la planta.

Relación de variedades de rúcula

Algunas variedades de rúcula presentes en el mercado:

- **Dragon's Tongue.** Con nerviaciones coloradas.
- **Wildfire.** Que aporta un sabor significativamente más picante que las clases estándar.
- **Selección de Tozer de Rúcula Salvaje.** Es una variedad más vigorosa, uniforme y erguida que algunas otras variedades estándar.
- **Voyager.** Es más lenta al espigado o subida a flor, de hojas gruesas y color verde oscuro con sabor dulce con un golpe picante.
- **Rúcula Selvática Selección Enza.** De vigor medio tolerante al espigado, con hoja dentada de color verde oscuro, gran sabor y alto rendimiento apta para cultivo al aire libre e invernadero.
- **Rúcula común.** Es una variedad robusta y de rápido crecimiento con hojas redondeadas de color verde medio.
- **Rúcula común de hoja serrada.** Variedad de hoja lobulada de color verde medio y con sabor algo más suave.
- **Wild rocket.** Hoja oscura de sabor intenso. Su crecimiento es medio con desarrollo erecto.
- Otras variedades de rúcula existentes en el mercado son **Bellezia, Grazia, Letizia, Prudenzia, Tanazia, Tricia.**

2.1.3.4.- Propiedades.

Es una planta de las brassicaceae junto con el kale y la coliflor.

Contiene una excelente fuente de fibra, vitaminas A, C (para darle fuerza al sistema inmunológico), y K (para la fuerza de los huesos), folatos, calcio, hierro, magnesio, fósforo, potasio, y manganeso. La arúgula también provee altos niveles de proteína, tiamina, riboflavina, vitamina B6, zinc, cobre y ácido pantoténico (vitamina B5) para tener buenos niveles de colesterol y reducir los niveles malos. La arúgula deriva mucho de su valor nutritivo de sus raíces de familia crucífera, como los beneficios antioxidantes de los glucosinolatos y el

poder desintoxicante de las enzimas. Sus hojas son deliciosamente picantes. Las hojas más jóvenes y pálidas tienen un sabor más suave, las más viejas, de color más oscuro es algo picoso.

2.1.3.5.- Beneficios.

Entre los beneficios más importantes de la Arúgula destacan:

Es ideal para adelgazar.-La arúgula es un vegetal que puede colaborar con la pérdida de peso. Al ser tan baja en calorías te permitirá utilizarla en todo tipo de preparaciones. Es un gran sustituto para remplazar otro tipo de alimentos calóricos, sobre todo si estás pensando en adelgazar. Además, al combinarlo con otro tipo de alimentos te saciará y no sentirás hambre al terminar de comer, como ocurre con otro tipo de vegetales.

Cuenta con muchas vitaminas.- La arúgula cuenta con una gran cantidad de fitoquímicos –que son las vitaminas provenientes de los vegetales– los cuales son los responsables de la lucha contra varias enfermedades crónicas como la diabetes y el cáncer, entre otras. Posee una gran cantidad de ácido fólico y también de vitaminas A, C y K, que proporcionan una mejor salud para los huesos y para el cerebro.

Es hidratante.- Al igual que todas las verduras de hojas verdes, la rúcula o arúgula es altamente hidratante, sobre todo cuando el calor del verano es agobiante. Así que ya lo sabes: cuando el calor aprieta, para evitar la deshidratación no hay nada mejor que una refrescante ensalada de arúgula.

Posee muchos minerales.-La arúgula posee una gran variedad de minerales, todos ellos muy necesarios para la buena salud del organismo. Además, contiene altos niveles de hierro para evitar la anemia. Esto la transforma en un perfecto sustituto de la espinaca, sobre todo si realizas una dieta vegetariana y quieres incrementar tus niveles de hierro.

Su contenido en flavonoides.-Su alto contenido en flavonoides, tiene múltiples beneficios: previene de que el colesterol se pegue a las arterias, baja la presión sanguínea, incrementa el flujo de la sangre, reduce inflamación y mejora el funcionamiento de los vasos sanguíneos.

2.1.3.6.- Uso.

Hay formas domesticas tanto para el aceite, para el ácido erucico que se obtiene para la industria, como para las hojas comestibles. Su composición son glucósidos, sinapina, aceite graso, ácido deico, linoleico. Se utiliza condimento, su parte medicinal son las hojas y flores. Sus propiedades medicinales es que es altamente rubefaciente y revulsiva. Su uso era para: Bronquitis, pleuresía, reuma, artritis. Es rica en potasio y vitamina C. La parte que se consumen mayormente son las hojas frescas, pero también las flores. Tiene un sabor ligeramente amargo, que aporta un toque especial en las ensaladas.

2.1.3.7.-Cultivo.

Es una especie que crece bien con temperaturas suaves, el exceso de calor provoca un gusto excesivamente amargo. Por lo tanto la mejor época de cultivo es a principio de primavera. También es posible cultivarla en épocas de verano y otoño. Se siembra separada unos 15cm, la cosecha se empieza después de unas 4-6 semanas después de la siembra y es continua la floración. Aunque no es muy habitual, la flor también es comestible y tiene un sabor picante con gran intensidad. Es una planta de ciclo corto no exige muchos nutrientes por lo tanto se trata de un cultivo relativamente fácil.

2.1.3.8.-Cultivo en tierra.

Según las investigaciones de López Minaya, Dina Soledad (2015) se recomienda como un medio adecuado para el cultivo de Arúgula cuyas características sean en suelo arenoso regado con agua de conductividad eléctrica de 2 dS.m⁻¹ ya que presentó los mejores resultados después de la cosecha.

2.1.4 Clorosis de hojas.

2.1.4.1.-Definición de la Clorosis.

La clorosis es el amarillamiento del tejido foliar causado por la falta de clorofila. La clorofila les da a las hojas el color verde y es esencial para que la planta produzca los alimentos necesarios para crecer. El nutriente que suele faltar

cuando se manifiesta la clorosis es el hierro. La falta de manganeso o de zinc en la planta también resulta en clorosis. La manera de distinguir la deficiencia de hierro de la de zinc o manganeso es observando cuál follaje se tornó clorótico primero. La clorosis por falta de hierro comienza en las hojas más jóvenes o terminales y luego avanza hacia las hojas más viejas. Sin embargo, las deficiencias de manganeso y zinc se manifiestan en las hojas internas o más viejas primero y después en las de afuera. Las plantas necesitan hierro para producir la clorofila. El hierro también es necesario para varias funciones enzimáticas que manejan el metabolismo y la respiración de la planta. El hierro se torna más insoluble a medida que el pH del suelo aumenta por encima de 6.5 a 6.7 (7.0 es neutro; menos de 7.0 es arcádico; arriba de 7.0 es alcalino). En la mayoría de las plantas el hierro puede absorberse solamente como un ion libre (Fe^{++}) cuando el pH está entre 5.0 y 6.5. Otros elementos como el calcio, el zinc, el manganeso, el fósforo o el cobre en grandes cantidades en el suelo pueden fijar el hierro y, por lo tanto, la planta no puede disponer de este. Sin embargo, la falta de potasio en la planta reducirá la disponibilidad de hierro para esta. La falta de hierro suficiente en el suelo también es un problema. Tanto las plantas herbáceas como las leñosas son susceptibles a la clorosis.

2.1.4.2.-Importancia de la clorofila.

Según INFOAGRO (2002, en línea) la presencia de clorofila en las hojas de las plantas está estrechamente relacionado con las condiciones nutricionales de la planta. El contenido de clorofila se incrementa proporcionalmente a la cantidad de nitrógeno (un importante nutriente) presente en la hoja.

En algunas especies, un valor SPAD alto indica una planta sana. Krugh et al., (1994) citado por Rodríguez Mendoza M. et al. (1998, en línea) manifiesta que los valores SPAD se basan en el principio de que parte de la luz que llega a la hoja es absorbida por la clorofila y el resto que se refleja entra en contacto con la celda detectora del medidor SPAD y es convertida en una señal eléctrica. La cantidad de luz captada por la celda es inversamente proporcional a la cantidad de luz utilizada por la clorofila, la señal es procesada, y la absorbencia es cuantificada en valores dimensionales que van de 0 a 99,9, por lo que las unidades SPAD serán siempre las mismas de acuerdo con el tono verde de las

hojas. Se observa en el cuadro 3 distintas unidades SPAD determinadas en hojas de tomate.

La importancia de la clorofila en las plantas y algunas bacterias es que pueden realizar la fotosíntesis. La fotosíntesis es un proceso fundamental para el crecimiento y desarrollo de las plantas, y para la vida en general. En efecto, gracias al mismo las plantas pueden fabricar sus propios alimentos. La clorofila es un pigmento, que da su color verde característico a las plantas. Su estructura está conformada por dos partes; un anillo de porfirinas que contiene magnesio y cuya función es absorber luz, y una cadena hidrófoba de fitol cuya función es mantener la clorofila integrada en la membrana fotosintética.

Este elemento cumple un rol muy importante, que consiste en captar la energía solar. Recordemos que la planta a partir de esta energía genera su propio alimento, mediante este proceso se rompen moléculas de agua, donde el hidrogeno es fundamental para muchas reacciones que brindaran energía, mientras el oxígeno es liberado como desecho al ambiente. Este fenómeno hace que exista una purificación natural del aire de una manera constante en todo el planeta.

2.1.4.3.-Estudio de la clorosis.

En Fitopatología, la clorosis es una condición fisiológica anormal en la que el follaje produce insuficiente clorofila. Cuando esto ocurre, las hojas no tienen la coloración normal verde; la coloración es de un verde pálido, amarillo, amarillo blanquecina. Las plantas afectadas tienen disminuida su capacidad de formar carbohidratos y pueden morir si la causa de su insuficiencia clorofílica no es tratada.

Deficiencias específicas de nutrientes (frecuentemente agravadas por un alto nivel de pH) producen clorosis, que podría corregirse suplementando con hierro, magnesio y nitrógeno en varias combinaciones. También puede deberse a un exceso de calcio. Algunos pesticidas, particularmente herbicidas, pueden causar clorosis, tanto a las malezas como ocasionalmente a los cultivos tratados. También puede deberse a un exceso o defecto de riego, a parásitos varios, enfermedades infecciosas (como la tristeza de los cítricos) o a estar la planta plantada en terrenos compactos o a demasiada profundidad

2.1.4.4.-Causas de la clorosis.

Las causas posibles de la clorosis son el drenaje insuficiente, las raíces dañadas, las raíces compactadas, la alcalinidad alta y las deficiencias nutricionales de la planta. Las deficiencias nutricionales pueden ocurrir debido a que el suelo no es rico en nutrientes o porque estos no están disponibles por el pH alto (suelo alcalino). También es posible que los nutrientes no puedan absorberse porque las raíces de las plantas están dañadas o poco desarrolladas.

2.1.4.5 Nutrición hidropónica.

-Filippetti Vh. (2008, en línea) establece que los elementos esenciales para el desarrollo normal de la planta, están contenidos en algunas sales y en sustancias químicas compuestas y son, el nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca), magnesio (Mg), azufre (S), cloro (Cl), hierro (Fe), cobre (Cu), carbono (C), manganeso (Mn), boro (B), zinc (Zn) y molibdeno (Mo). Cada uno tiene una o varias funciones en el proceso de crecimiento de la planta; su carencia se traduce en síntomas específicos, reflejados en la estructura de la planta. Igualmente señala que a este conjunto de elementos químicos, se los divide en dos grupos:

-Nutrientes principales, que son los que las plantas requieren en mayores cantidades.

-Nutrientes menores, también llamados micronutrientes o elementos menores, que son tan esenciales como los primeros, pero requeridos solamente en cantidades ínfimas.

Los que integran el primer grupo son el nitrógeno, el fósforo, el potasio, el calcio, el magnesio y el azufre; los restantes, son los considerados micronutrientes: el hierro (Fe), cobre (Cu), manganeso (Mn), boro (B), zinc (Zn), molibdeno (Mo) y cloro (Cl).

Alarcón Vera A. (2008, en línea) menciona en el cuadro 6, las equivalencias entre la cantidad de los fertilizantes más comúnmente usados en hidroponía y los milimoles de los distintos nutrientes que aportan.

Tabla 1. Fertilizantes para hidroponía

Iones(moles/g. fertilizante)	NO ₃ ⁻	NH ₄ ⁺	H ₂ PO ₄ ⁺	K ⁺	Ca ⁺²	Mg ⁺²	SO ₄ ⁻²
Ácido fosfórico 75 %	-	-	12,26	-	-	-	-
Ácido nítrico 59 %	11,86	-	-	-	-	-	-
Nitrato de amonio 33.5 %	11,96	11,96	-	-	-	-	-
Nitrato de calcio 15.5 %N	10,29	0,78	-	-	4,74	-	-
Nitrato de potasio (13-0-46)	9,29	-	-	9,76	-	-	-
Sulfato de potasio (0-0-52)	-	-	-	11,04	-	-	5,93
Sulfato de magnesio 16 % MgO	-	-	-	-	-	3,97	3,96
Nitrato de magnesio 11 %N	7,86	-	-	-	-	3,90	-

Fuente: INFOAGRO (2008)

2.1.4.6 Solución hidropónica La Molina.

- Rodríguez Delfín., Hoyos Rojas M. y Chang La rosa M. (2001) destacan sobre la solución hidropónica La Molina que ésta fue formulada después de varios años de investigación en el Laboratorio de Fisiología Vegetal de la Universidad Nacional Agraria La Molina.

La primera fórmula se obtuvo en 1993 y hasta la fecha, se han hecho varias modificaciones para mejorarla.

Con el propósito de difundir la hidroponía con fines sociales, se eligieron para su preparación, fertilizantes que se pueden conseguir con facilidad en las diferentes provincias del Perú.

En hidroponía es común la aplicación de dos soluciones concentradas, denominadas A y B. La solución concentrada A contiene nitrógeno, fósforo, potasio y poco calcio; la solución concentrada B aporta magnesio, azufre, hierro, cloro, manganeso, cobre, zinc, boro y molibdeno.

2.1.4.7. Concentración de la solución nutritiva.

La solución nutritiva preparada con solución hidropónica La Molina tiene la siguiente concentración:

- 210 ppm K 1.00 ppm Fe
- 190 ppm N 0.50 ppm Mn
- 150 ppm Ca* 0.50 ppm B*
- 70 ppm S* 0.15 ppm Zn
- 45 ppm Mg* 0.10 ppm Cu
- 35 ppm P 0.05 ppm Mo
- 1 ppm (una parte por millón) = 1 mg/litro

*incluye las cantidades que aporta el agua

No existe una solución nutritiva óptima para todos los cultivos, porque no todos tienen las mismas exigencias nutricionales, principalmente en nitrógeno, fósforo y potasio. La fórmula puede ser ajustada de acuerdo a los fertilizantes que se puedan conseguir en otros países.

Figura 5. Solución de Macronutrientes "A" y Micronutrientes "B" de la Molina.



Fuente: Centro de Investigación de Hidroponía y Nutrición Mineral UNALM.

2.1.5. Deficiencia de Fe, Mg y Mn en las plantas.

La importancia de los nutrientes para la vida de las plantas son determinantes, los nutrientes se dividen en: Micronutrientes como el Fe, B, Mn, Mo, Zn, Cu y los Macronutrientes como el N, P, K, Ca, Mg, S. Los cuales se encuentran en la planta en concentraciones diferentes de acuerdo a sus necesidades. La deficiencia de estos elementos serán causas de posteriores síntomas en las plantas que pueden ir hasta la necrosis.

2.1.5.1.-Importancia en las plantas.

Los macronutrientes son: Nitrógeno, Fósforo, Potasio, Calcio, Magnesio y Azufre, los cuales se encuentran en el tejido de las plantas en concentraciones superiores a 0,1%, con base en la masa seca. Los micronutrientes son: Fe, B, Mn, Mo, Zn, Cu son requeridos en los tejidos de las plantas en concentraciones menores a 100 µg/g de masa seca.

Con estos elementos y la luz del sol, las plantas son capaces de sintetizar todos los compuestos que necesitan. Sin embargo, otros elementos minerales, son considerados beneficiosos porque son esenciales para algunas especies de plantas bajo ciertas condiciones (Rodríguez; Flores 2004).

El hierro es considerado un micro elemento esencial para el desarrollo fisiológico de las plantas, debido a que interviene en la formación del pigmento clorofílico y forma parte estructural del primer aceptor de electrones como es la ferredoxina. Se asimila en forma ferrosa (Fe^{2+}) y en forma orgánica, el contenido de este elemento en los tejidos vegetales varía entre 20 y 250 miligramos por Kg de materia seca.

Asimismo, el hierro se encuentra fuertemente involucrado en los procesos respiratorios de la planta y contribuye a la formación de las proteínas.

En la planta el hierro es necesario para la clorofila, fotosíntesis, respiración, etc. La falta de este elemento provoca desequilibrios muy graves en la planta, llegando en algunos casos a la pérdida del cultivo.

2.1.5.2.-Características de plantas con deficiencias de Fe.

Una característica en las plantas con deficiencias de hierro, (-Fe) es: clorosis generalizada, manteniéndose verde la nervadura (Tenazoa 2015).

En un experimento realizado en cafetos, se observó mayor cantidad de clorofila para las muestras foliares de árboles normales que para las de árboles deficientes en hierro, esto prueba la existencia de una correlación positiva entre la concentración de hierro y el contenido de clorofila en las hojas.

El porcentaje de materia seca fue mayor en las hojas de árboles normales y más o menos igual en los frutos tanto de árboles normales como deficientes. Tanto el contenido de hierro total como soluble fue mayor en las muestras foliares y de frutos de árboles normales que en las de los aparentemente deficientes. Puesto que los niveles de hierro encontrados en éstas caen dentro de los límites de deficiencia, la aparición de síntomas típicos de deficiencia de hierro era justificada. Otro efecto que se observó fue el del fósforo inorgánico sobre el contenido de hierro total, asumiendo un efecto lineal, se tendría que la reducción del tenor de hierro total en las hojas de café dependió del contenido de fósforo inorgánico en la planta. (Álvarez 1964)

2.1.5.3.-Características de plantas con deficiencias de Mg.

Una característica en las plantas con deficiencias de Magnesio, (-Mg) es: Hojas con manchas amarillas y borde delimitado en las nervaduras y algunas manchas necróticas (Landacay 2017). En otra investigación se encontró los siguientes síntomas: plantas deficientes en magnesio presentaron clorosis internerval en las hojas ubicadas en el tercio medio, progresando, posteriormente, hacia las hojas más viejas (AGROCIENCIA 2017).

2.1.5.4.-Características de plantas con deficiencias de Mn.

Una característica en las plantas con deficiencias de Manganeso, (-Mn) es la presencia de hojas con clorosis internerval: con las principales nervaduras cloróticas, pequeñas áreas verdes (Tenazoa 2015).

En otra investigación realizada en la planta de frijol el problema se presentó por un exceso de absorción de Mn, La planta de frijol puede absorber bastante Mn antes de producir síntoma tóxico y bajo rendimiento. La toxicidad de manganeso en frijol se manifiesta por el amarillamiento entre nervaduras, deformación y

enconamiento de las hojas del cogollo, y necrosis en las hojas viejas si la toxicidad es grave (López, Fernández, Schoonhoven -1985).

2.1.5.5.-Relación de clorosis y las deficiencias de Fe, Mg y Mn.

Las plantas con deficiencias en magnesio presentan clorosis internerval en las hojas ubicadas en el tercio medio, progresando, posteriormente, hacia las hojas más viejas. Hojas con manchas amarillas y borde delimitado en las nervaduras y algunas manchas necróticas. Landacay (2017)

Las plantas con deficiencia en Hierro, presentan clorosis generalizada, manteniéndose verde la nervadura. Según los resultados del experimento realizado, se obtuvo mayor cantidad de clorofila para las muestras foliares de árboles normales que para las de árboles deficientes en hierro, esto prueba la existencia de una correlación positiva entre la concentración de hierro y el contenido de clorofila en las hojas. Álvarez (1964)

La relación del Mn y la toxicidad de las plantas se manifiestan por el amarillamiento entre nervaduras, deformación y enconamiento de las hojas del cogollo, y necrosis en las hojas viejas si la toxicidad es grave.

Las raíces no se afectan directamente sino en forma secundaria después de deteriorarse el follaje.

Hay dos teorías para explicar estos síntomas de toxicidad del manganeso, que son:

1. Efecto directo del elemento de manganeso a la planta.
2. Efecto indirecto que induce a deficiencia de hierro.

En las hojas, Mn reemplaza a Fe en forma directa o Mn oxida Fe^{++} a Fe^{+++} ; este Fe^{+++} forma quelato de hierro y Fe^{++} , que queda escaso y produce síntomas de deficiencia de hierro. López, Fernández, Schoonhoven (1985).

III MÉTODO

3.1 Tipo de investigación:

De este trabajo primero debo decir que su línea de investigación es: “Cultivos Hidropónicos”

- Este tipo de investigación es Aplicada, pues tiene como fin resolver un problema real como es la clorosis en la hoja de Arrúgalas.
- Su nivel es Relacional, pues relaciona las variables de la forma: causa-efecto
- Su diseño de investigación es experimental propiamente dicho, pues en mi investigación se manipulan la variable independiente, para ver el efecto que provocan sobre la variable dependiente.
- Su enfoque es cuantitativo, pues los resultados se expresan en cantidades.
- Además es prospectivo pues parte del presente siguiendo una línea de tiempo, hacia el futuro.
- 2 de sus variables Agronómicas son transversales y 2 longitudinales.

3.2 **Ámbito temporal y espacial**

Ámbito temporal.- El periodo en el que se desarrolló este trabajo de investigación fue en el cultivo que se inició en Febrero de 2019, siendo el mes de Marzo del presente año, el inicio del experimento que duró 30 días

Ámbito espacial.- El experimento se realizó en Lima, en el distrito de La Molina, en las instalaciones de la Universidad Nacional Agraria de La Molina (UNALM).

Su ubicación geográfica es: 12°04'55" de latitud sur y 76°56'53" de longitud oeste. Con una altitud de 243.7 msnm y que corresponde, de acuerdo a Holdridge (1960), a la zona de vida llamada «Desierto desecado subtropical» (dd-S). La temperatura anual promedio es de 20° C, la humedad relativa promedio 84%, y la precipitación anual 11.9 mm (según datos del Observatorio Meteorológico Alexander von Humboldt, UNALM). Específicamente en el Huerto Experimental de Hidroponía y de investigación mineral, con condiciones

adecuadas de sombreado de humedad relativa y fuerza del viento adecuada.

3.3 Variables

Las variables que se manejaron en este experimento fueron:

3.3.1 Variables Independientes:

Deficiencia del Hierro, Magnesio y Manganeso.

3.3.2 Variable Dependiente:

Clorosis de las hojas de las Arrúgalas.

3.3.3 Variables experimentales (agronómico y de rendimiento).-

Se evaluaron 4 grupos muestrales con seis repeticiones y se tomaron en cuenta 5 variables experimentales.

1. Conductividad Eléctrica.
2. Tamaño de la Planta.
3. Peso Fresco de la Planta. (Al momento de la cosecha).
4. Peso Seco de la Planta. (Se pesó luego del secado).
5. Contenido de clorofila.

3.4 Población y muestra

Las características de la planta que se usó en mi experimento fue la Arúgula común.

3.4.1. Población.

Se trabajó con un aproximado de 150 arrúgalas del huerto hidropónico.

3.4.2. Muestra.

La selección de la muestra fue de 24 arrúgalas, se usó esta cantidad, considerando 6 repeticiones por 4 tratamientos. Se consideró que en este campo de investigación se trabaja con 3 o 4 repeticiones. Ejemplo: Tenazoa (2015), 4 repeticiones como figura en la Pg. ; Landacay (2017), 4 repeticiones Pg. ; Villanueva (2008), 4 repeticiones, como figura en la Pág.

3.5 Instrumentos

Se utilizó para el experimento los siguientes materiales y equipos.

3.5.1 Materiales:

ALMÁCIGOS:

- Caja de frutas.
- Arena gruesa.
- Plástico negro.
- Tubo microfilm.

POST-ALMÁCIGO:

- Caja de frutas.
- Tecnopor.
- Vasos de plástico de 1 onza.
- Esponjas.
- Jarra medidora.

NFT:

- Tubos de plástico.
- Caballetes de fierro.
- Mangueras microfilm.

ETAPA DEL EXPERIMENTO:

- 24 Macetas de plástico.
- 24 tapas de tecnopor circular.
- Crucetas de plástico con sus llaves.
- Mangueras para motores de peceras.

- Bolsas de papel Kaffa.

Material experimental: Sustratos y arena gruesa.

3.5.2. Solución nutritiva.

La solución hidropónica utilizada fue La Molina desarrollada por la Universidad Nacional Agraria La Molina de Lima – Perú cuyos componentes fueron:

*En la Etapa de Almacigo: (Por 15 días)

- 5 ml. de Solución A por 1 Litro de Agua.
- 2 ml. De Solución B por 1 Litro de Agua.

*En la Etapa de Post-Almacigo: (Por 6 días)

- 3 ml. de Solución A por 1 Litro de Agua.
- 2 ml. De Solución B por 1 Litro de Agua.

*En el Sistema NFT: (Por 9 días)

- 5 ml. de Solución A por 1 Litro de Agua.
- 2 ml. De Solución B por 1 Litro de Agua.

*En la Etapa del experimento: Se dividieron en 4 grupos. (Por 30 días), para iniciar el tratamiento por deficiencias. Volumen de Macetas: 1.6Lt

+Grupo Control: (Contenía los nutrientes completos)

- 3 ml. de Solución A por 1 Litro de Agua. = 4.8 ml por Maceta.
- 2 ml. De Solución B por 1 Litro de Agua. = 3.2 ml por Maceta.

+Deficiencia de Hierro: (Contenía los nutrientes sin el Hierro.

- 3 ml. de Solución A por 1 Litro de Agua. = 4.8 ml. por maceta
- 1 ml. de Sulfato de Magnesio.
- 1 ml. de Sulfato de Manganeso.
- 1 ml. de Micronutrientes.

+Deficiencia de Magnesio: (Contenía los nutrientes sin el Magnesio)

- 3 ml. de Solución A por 1 Litro de Agua. = 4.8 ml. por maceta.
- 1 ml. de Quelato de Hierro.
- 1 ml. de Sulfato de Manganeso.
- 1 ml. de Micronutrientes.

+Deficiencia de Manganeso: (Contenía los nutrientes sin el Manganeso)

- 3 ml. de Solución A por 1 Litro de Agua. = 4.8 ml. por maceta.
- 1 ml. de Sulfato de Magnesio.
- 1 ml. de Sulfato de Quelato de Hierro.
- 1 ml. de Micronutrientes.

3.5.3. Equipos:

*Almácigos: No.

*Post-Almácigo:

- Peachímetro.
- Conductímetro.
- Probeta.

*NFT:

- Tuberías.
- Caballete.
- Electrobomba.
- Tanque.

*Etapa del experimento:

- Motores de Pecera
- Balanza Digital.
- Horno para secado.
- Balanza electrónica.

- Calculadora.
- Probeta de 1000 ml.
- Libro de campo.
- Computadora.
- Hojas tamaño A4.

3.6 Procedimientos

3.6.1 Tratamientos y diseño experimental.

Delineamiento experimental.

- Diseño: Completamente al azar
- Tratamientos: 4
- Repeticiones: 6
- Total de unidades experimentales: 24
- Área de parcela: 1,6 m²
- Área útil de parcela: 1,6 m²
- Distancia entre macetas: 20 cmt.
- Número de plantas por sitio: 1
- Número de hileras: 1
- Área útil del experimento:
- Número de plantas por unidades experimentales: 1
- Área neta del
- Área total del experimento: 2.5m²

3.6.2 Preparación del sustrato.

Se preparó el sustrato de partículas homogéneas, humedeciéndolo correctamente. Preparación de la solución nutritiva.- Se preparó la solución nutritiva según la teoría de fertilizantes mencionadas en el literal 2.2.1.7 (Rodríguez Delfín A., Hoyos Rojas M. y Chang La rosa M. -2001) se preparó las soluciones A y B: 5 ml. de "A" y 2 ml. de "B" por Litro de Agua.

Semillero.- Se utilizó cajas de frutas de 40cm. x 60 cm.

Riego.- En esta etapa el riego se hizo en 3 sub-etapas:

- 5 primeros días= solo agua
- Del día 6 al día 10 = riego con una concentración al 50%
- *Del día 11 al día 15 = riego con concentración al 100%

Post-Almácigo: (6 días)

Trasplante.-Se hizo el trasplante lavando correctamente las raíces, se envolvieron el cuello de las plántulas con un pedazo de esponjas para que queden sujetas en el orificio del tecnopor, de tal forma que las raíces quedaron sumergidas en la solución nutritiva. Se acortó el tiempo en esta etapa de 15 a 6 días.

Solución Nutritiva.-Se hizo un ajuste en la dosis que proponía la teoría: 3 ml. de "A" y 2 ml. de "B" (Se bajó 2ml. de "A").

Oxigenación.- Por lecciones aprendidas, se descubrió que esta planta era muy sensible a la falta de oxígeno, por lo que se le colocó motores de pecera durante esta etapa.

Sistema NFT: (9 días)

Trasplante.-Se hizo el trasplante retirando las plántulas de las esponjas, cuidando de no tocar las raíces y se colocó en los vasos de 1 onza, para luego colocar en los tubos NFT.

Solución Nutritiva.-La solución nutritiva que se manejó en esta etapa fue lo que señalaba la teoría (5 ml. de "A" y 2 ml. de "B")

Oxigenación.-En esta etapa la oxigenación favoreció a la necesidad de la planta, lo que logró un crecimiento esperado en calidad, tamaño y color, debo añadir que en este sistema se usa un motor para oxigenar la planta cada cierto tiempo.

Control fitosanitario.-En esta etapa se mantuvo un control fitosanitario biológico, se usaron trampas de plásticos amarillos con goma entomológica, que no afectó a la planta.

Fase Experimental: (30 días)

Selección de las muestras.-Se seleccionaron 24 plantas, las que fueron distribuidas al azar en 4 grupos con 6 repeticiones.

Soluciones con deficiencias.- Se Preparó las soluciones nutritivas con sus respectivas deficiencias.

Acondicionamiento.-Se hizo el acondicionamiento de 24 macetas instaladas con mangueras de oxigenación conectadas a un motor de pecera.

Cosecha y mediciones.-La cosecha de las plántulas se hizo a los 60 días después de la siembra, retirando las 24 plántulas de sus respectivas macetas, se procedió además a tomar todas sus mediciones y pesando las muestras.

Secado en estufa.-En el día 61 se procedió a colocar en papel kraff separando la raíz de las hojas, por lo que se obtuvieron 24 pares de muestra, que fueron colocadas en el Horno Industrial a 95°C.

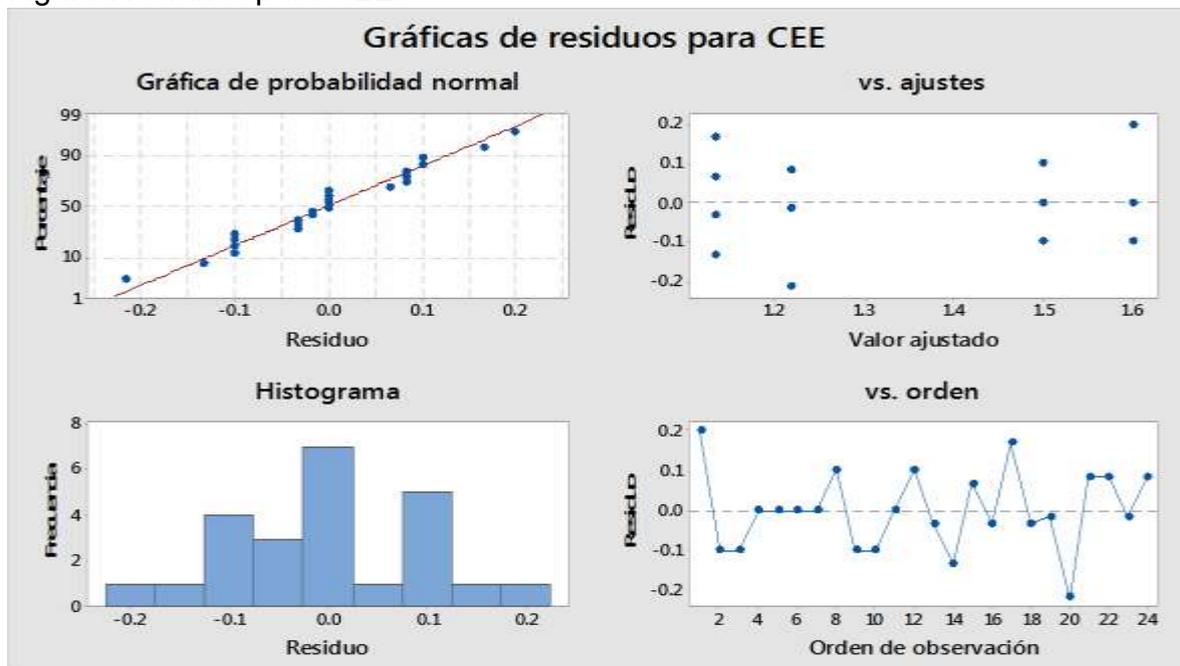
Pesado.-Luego del secado se procedió a pesar las 24 plántulas con sus raíces.

3.7 Análisis de datos

Conductividad eléctrica (CEE)

Gráfico.

Figura 7. Gráfico para CEE.



Fuente propia.

Análisis de Varianza Anova

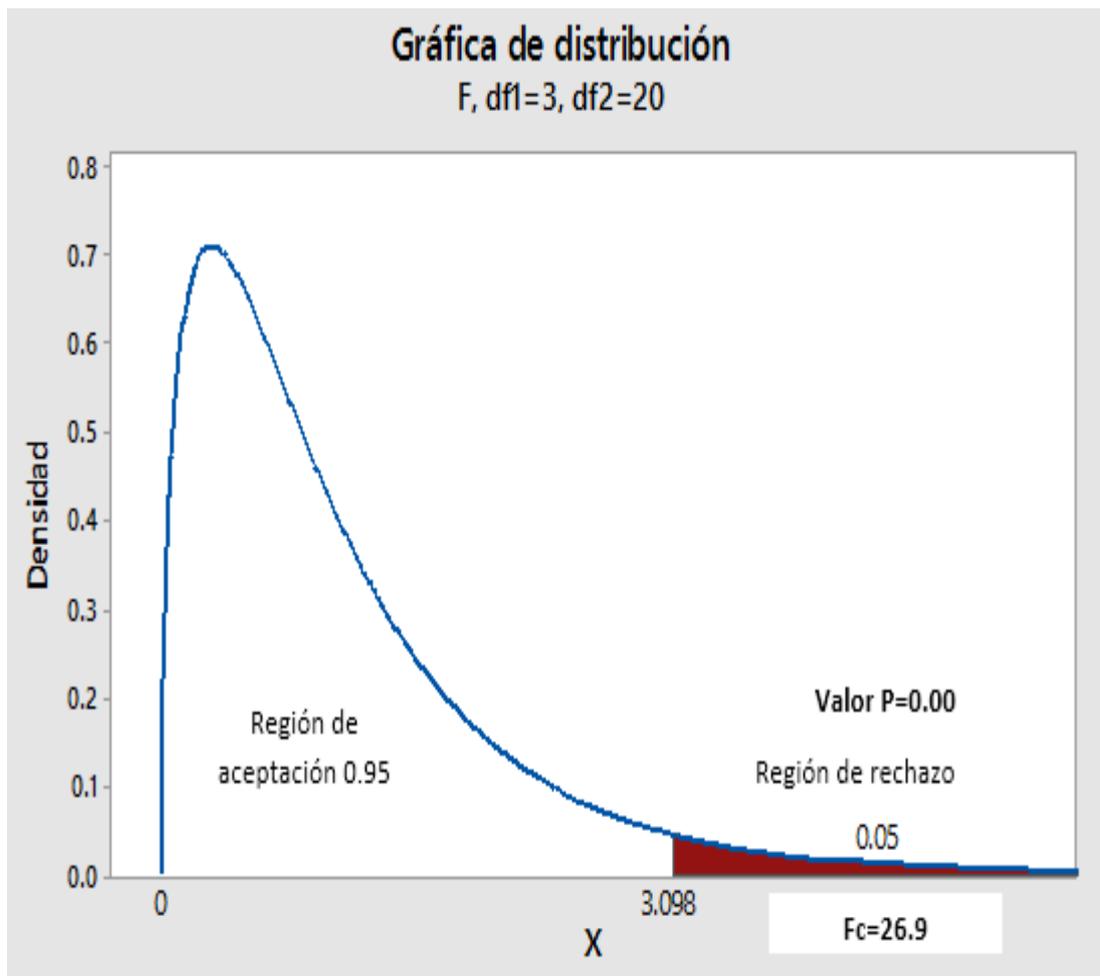
Tabla 2. Anova para CEE.

CEE

Suma de cuadrados		gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	,895	3	,298	26,905	,000
Dentro de grupos	,222	20	,011		
Total	1,116	23			

Fuente	GL	SC Ajuste.	MC Ajuste.	Valor F	Valor p
MUESTRAS	3	0.8946	0.29819	26.90	0.000
Error	20	0.2217	0.01108		
Total	23	1.1163			

Fuentes propias.



Fuente propia.

Si F_t (F teórica) es menor que la F_c (F calculada) se rechaza la hipótesis nula

F teórica	3.098
F calculada	26.900

F teórica	<	F calculada
3.098	<	26.900

Como la F teórica es menor que la F calculada se rechaza la hipótesis nula

Si valor P es menor que 0.05, se rechaza la hipótesis nula.

1) Formulación de hipótesis:

H_0 : Hipótesis nula

H_1 : Hipótesis alterna

2) Nivel de significancia = 5% = 0.05

3) Elección de la prueba estadística: Análisis de la varianza con un factor ANOVA

4) Estimación del P valor = 0.00

5) Toma de decisión

$0.00 < 0.05$ entonces se rechaza la H_0 y se acepta la H_1 que nos dice que las medias de los grupos son diferentes.

Comparaciones múltiples.

Tabla 3. Comparaciones múltiples para CEE.

Variable dependiente: CEE HSD Tukey

(I) Repeticiones	(J) Repeticiones	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
Control	Deficiencia Fe	,10000	,06078	,377	-,0701	,2701
	Deficiencia Mg	,46667*	,06078	,000	,2965	,6368
	Deficiencia Mn	,38333*	,06078	,000	,2132	,5535
Deficiencia fe	Control	-,10000	,06078	,377	-,2701	,0701
	Deficiencia Mg	,36667*	,06078	,000	,1965	,5368
	Deficiencia Mn	,28333*	,06078	,001	,1132	,4535
Deficiencia Mg	Control	-,46667*	,06078	,000	-,6368	-,2965
	Deficiencia Fe	-,36667*	,06078	,000	-,5368	-,1965
	Deficiencia Mn	-,08333	,06078	,531	-,2535	,0868
Deficiencia Mn	Control	-,38333*	,06078	,000	-,5535	-,2132
	Deficiencia fe	-,28333*	,06078	,001	-,4535	-,1132
	Deficiencia Mg	,08333	,06078	,531	-,0868	,2535

Fuentes propias

*. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.

Subconjuntos homogéneos.

Tabla 4. Tabla subconjuntos homogéneos para CEE. HSD Tukey^a

Repeticiones N	Subconjunto para alfa = 0.05	
	1	2
Deficiencia Mg 6	1,1333	
Deficiencia Mn 6	1,2167	
Deficiencia Fe 6		1,5000
Control 6		1,6000
Sig.	,531	,377

Fuente propia

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 6,000.

Tabla 5. Método Tukey para CEE

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

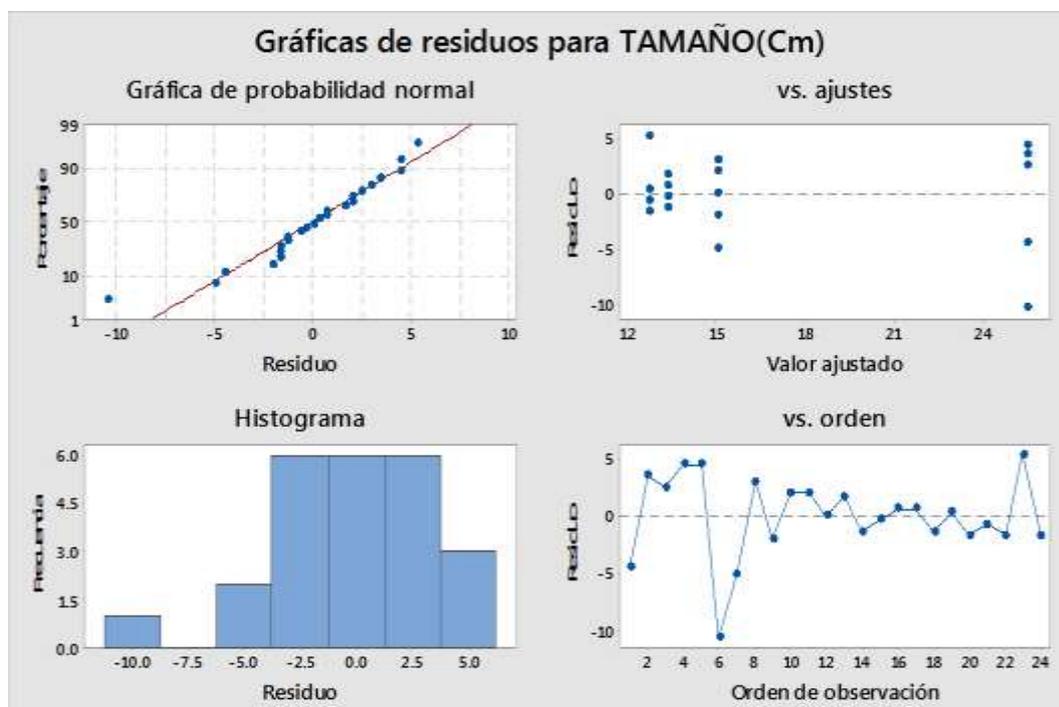
MUESTRAS	N	Media	Agrupación
Control	6	1.6000	A
Defic. Fe	6	1.5000	A
Defic. Mn	6	1.2167	B
Defic. Mg	6	1.1333	B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Fuente propia

Tamaño

Gráfico. **Figura 8. Gráfico para tamaño.**



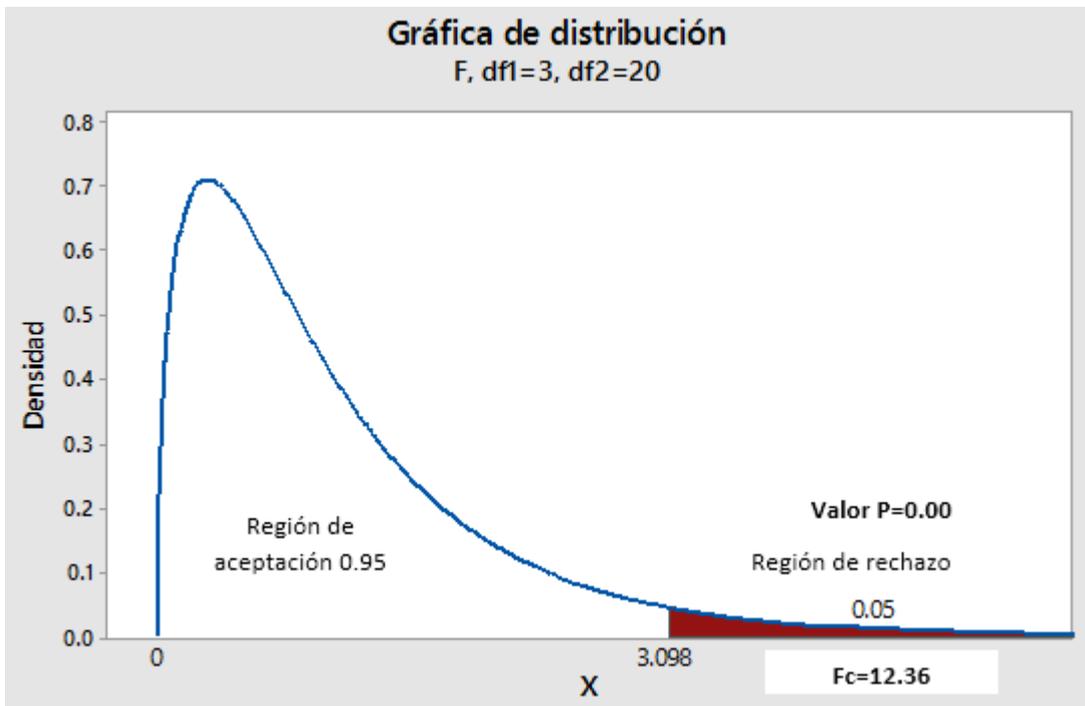
Fuente propia.

Tabla 6. Anova para el tamaño.

TAMAÑO (Cm)

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	647,458	3	215,819	15,407	,000
Dentro de grupos	280,167	20	14,008		
Total	927,625	23			

Fuente propia.



Fuente propia.

Si F_t (F teórica) es menor que la F_c (F calculada) se rechaza la hipótesis nula

F teórica	3.098
F calculada	12.364

F teórica	<	F calculada
3.098	<	12.364

Como la F teórica es menor que la F calculada se rechaza la hipótesis nula

Si valor P es menor que 0.05, se rechaza la hipótesis nula

1) Formulación de hipótesis:

H₀: Hipótesis nula

H₁: Hipótesis alterna

2) Nivel de significancia = 5% = 0.05

3) Elección de la prueba estadística: Análisis de la varianza con un factor ANOVA

4) Estimación del P valor = 0.00

5) Toma de decisión

0.00 < 0.05 entonces se rechaza la H₀ y se acepta la H₁ que nos dice que las medias de los grupos son diferentes.

Comparaciones múltiples.

Tabla 7. Comparaciones múltiples para el tamaño.

Variable dependiente: TAMAÑO (Cm) HSD Tukey

Diferencia de medias			Error estándar	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
(I) Repeticiones	(J) Repeticiones (I-J)				Límite inferior	Límite superior
Control	Deficiencia fe	10,5000 0*	2,16089	,001	4,4518	16,5482
	Deficiencia Mg	12,1666 7*	2,16089	,000	6,1185	18,2149
	Deficiencia Mn	12,8333 3*	2,16089	,000	6,7851	18,8815
Deficiencia fe	Control	- 10,5000 0*	2,16089	,001	- 16,5482	-4,4518
	Deficiencia Mg	1,66667	2,16089	,866	-4,3815	7,7149
	Deficiencia Mn	2,33333	2,16089	,705	-3,7149	8,3815
Deficiencia Mg	Control	- 12,1666	2,16089	,000	- 18,2149	-6,1185

		7*				
	Deficiencia fe	-1,66667	2,16089	,866	-7,7149	4,3815
	Deficiencia Mn	,66667	2,16089	,990	-5,3815	6,7149
Deficiencia Mn	Control	-	2,16089	,000	-	-6,7851
		12,8333			18,8815	
		3*				
	Deficiencia fe	-2,33333	2,16089	,705	-8,3815	3,7149
	Deficiencia Mg	-,66667	2,16089	,990	-6,7149	5,3815

*. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.

Fuente propia

Subconjuntos homogéneos.

Tabla 8. Subconjuntos homogéneos para tamaño.

HSD Tukey^a

Repeticiones N		Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
Deficiencia Mn	6	12,6667	
Deficiencia Mg	6	13,3333	
Deficiencia fe	6	15,0000	
Control	6		25,5000
Sig.		,705	1,000

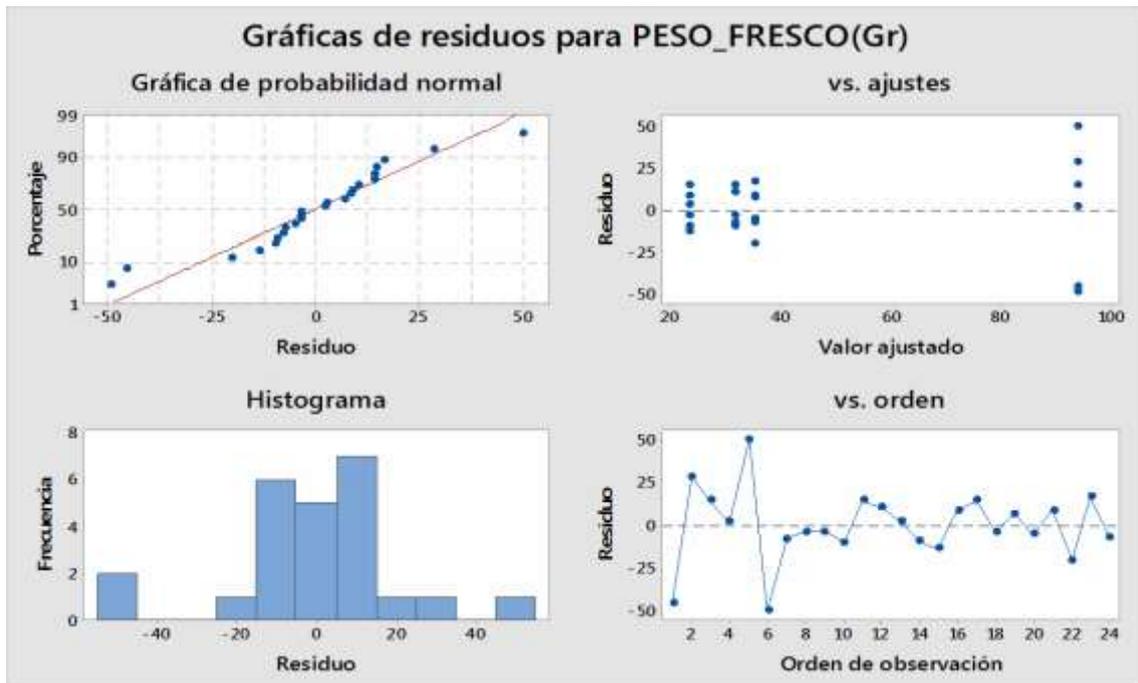
Fuente propia

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica 6,000.

Peso fresco.

Gráfico. **Figura 9. Grafico para peso fresco.**



Fuente propia.

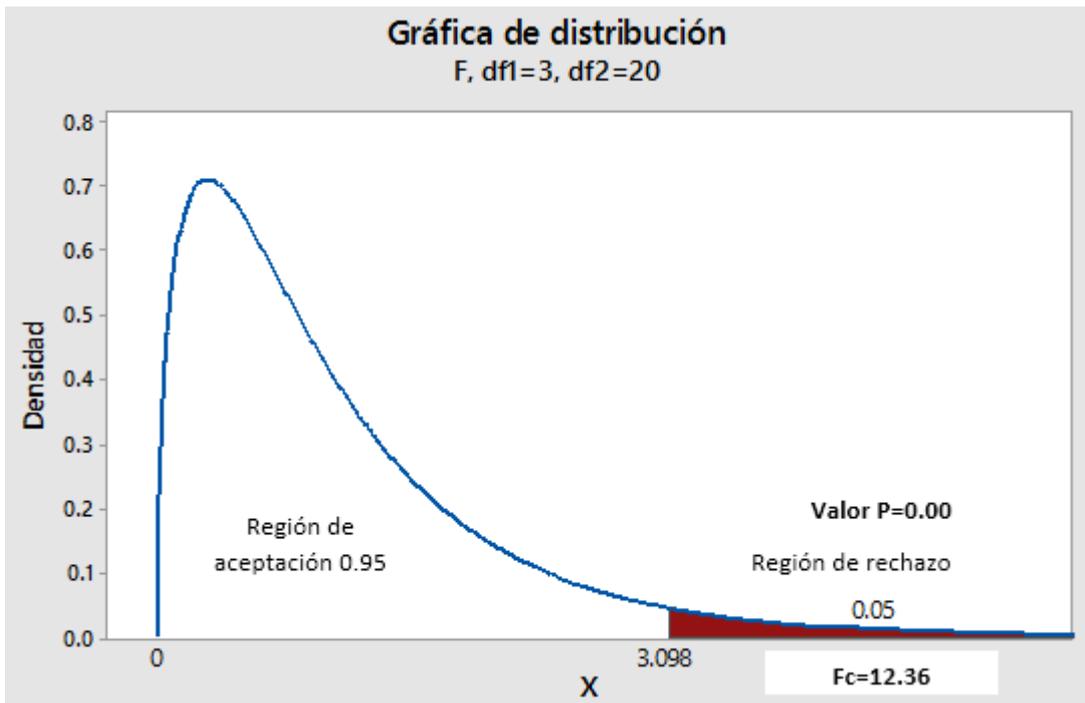
Anova.

Tabla 9. Anova para peso fresco.

PESO FRESCO (Gr)

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	18652,125	3	6217,375	12,364	,000
Dentro de grupos	10056,833	20	502,842		
Total	28708,958	23			

Fuente propia



Fuente propia.

Si F_t (F teórica) es menor que la F_c (F calculada) se rechaza la hipótesis nula

F teórica	3.098
F calculada	12.364

F teórica	<	F calculada
3.098	<	12.364

Como la F teórica es menor que la F calculada se rechaza la hipótesis nula

Si valor P es menor que 0.05, se rechaza la hipótesis nula

1) Formulación de hipótesis:

H_0 : Hipótesis nula

H_1 : Hipótesis alterna

2) Nivel de significancia = 5% = 0.05

3) Elección de la prueba estadística: Análisis de la varianza con un factor ANOVA

4) Estimación del P valor = 0.00

5) Toma de decisión: $0.00 < 0.05$ entonces se rechaza la H_0 y se acepta la H_1 que nos dice que las medias de los grupos son diferentes

Comparaciones múltiples.

Tabla 10. Comparaciones múltiples para peso fresco.

Variable dependiente: PESO FRESCO (Gr) HSD Tukey

(I) Repeticiones	(J) Repeticiones	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
Control	Deficiencia fe	62,00000*	12,94658	,001	25,7634	98,2366
	Deficiencia Mg	70,33333*	12,94658	,000	34,0967	106,5700
	Deficiencia Mn	58,50000*	12,94658	,001	22,2634	94,7366
Deficiencia fe	Control	-62,00000*	12,94658	,001	-98,2366	-25,7634
	Deficiencia Mg	8,33333	12,94658	,917	-27,9033	44,5700
	Deficiencia Mn	-3,50000	12,94658	,993	-39,7366	32,7366
Deficiencia Mg	Control	-70,33333*	12,94658	,000	-106,5700	-34,0967
	Deficiencia fe	-8,33333	12,94658	,917	-44,5700	27,9033
	Deficiencia Mn	-11,83333	12,94658	,798	-48,0700	24,4033
Deficiencia Mn	Control	-58,50000*	12,94658	,001	-94,7366	-22,2634
	Deficiencia fe	3,50000	12,94658	,993	-32,7366	39,7366
	Deficiencia Mg	11,83333	12,94658	,798	-24,4033	48,0700

*. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.

Fuente propia

Subconjuntos homogéneos.

Tabla 11. Subconjuntos homogéneos para peso fresco.

PESO FRESCO (Gr)

HSD Tukey^a

		Subconjunto para alfa = 0.05	
Repeticiones N		1	2
Deficiencia Mg	6	23,3333	
Deficiencia fe	6	31,6667	
Deficiencia Mn	6	35,1667	
Control	6		93,6667
Sig.		,798	1,000

Fuente propia.

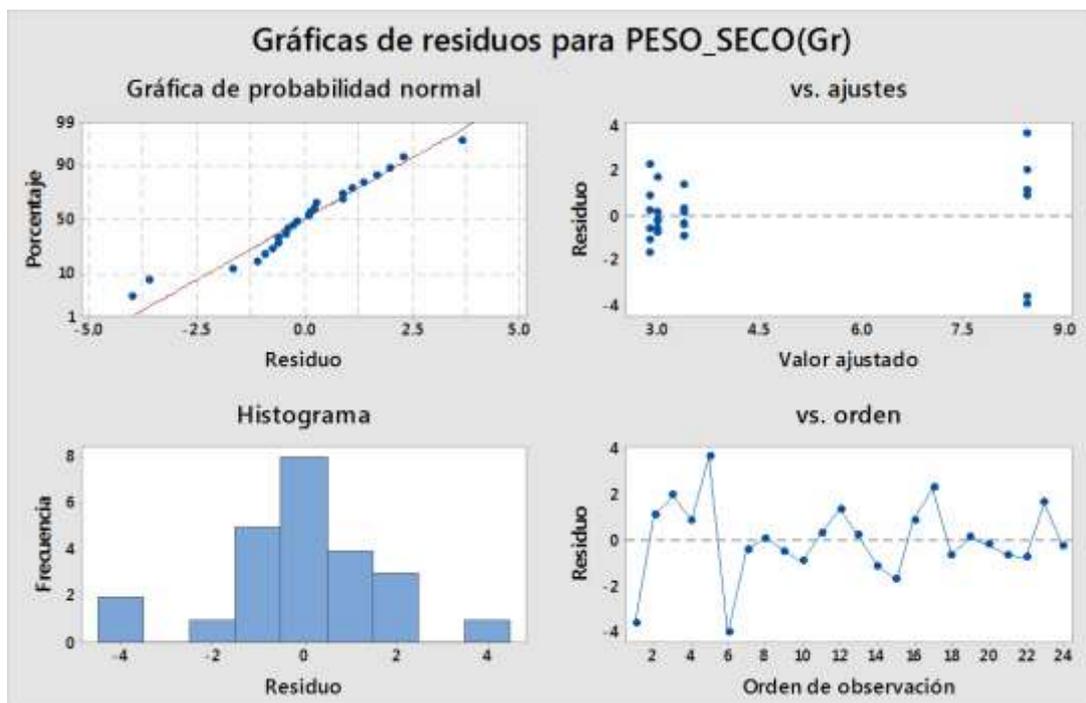
Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 6,000.

Peso seco

Gráfico.

Figura 10. Grafico para peso seco.



Fuente propia.

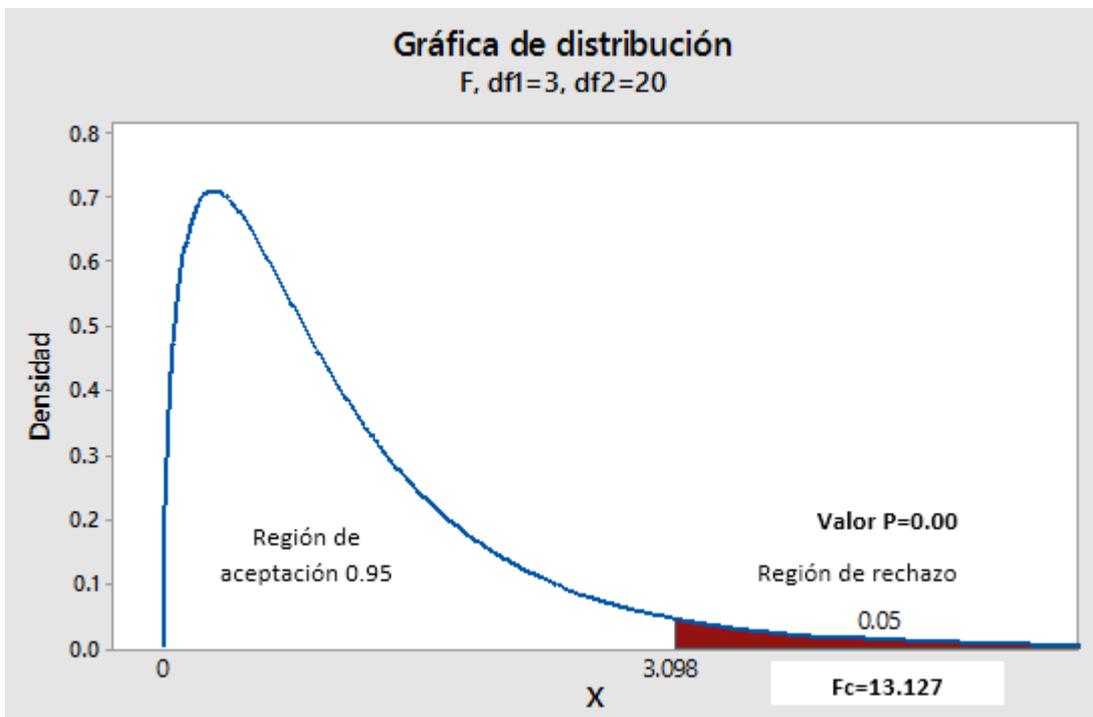
Anova.

Tabla 12. Anova para el peso seco.

PESO SECO (Gr)

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	130,413	3	43,471	13,127	,000
Dentro de grupos	66,230	20	3,311		
Total	196,643	23			

Fuente propia.



Fuente propia

Si F_t (F teórica) es menor que la F_c (F calculada) se rechaza la hipótesis nula

F teórica	3.098
F calculada	13.127

F teórica	<	F calculada
3.098	<	13.127

Como la F teórica es menor que la F calculada se rechaza la hipótesis nula

Si valor P es menor que 0.05, se rechaza la hipótesis nula

1) Formulación de hipótesis:

H₀: Hipótesis nula

H₁: Hipótesis alterna

2) Nivel de significancia = 5% = 0.05

3) Elección de la prueba estadística: Análisis de la varianza con un factor ANOVA

4) Estimación del P valor = 0.00

5) Toma de decisión: 0.00 < 0.05 entonces se rechaza la H₀ y se acepta la H₁ que nos dice que las medias de los grupos son diferentes

Comparaciones múltiples.

Tabla 13. Comparaciones múltiples (peso seco). Variable dependiente:

HSD Tukey

Diferencia de medias		(I-J) Error estándar	Sig.	Intervalo de confianza al 95%		
(I) Repeticiones	(J) Repeticiones			Límite inferior	Límite superior	
Control	Deficiencia fe	5,05667*	1,05063	,001	2,1160	7,9973
	Deficiencia Mg	5,57167*	1,05063	,000	2,6310	8,5123
	Deficiencia Mn	5,46667*	1,05063	,000	2,5260	8,4073
Deficiencia fe	Control	-5,05667*	1,05063	,001	-7,9973	-2,1160
	Deficiencia Mg	,51500	1,05063	,960	-2,4257	3,4557
	Deficiencia Mn	,41000	1,05063	,979	-2,5307	3,3507
Deficiencia Mg	Control	-5,57167*	1,05063	,000	-8,5123	-2,6310
	Deficiencia fe	-,51500	1,05063	,960	-3,4557	2,4257
	Deficiencia Mn	-,10500	1,05063	1,000	-3,0457	2,8357
Deficiencia Mn	Control	-5,46667*	1,05063	,000	-8,4073	-2,5260
	Deficiencia fe	-,41000	1,05063	,979	-3,3507	2,5307
	Deficiencia Mg	,10500	1,05063	1,000	-2,8357	3,0457

*. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05. Fuente propia

Subconjuntos homogéneos.

Tabla 14. Subconj. Homogéneos (peso seco).

PESO SECO (Gr)

HSD Tukey^a

Repeticiones N		Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
Deficiencia Mg	6	2,8667	
Deficiencia Mn	6	2,9717	
Deficiencia fe	6	3,3817	
Control	6		8,4383
Sig.		,960	1,000

Fuente propia.

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 6,000

IV RESULTADOS.

Agronómicos y de rendimientos. Se evaluaron 4 grupos muestrales con seis repeticiones y se tomaron en cuenta 4 variables experimentales.

Conductividad Eléctrica. (CEE).- *Obtenidos los promedios en la variable conductividad eléctrica, de las muestras los resultados se detallan la tabla 15. Se realizaron 6 repeticiones en los cuatro grupos incluyendo el grupo control. El tratamiento 1, correspondiente a la deficiencia de Hierro, obtuvo el mayor promedio de conductividad eléctrica CEE. Con 1.50, mientras que el tratamiento correspondiente a la deficiencia de Magnesio arrojó un promedio de 1.13. Al realizar el análisis estadístico (tabla 2, 3 y 4) y la prueba de Tukey al 5% (tabla 5) indica que existen diferencias significativas entre los tratamientos, con la cual se rechaza la Hipótesis nula (Ho), que plantea que todos los resultados son iguales.*

MUESTRAS CEE:

Tabla 15.Muestras de CEE.

Control 1	1.80	Deficiencia Fe1	1.50	Deficiencia Mg1	1.10	Deficiencia Mn1	1.20
Control 2	1.50	Deficiencia Fe2	1.60	Deficiencia Mg2	1.00	Deficiencia Mn2	1.00
Control 3	1.50	Deficiencia Fe3	1.40	Deficiencia Mg3	1.20	Deficiencia Mn3	1.30
Control 4	1.60	Deficiencia Fe4	1.40	Deficiencia Mg4	1.10	Deficiencia Mn4	1.30
Control 5	1.60	Deficiencia Fe5	1.50	Deficiencia Mg5	1.30	Deficiencia Mn5	1.20
Control 6	1.60	Deficiencia Fe6	1.60	Deficiencia Mg6	1.10	Deficiencia Mn6	1.30
Promedio	1.60	Promedio	1.50	Promedio	1.13	Promedio	1.22

Fuente propia.

Tamaño de las Hojas.- Para la variable tamaño de hojas se detallan los resultados obtenidos en la tabla 16, expresados en centímetros. Los resultados promediados de esta variable indicaron que el tratamiento 1, correspondiente a la deficiencia de hierro obtuvo el mayor tamaño de hoja, con un promedio de 15.0 cm; por el contrario el tratamiento 3, correspondiente a la deficiencia de Manganeso consiguió un menor tamaño con un promedio de 12,7 cm.

Sometidos los resultados al análisis de la varianza, detallados en las tabla 6 y 7 y realizada la prueba de Tukey al 5 % (tabla 8); los promedios presentaron diferencias significativas, con lo que se rechaza la Hipótesis nula, que todos los tratamientos son iguales aceptando la Hipótesis alterna, que plantea que si hay diferencia significativa entre los tratamientos.

MUESTRAS TAMAÑO (Cm.):

Tabla 16.Muestras de tamaño.

Control 1	21.00	Deficiencia Fe1	10.00	Deficiencia Mg1	15.00	Deficiencia Mn1	13.00
Control 2	29.00	Deficiencia Fe2	18.00	Deficiencia Mg2	12.00	Deficiencia Mn2	11.00
Control 3	28.00	Deficiencia Fe3	13.00	Deficiencia Mg3	13.00	Deficiencia Mn3	12.00
Control 4	30.00	Deficiencia Fe4	17.00	Deficiencia Mg4	14.00	Deficiencia Mn4	11.00
Control 5	30.00	Deficiencia Fe5	17.00	Deficiencia Mg5	14.00	Deficiencia Mn5	18.00
Control 6	15.00	Deficiencia Fe6	15.00	Deficiencia Mg6	12.00	Deficiencia Mn6	11.00
Promedio	25.50	Promedio	15.00	Promedio	13.33	Promedio	12.67

Fuente propia.

Peso Fresco de la Planta. (Se pesó al momento de la cosecha).- *Los resultados de los rendimientos se muestran en la tabla 17, expresados en gramos.*

El mayor promedio lo consiguió el tratamiento 3, que corresponde a la deficiencia de Manganeso con 35,17gr. Y el menor peso se obtuvo en el tratamiento 2, correspondiente a la deficiencia de Magnesio con un promedio de 23.33gr.

El análisis de la varianza señala diferencias significativas entre los tratamientos. La prueba de Tukey al 5% indica que existen diferencias significativas entre los tratamientos (tablas 9 10 y 11), con la cual se rechaza la Hipótesis nula (Ho), que plantea que todos los resultados son iguales.

MUESTRAS PESO FRESCO (Gr):

Tabla 17. Muestras de peso fresco.

Control 1	48.00	Deficiencia Fe1	24.00	Deficiencia Mg1	26.00	Deficiencia Mn1	42.00
Control 2	122.00	Deficiencia Fe2	28.00	Deficiencia Mg2	14.00	Deficiencia Mn2	30.00
Control 3	108.00	Deficiencia Fe3	28.00	Deficiencia Mg3	10.00	Deficiencia Mn3	44.00
Control 4	96.00	Deficiencia Fe4	22.00	Deficiencia Mg4	32.00	Deficiencia Mn4	15.00
Control 5	144.00	Deficiencia Fe5	46.00	Deficiencia Mg5	38.00	Deficiencia Mn5	52.00
Control 6	44.00	Deficiencia Fe6	42.00	Deficiencia Mg6	20.00	Deficiencia Mn6	28.00
Promedio	93.67	Promedio	31.67	Promedio	23.33	Promedio	35.17

Fuente propia.

Peso Seco de la Planta. (Se pesó luego del secado).- Promediados los resultados de esta variable se especifican en la tabla 18, expresados en gramos. El Tratamiento 1 que corresponde a la deficiencia de hierro se muestra con el mayor valor con 3,38 g de promedio, en tanto que el tratamiento 2, correspondiente a la deficiencia de Magnesio consiguió el promedio más bajo con 2,87 g.

Al realizar el análisis de la varianza (tablas 12. 13. 14) y sometidas las medias a la prueba de Tukey al 5 % se concluye que existen diferencias significativas entre los tratamientos rechazándose la Hipótesis nula.

MUESTRAS PESO SECO (Gr):

Tabla 18. Muestras de peso seco.

Control 1	4.82	Deficiencia Fe1	2.98	Deficiencia Mg1	3.07	Deficiencia Mn1	3.11
Control 2	9.54	Deficiencia Fe2	3.48	Deficiencia Mg2	1.78	Deficiencia Mn2	2.80
Control 3	10.43	Deficiencia Fe3	2.93	Deficiencia Mg3	1.17	Deficiencia Mn3	2.34
Control 4	9.32	Deficiencia Fe4	2.47	Deficiencia Mg4	3.75	Deficiencia Mn4	2.22
Control 5	12.10	Deficiencia Fe5	3.66	Deficiencia Mg5	5.17	Deficiencia Mn5	4.64
Control 6	4.42	Deficiencia Fe6	4.77	Deficiencia Mg6	2.26	Deficiencia Mn6	2.72
Promedio	8.44	Promedio	3.38	Promedio	2.87	Promedio	2.97

Fuente propia.

Contenido de clorofila.- Para la evaluación del contenido de clorofila y por consiguiente CLORÓISIS de hojas en nuestras muestras, se usó la escala de LINKELD, y los resultados se detallan en el cuadro 19, con valores del 1 al 5 como se detalla en la tabla 20. Se realizaron 6 repeticiones en los cuatro grupos incluyendo el grupo control.

El tratamiento 1, correspondiente a la deficiencia de Hierro, obtuvo el mayor promedio de contenido de clorofila con 3.3, mientras que el tratamiento correspondiente a la deficiencia de Magnesio arrojó un promedio de 2.3.

Tabla 19. Muestras de clorosis.

MUESTRAS	COLOR	MUESTRAS	COLOR
Control 1	5	Deficiencia de Mg 1	2
Control 2	5	Deficiencia de Mg 2	2
Control 3	5	Deficiencia de Mg 3	1
Control 4	5	Deficiencia de Mg 4	2
Control 5	5	Deficiencia de Mg 5	3
Control 6	5	Deficiencia de Mg 6	4
Promedio C	5	Promedio Mg	2.3
Deficiencia de Fe1	3	Deficiencia de Mn 1	4
Deficiencia de Fe2	4	Deficiencia de Mn 2	2
Deficiencia de Fe3	3	Deficiencia de Mn 3	1
Deficiencia de Fe4	4	Deficiencia de Mn 4	3
Deficiencia de Fe5	3	Deficiencia de Mn 5	4
Deficiencia de Fe6	3	Deficiencia de Mn 6	1
Promedio Fe	3.3	Promedio Mn	2.5

Fuente propia.

Tabla 20. Escala de Linkeld.

COLOR DE HOJAS (LINKELD)	
Verde	5
Verde limón	4
Verde amarillo	3
Nervadura violeta	2
Violeta	1

Fuente propia

V DISCUSIÓN DE RESULTADOS.

El trabajo de investigación se realizó entre los meses de Febrero y Marzo. El cultivo se inició en Febrero de 2019, siendo el mes de Marzo del presente año, el inicio del experimento que duró 30 días. La temperatura que se registraron entre estos meses fueron de un promedio de 30°, siendo una temperatura alta para los sistemas hidropónicos y para esta planta que es muy susceptible a la deshidratación en sus raíces, para lo cual se tuvo que acortar el tiempo de permanencia en la segunda etapa o post-almácigo y pasar al sistema NFT donde se contaba con una mejor oxigenación. En la etapa experimental en la que se les hizo sus tratamiento con deficiencias se tuvo que usar motores de peceras, para continuar con la oxigenación de sus raíces, cabe anotar que los tratamientos con deficiencias, en esta etapa se hicieron en macetas, con tapa de tecnopor, el motor alimentaba de oxígeno a cada maceta a través de mangueras con reguladores. No hubo presencia de lluvia que afectaran las muestras y el área de experimento contó con un sombreado en un 75%.

Los resultados de la deficiencia en cada uno de los 3 tratamientos, presentaron características propias en el color de las hojas finales, lo que demostró el efecto que causaba cada deficiencia en la clorosis o despigmentación de sus hojas. Como se observa en la tabla 19 y usando la escala de Linkeld, las muestras con deficiencia de HIERRO, alcanzaron una despigmentación con un promedio de valor de 3.3, según la escala de y un color verde amarillo, las muestras con deficiencias de MAGNESIO, una despigmentación de un promedio de 2.3 y un color de nervaduras violetas, en el caso de las muestras de deficiencias de MANGANESO, la despigmentación alcanzó un promedio de 2.5 según la escala de Likert y colores entre verde amarillos a nervaduras violetas. Los resultados también mostraron que el MANGANESO, en el tamaño de las hojas, pues se observó un menor crecimiento en las muestras que tenían deficiencia del manganeso. En cuanto al peso fresco de la planta, que luego determinará en el rendimiento de la cosecha, se pudo observar que el MAGNESIO, es un elemento importante para esta variable. Para futuros proyectos agroindustriales con esta planta, para uso medicinal o de exportación, sometiéndola a procesos como secado o liofilizado; en este experimento se concluyó que el MAGNESIO es importante, para un buen rendimiento.

VI CONCLUSIONES.

1. La deficiencia de Hierro es un factor determinante en la despigmentación (clorosis) de las hojas de Arúgulas. Las deficiencias de Magnesio y Manganeso, son causantes de clorosis en menor grado. Según los resultados que se describen en la Pág. 81 y 82.
2. Se determinó una nueva dosis de Nutrientes, distinto a lo establecido en la teoría bajando los macronutrientes de 5ml. a 3ml. (en este grupo no se encontraban los elementos: Hierro, Magnesio y Manganeso). Como se detalla en la Pág. 62.
3. La Conductividad Eléctrica (CEE), debe estar entre los rangos de 1-2 dS/m. para evitar la clorosis por quemado químico, como señala López D. (2015), en la Pág.47
4. El tiempo de post-almácigo se redujo de 15 a 6 días, para evitar la clorosis, por deficiente oxigenación en sus raíces, como se detalla en procedimientos Pág.66
5. En el experimento se encontró como factor interviniente que las raíces de esta planta son sensible a la oxigenación.

VII RECOMENDACIONES.

1. La solución debe ser rica en Micronutrientes, donde se encuentra el Fe, Mg y Mn. Pág. 81 y 82
2. Se debe trabajar con la nueva dosis para esta planta: Macronutrientes 3ml. y 2ml. de Micronutrientes en la etapa de post-almácigos. Pág. 62
3. Se debe hacer un control inter-diario, de la CEE para que esté dentro del rango ideal (1-2 dS/m.) Pág.47
4. Para esta planta los tiempos por etapas deben ser: 15 días, Almacigo: 6 días, Post-almácigo y 39 días NFT. Pág.66
5. En la etapa de post-almacigo la oxigenación, se debe hacer por medio de motores de pecera.

VIII REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA.

- Alarcón, A. (2017) *Programación de la fertirrigación en cultivos sin suelo en el sudeste español. Estudio de la nutrición cálcica.* (tesis Doctoral) Cartagena, España. <http://hdl.handle.net/10317/6859>
- Álvarez, R. (1964). *Algunos factores asociados con la deficiencia de hierro en el café.* (tesis de grado) Turrialba, Costa Rica.
- Araya, C., Peña, E., Salazar, E., Román, L., Medina, C., Mora, R., & Rosales, I. M. (2011). *Severidad de síntomas y acumulación de proteínas o ARN virales en lechugas afectadas por la enfermedad de las venas grandes.* Instituto de Investigaciones Agropecuarias INIA. Santiago, Chile.
- Arcos et al., (2011) y (Brenes-Peralta & Jiménez-Morales, 2014)
- Beltrano & Gimenez, (2015)
- Covarrubias M. (2015) *Determinación Del Grado De Adaptabilidad, Desarrollo Y Productividad Del Tomate (Lycopersicum Esculentum) Regado. Con Agua C3-S3, En Condiciones de Invernadero Mediante La Técnica de Hidroponía.* Bogotá.
- Guillen Y., Reveles L. & Velásquez R. (2013). *Detección de fitoplasmas y descripción de síntomas en repollo (brassica oleracea l. Var. Capitata) en Aguascalientes y zacatecas.* Aguascalientes-zacatecas AGROFAZ, 13(3).
- Landacay J. (2017) *Efecto de la deficiencia de macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg y S) en soluciones nutritivas del crecimiento inicial en el cultivo de palma aceitera (Elaeis guineensis jacq.) bajo condiciones de hidroponía* (tesis de pregrado) Universidad Nacional de Ucayali, Pucallpa, Perú. <http://repositorio.unu.edu.pe/handle/UNU/3265>
- López D. (2015) *Efecto del nivel de salinidad del agua y la textura del suelo en el cultivo de rúcula (Eruca sativa Mill).* (tesis de grado) Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú.
- Marina J. (2013) *Efectos de la carencia de micronutrientes (Fe, B, Mn, Mo, Zn, Cu) en el crecimiento y desarrollo del cultivo de ají charapita.* (tesis de

- grado) Universidad Nacional de Ucayali, Pucallpa, Perú.
<http://repositorio.unu.edu.pe/handle/UNU/1873>
- Ramirez, I. y Solís, F. (2017) *Evaluación del rendimiento en el cultivo de lechuga Lactuca sativa en sistemas hidropónicos y aeropónicos automatizados*. (Trabajo de titulación) Universidad Técnica de Machala: Editorial Machala.
<http://repositorio.utmachala.edu.ec/browse?type=author&value=Ramirez+Morales%2C+Ivan+Eduardo>
- Reyes C. (2010). *Evaluación de Híbridos de Tomate (Lycopersicon Esculentum Mill.) en Hidroponía Aplicando Bioestimulante Jisamar en el Cantón La Libertad*. (Tesis de grado). Universidad Estatal Península de Santa Elena La Libertad. <http://repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/917>
- Sánchez S. (2019) *Dinámica poblacional, preferencia y enemigos naturales de dos pentastómidos en crucíferas*. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Saltillo, Coahuila, México.
- Silva, A., Wamser, F., Hiyoshi, R., Cecílio, A y Mendoza-Cortez, J. (Dic. 2017). *Síntomas de deficiencia de macronutrientes en pimiento (Capsicum annuum L.)*. *Agrociencia* Vol.21 no.2 Montevideo versión impresa ISSN 1510-0839 versión On-line ISSN 2301-1548.
- Tenazoa C. (2015) *Efecto de la deficiencia de micronutrientes esenciales (Fe, Cu, Zn, Mn, Mo, B), en soluciones nutritivas del crecimiento inicial en el cultivo de palma aceitera (Elaeis guineensis jacq)* (tesis de pregrado) Universidad Nacional de Ucayali, Pucallpa, Perú.
<http://repositorio.unu.edu.pe/handle/UNU/3334>
- Thung, M., Ortega J. y Erazo O. (1985) *SUELOS Y AGRONOMIA: Tamizado para identificar frijoles que se adaptan a suelos ácidos*. En López, M.; Fernández, F.; Schoonhoven, A., *Frijol: Investigación y producción* (pp.313-346). Cali, Colombia: Programa de las Naciones Unidas (PNUD); Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT)
<https://hdl.handle.net/10568/77975>

IX ANEXOS

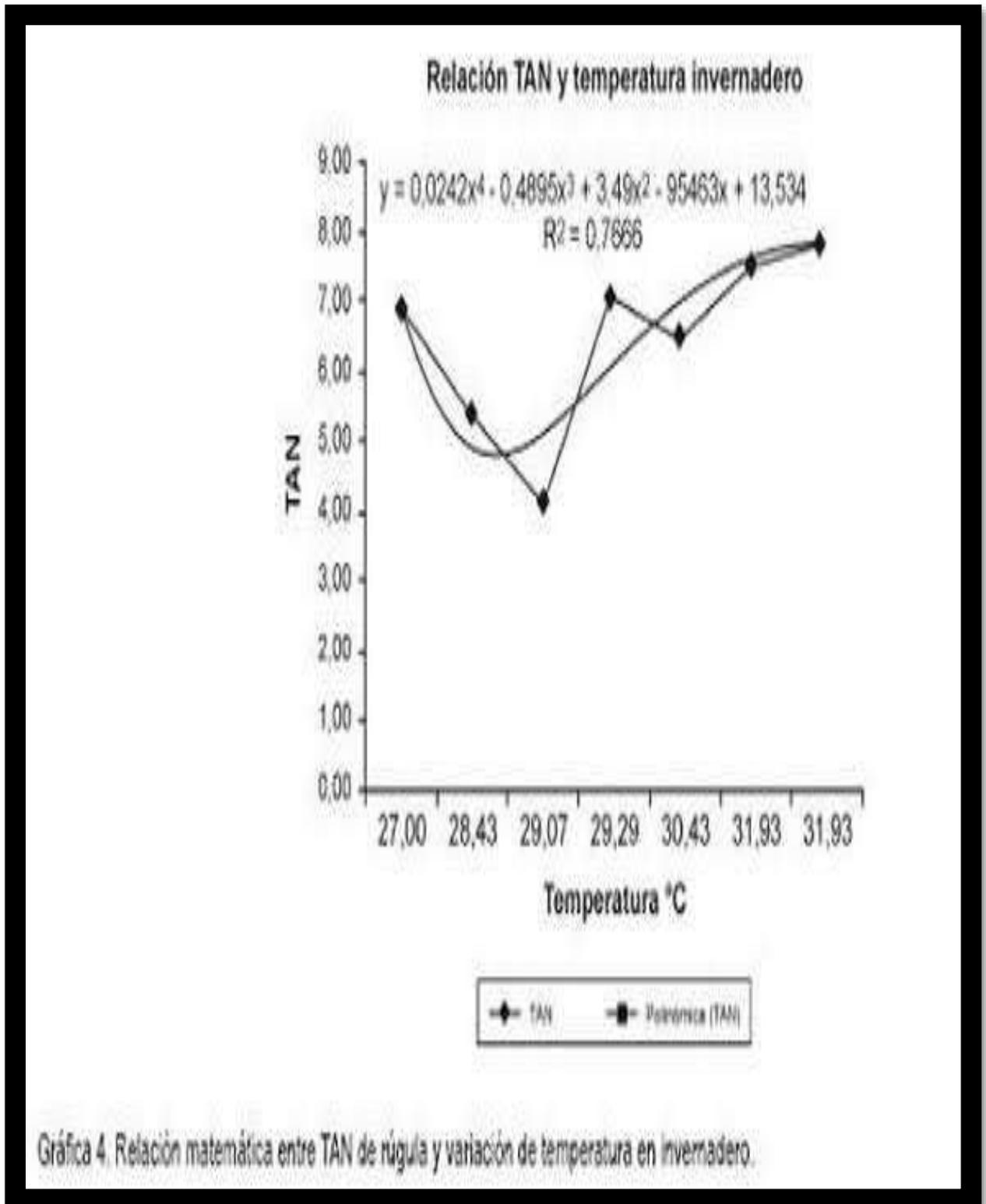
ANEXO 1: CUADRO COMPARATIVO DE LAS CRUCÍFERAS.

						
	Kale	Brócoli	Espinaca	Rúcula	Lechuga Romana	Lechuga Iceberg
Folato	7%	16%	49%	24%	34%	7%
Vitamina A	308%	12%	188%	47%	174%	10%
Vitamina C	200%	149%	47%	25%	40%	5%
Vitamina K	1.021%	127%	604%	136%	128%	30%
Calcio	14%	5%	10%	16%	3%	2%
Magnesio	8%	5%	20%	12%	3%	2%
Potasio	13%	9%	16%	11%	7%	4%

% IDR en 100g crudos (Fuente: <http://nutritiondata.self.com>)

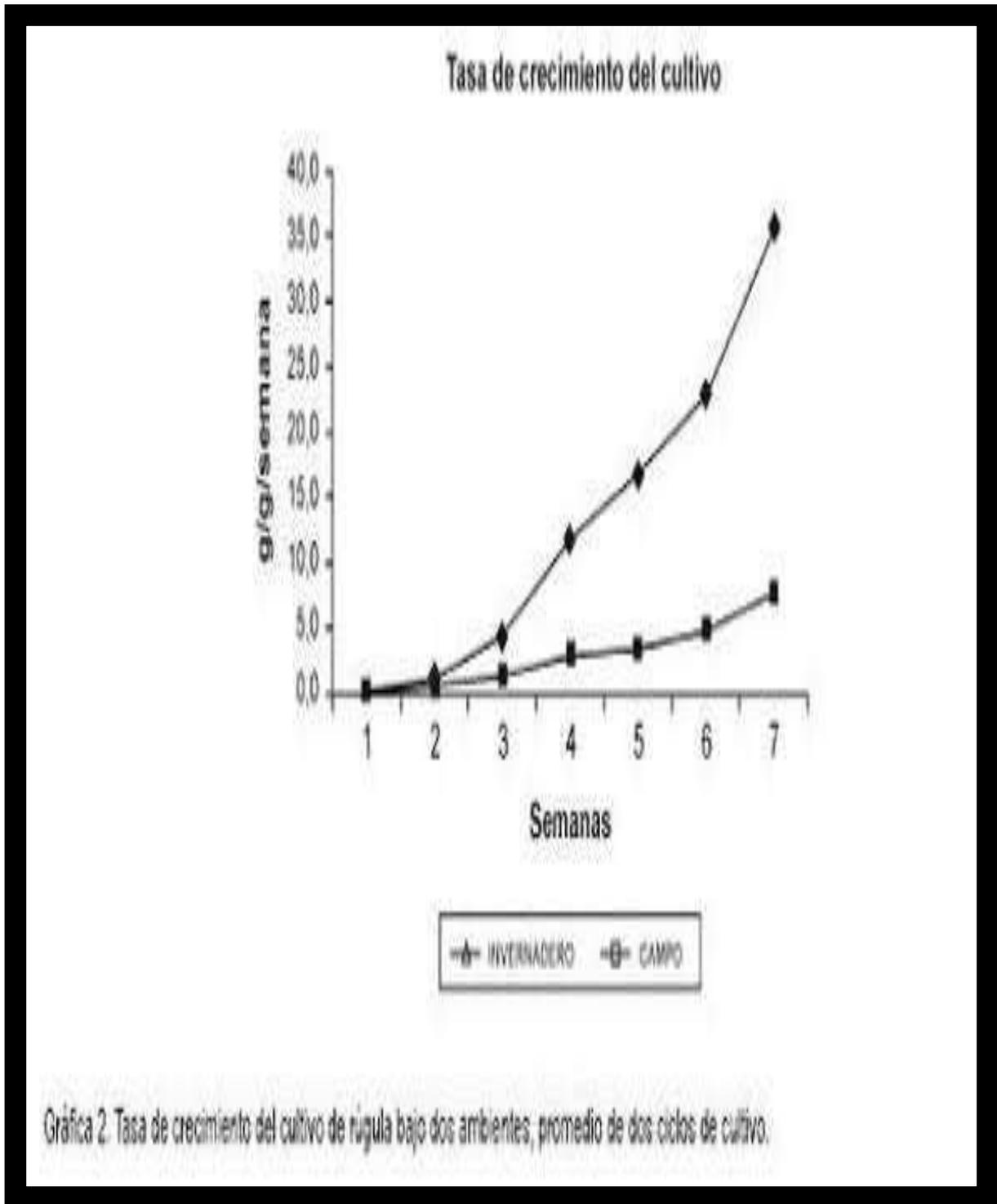
FUENTE: CIELO COLOMBIA

ANEXO 2: TEMPERATURA DE ARÚGULA EN INVERNADERO.



FUENTE: CIELO COLOMBIA

ANEXO 3: CRECIMIENTO DE ARÚGULA EN DOS SISTEMAS DISTINTOS (INVERNADERO Y CAMPO ABIERTO)



FUENTE: REVISTA U.D.C.A; ACTUALIDAD Y DIVULGACIÓN CIENTÍFICA, BOGOTÁ COLOMBIA.

ANEXO 4: MEJORAMIENTO DE ARÚGULA CON POTÁSIO PARA EL COLESTEROL



FUENTE: CIELO