

UNIVERSIDAD DE PANAMÁ
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIA
ESCUELA DE CIENCIAS AGRÍCOLAS

**EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO DE 23 CULTIVARES DE
LECHUGA (*Lactuca sativa*) EN CULTIVO HIDROPÓNICO BAJO
INVERNADERO**

KARLA SAGEL
4-777-2038

DAVID, CHIRIQUÍ
REPÚBLICA DE PANAMÁ

2018

AGRADECIMIENTOS

A Dios principalmente por permitirme llegar tan lejos y cuidar de mí andar día tras día.

A mis familiares por el esfuerzo, sacrificio y dedicación por educarme e inculcarme los valores que me caracterizan como persona y por siempre creer en mí e inspirarme a seguir luchando a pesar de las limitaciones de la vida.

A mis compañeros y amistades que se convirtieron en más que eso. Gracias por haber formado parte de mi vida y dejarme ser partes de las suyas.

A mis asesores por orientarme y otros profesores que estuvieron pendiente a mi trabajo de grado y por brindarme su ayuda cuando la necesite al igual que administrativos.

Al Ingeniero Rodrigo Marciaq por compartir todos los conocimientos y experiencias que ha adquirido en su vida como agricultor y guiarme en el desarrollo y a la empresa Agroflores S.A por permitirme utilizar sus instalaciones.

Al Ingeniero Rogelio Cruz por apoyarme en este trabajo de grado, por orientarme y compartir cada experiencia en el transcurso de su vida.

A mi profesor, mi padrino José Ureta por demostrarme que siempre puedo dar más de mí a pesar de las dificultades y por sus sabios consejos que me ayudaron en mi formación personal, académica y profesional.

**EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO DE 23 CULTIVARES DE
LECHUGA (*Lactuca sativa*) EN CULTIVO HIDROPONICO BAJO
INVERNADERO**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS ESCUELA DE
CIENCIAS AGRÍCOLAS**

**PERMISO PARA SU PUBLICACIÓN REPRODUCCIÓN TOTAL O
PARCIAL DEBE SER OBTENIDA EN LA FACULTAD DE CIENCIAS
AGROPECUARIAS APROBADO:**

PROF. ING. NORBERTO PITY

DIRECTOR

PROF. ING. JUAN OSORIO

ASESOR

PROF. ING. JOSE URETA

ASESOR

**DAVID, CHIRIQUÍ
REPÚBLICA DE PANAMÁ**

2018

RESUMEN

EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO DE 23 CULTIVARES DE LECHUGA (*Lactuca sativa*) EN CULTIVO HIDROPÓNICO BAJO INVERNADERO

Sagel, K, 2018. Evaluación de rendimiento de 23 cultivares de lechuga (*Lactuca sativa*) en cultivo hidropónico bajo invernadero. Tesis. Ingeniería Agrícola en Cultivos Tropicales. Facultad de Ciencias Agrícolas. Universidad de Panamá.

Esta investigación se realizó en la empresa Agroflores S.A ubicado en Cerro Punta en el distrito de Tierras Altas. Se compararon veinte y tres variedades de lechugas de cinco tipos diferentes como lo son Mantequilla, Oakleaf, Lollo, Romana y Batavia en el sistema hidropónico NFT de los cuales se hicieron dos evaluaciones de peso fresco, vigor y coloración en dos cosechas. Se utilizaron lechugas de hojas sueltas y se emplearon cinco plantas por variedad en un sistema NFT recirculante. Se utilizó la misma solución nutritiva para todas las variedades la misma contaba con macroelementos y microelementos esenciales para el desarrollo del cultivo de la lechuga. Se realizaron aplicaciones de plaguicidas para el control de diversas enfermedades que se presentaron en el transcurso del desarrollo del cultivo. Con el análisis de datos se pudo concluir que existen diferencias significativas entre las variedades de cada tipo de lechuga utilizados en esta investigación.

Palabras clave: Lechuga, Hidroponía, NFT, Solución nutritiva, Lechuga de Mantequilla, Lechuga Oakleaf, Lechuga Lollo, Lechuga Romana, Lechuga Batavia.

ABSTRACT

YIELD EVALUATION OF 23 LETTUCE VARIETIES (*Lactuca sativa*) IN HYDROPONIC GREENHOUSE CROP.

This investigation was carried out in the Agroflores S.A company, located in Cerro Punta in Tierras Altas district. Twenty-three lettuce varieties of five different types were compared, such as Butter, Oakleaf, Lollo, Romaine and Batavia in the NFT hydroponic system from which evaluations of fresh weight, vigor and color were carried out in two harvest. Open Leaf lettuce were used and five plants per variety were used in a recirculating NFT system. The same nutrient solution was used for all the varieties, it had macroelements and microelements essential for lettuce cultivation development. Pesticide applications were made to control several diseases that occurred during the crop development. With the data analysis it was found that there are differences between the varieties of each type of lettuce in this research.

Keywords: Lettuce, Hydroponics, NFT, Nutrient solution, Butter lettuce, Lollo lettuce, Romaine lettuce, Batavia lettuce.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN.....	1
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	4
JUSTIFICACIÓN	12
OBJETIVOS.....	13
Objetivos Generales.....	13
Objetivos Específicos.....	13
HIPÓTESIS.....	14
ALCANCES Y LIMITACIONES	15
REVISIÓN DE LITERATURA	16
1. Descripción de la Lechuga.....	16
2. Concepto de Hidroponía.....	17
3. Sistema Hidropónico NFT.....	18
4. Concepto de Sustrato	19
5. Solución Nutritiva.....	20
MATERIALES Y MÉTODOS	21
1. Localización del Área de Estudio.....	21
2. Descripción del Invernadero.....	21
3. Material Vegetal	22
4. Preparación de Semillero	23
5. Transplante.....	24
6. Riego.....	24
7. Control fitosanitario	25
8. Diseño Experimental.....	26
VARIABLES EVALUADAS	27
RESULTADOS Y DISCUSIONES	28
CONCLUSIONES.....	50
BIBLIOGRAFÍA DE CONSULTA	52

ANEXOS..... 54

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Análisis de varianza de peso fresco de cuatro variedades de lechuga tipo Mantequilla en la primera cosecha.....	28
Cuadro 2. Comparación de medias de peso fresco de cuatro variedades de lechuga tipo Mantequilla en la primera cosecha.....	29
Cuadro 3. Análisis de varianza del vigor en las cuatro variedades de lechuga tipo Mantequilla en la primera cosecha.....	29
Cuadro 4. Comparación de medias en la evaluación del vigor presente en las cuatro variedades de lechuga tipo Mantequilla en la primera cosecha.....	30
Cuadro 5. Análisis de varianza de los pesos fresco de cuatro variedades de lechuga tipo Oakleaf en la primera cosecha.....	30
Cuadro 6. Comparación de medias de peso fresco de cuatro variedades tipo Oakleaf en la primera cosecha.....	31
Cuadro 7. Análisis de varianza de vigor de cuatro variedades de lechuga tipo Oakleaf en la primera cosecha.....	31
Cuadro 8. Comparación de medias de vigor de cuatro variedades tipo Oakleaf en la primera cosecha.	32
Cuadro 9. Análisis de varianza de pesos frescos de cinco variedades de lechuga de tipo Lollo en la primera cosecha.	32
Cuadro 10. Comparación de medias de peso fresco de cinco variedades de lechuga tipo Lollo en la primera cosecha	33

Cuadro 11. Análisis de varianza de vigor de cinco variedades de lechuga de tipo Lollo en la primera cosecha.....	33
Cuadro 12. Comparación de medias de vigor de cinco variedades de lechuga tipo Lollo en la primera cosecha.....	34
Cuadro 13. Análisis de varianza de peso fresco de tres variedades de lechuga tipo Batavia en la primera cosecha.....	34
Cuadro 14. Comparación de medias de peso fresco de tres variedades de lechuga tipo Batavia en la primera cosecha.....	35
Cuadro 15. Análisis de varianza de vigor de tres variedades de lechuga tipo Batavia en la primera cosecha.....	35
Cuadro 16. Comparación de medias del vigor de tres variedades de lechuga tipo Batavia en la primera cosecha.....	36
Cuadro 17. Análisis de varianza de peso fresco de siete variedades lechugas tipo Romana en la primera cosecha.	36
Cuadro 18. Comparación de medias de peso de siete variedades de tipo Romana en la primera cosecha.	37
Cuadro 19. Análisis de varianza de vigor de siete variedades lechugas tipo Romana en la primera cosecha.....	38
Cuadro 20. Comparación de medias de vigor de siete variedades de lechuga de tipo Romana en la primera cosecha.	39
Cuadro 21. Análisis de varianza de la evaluación de los pesos frescos de cuatro variedades de lechuga tipo Mantequilla en la segunda cosecha.....	40
Cuadro 22. Comparación de medias de peso de cuatro variedades de lechuga tipo Mantequilla en la segunda cosecha.....	40

Cuadro 23. Análisis de varianza del vigor de cuatro variedades de lechuga de tipo Mantequilla en la segunda cosecha.....	41
Cuadro 24. Análisis de varianza del vigor de cuatro variedades de lechuga de tipo Mantequilla en la segunda cosecha.....	41
Cuadro 25. Análisis de varianza de peso fresco de cuatro variedades de lechuga tipo Oakleaf en la segunda cosecha.	42
Cuadro 26. Comparación de medias del peso fresco de cuatro variedades de lechuga de tipo Oakleaf en la segunda cosecha.....	42
Cuadro 27. Análisis de varianza del vigor de cuatro variedades lechuga tipo Oakleaf en la segunda cosecha.	43
Cuadro 28. Comparación de medias de vigor de cuatro variedades de lechuga tipo Oakleaf en la segunda cosecha.....	43
Cuadro 29. Análisis de varianza de peso fresco de cinco variedades de lechuga tipo Lollo en segunda cosecha.	44
Cuadro 30. Comparaciones de medias de peso fresco de cinco variedades de lechuga tipo Lollo en la segunda cosecha.....	44
Cuadro 31. Análisis de varianza del vigor de cinco variedades le lechuga tipo Lollo en la segunda cosecha.	45
Cuadro 32. Análisis de varianza de peso fresco de siete variedades de lechuga tipo Romana en la segunda cosecha.....	45
Cuadro 33. Comparación de medias de peso fresco de siete variedades de lechuga tipo Romana en la segunda cosecha.....	46
Cuadro 34. Analisis de varianza del vigor de siete variedades de lechuga tipo Romana en la segunda cosecha.....	47

Cuadro 35. Análisis de varianza de pesos frescos de tres variedades de lechuga tipo Batavia en la segunda cosecha.....	47
Cuadro 36. Comparaciones de medias de peso fresco de tres variedades de tipo Batavia.....	48
Cuadro 37. Análisis de varianza del vigor de tres variedades de lechuga de tipo Batavia en la segunda cosecha.....	48
Cuadro 38. Comparaciones de medias del vigor de tres variedades de lechuga tipo Batavia en la segunda cosecha.....	49
Cuadro 39. Coloraciones de las variedades rojas de los diferentes tipos de lechuga evaluados.....	49

INTRODUCCIÓN

Al pasar de los años el uso irracional de nuestros suelos y el gran empleo de agroquímicos ha afectado a gran escala al medio ambiente y por ende todo ser vivo dentro de el, por lo cual nos hemos visto en la necesidad de implementar otros sistemas que contribuyan a la disminución de estos químicos, al igual la utilización del suelo por lo cual se desarrolla el sistema hidropónico, ya que con el mismo podemos obtener un mayor número de plantas en un área menor a la cual se utilizaría en campo y al ser en espacios controlados se limita a la aplicación excesiva de agroquímicos obteniendo así un producto de alta calidad y con un nivel de inocuidad mayor.

La lechuga (*Lactuca sativa L.*) es un cultivo de gran importancia económica nacional e internacionalmente debido a su alta demanda en el mercado, ya que se consume en fresco para ensaladas y como decoración en la gastronomía, por su bajo contenido calórico es muy recomendado en dietas. Su importancia también recae en que se adapta a casi cualquier clima, ya que tolera los climas fríos como pocos cultivos (Pérez, 2013).

Según el censo realizado por INEC en el año 2010 la producción de lechuga fue de 254,596 quintales en total, siendo la provincia de Chiriquí la principal con 253,280 quintales; siendo estas en su gran mayoría a cielo abierto y una menor parte en ambientes controlados.

Al ser a cielo abierto tiene grandes desventajas como lo son la dependencia de las condiciones climáticas muy variables, alta susceptibilidad a plagas y enfermedades, alto consumo de insumos, uso ineficiente del riego, bajos rendimientos, entre otros. Con este sistema se puede tener muchas mermas lo que afecta directamente la economía del productor.

La hidroponía es una técnica que consiste en la producción de plantas sin necesidad de la utilización del suelo. Esta técnica ha alcanzado un alto grado de sofisticación en países desarrollados. Los nuevos materiales permitieron, por ejemplo, el desarrollo a escala comercial de la agricultura protegida (cultivos en invernadero); el modernismo ha permitido la introducción de los más recientes avances de la electrónica, la informática (hardware y software) para el control y ejecución de actividades y de las nuevas tecnologías en comunicaciones e información geográfica, que han hecho de la automatización del cultivo hidropónico una realidad y una tendencia cada vez más generalizada con los consecuentes beneficios económicos y de manejo. El conocimiento de las necesidades y las exigencias de los cultivos teniendo en cuenta su uso por el hombre, hace que esta herramienta se transforme en un elemento con un cierto grado de complejidad, para su manejo con eficiencia. La relación entre la fenología de los cultivos y su nutrición es compleja, hay muchas cosas por mejorar, la nutrición vegetal es y debe ser cada vez más precisa (Beltrano, 2015).

La Hidroponía Popular involucra un cúmulo de conocimientos y desarrollos científicos que se han codificado en un lenguaje sencillo y de fácil comprensión por cualquier persona que desconozca la técnica y que le permite iniciar una experiencia

en cualquier espacio soleado de su vivienda o en sus alrededores, cultivando así hortalizas, verduras o flores de corte. El futuro de las grandes ciudades es actualmente uno de los temas de debate. Se dice que en el año 2050 el 80% de la población mundial residirá en centros urbanos, lo que pone en duda el modelo de crecimiento actual, que no está pensado para satisfacer las nuevas necesidades de la población. El suministro de energía o de agua, el transporte, la gestión de los residuos o los propios sistemas constructivos deberán cambiar para acercarse a un modelo más sostenible, para dar forma a lo que se ha dado en llamar “ciudades inteligentes”. Uno de los problemas que se plantean en las grandes ciudades o centros distantes de los lugares de producción, es el suministro de verduras y hortalizas frescas, hecho que ha abierto nuevos horizontes a estos sistemas de cultivo sin suelo (Beltrano, 2015).

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La población estimada de Panamá al 3 de noviembre de 2016, totaliza 4,058, 372 habitantes, con una tasa de crecimiento anual de 1.55%, informó el Instituto Nacional de Estadística y Censo (INEC) de la Contraloría General de la República.

Según las estimaciones del Instituto Nacional de Estadística y Censo, la provincia de Panamá tiene 1, 552,343 habitantes y una tasa de crecimiento de 1.81%; Panamá Oeste es la segunda provincia con mayor población, tiene 567,886 habitantes y cuenta con una de las tasas de crecimiento más altas con 2.16% por año. Por otro lado, Chiriquí la tercera provincia más populosa tiene 456,482 habitantes con tasa de crecimiento de 0.63%

Analizando estas estadísticas en Panamá al pasar de los años nos hemos podido dar cuenta del gran crecimiento poblacional que enfrentamos, ya sea por gran tasa de natalidad o por el gran número de extranjeros que entran al país, el cual a su vez implica mayor incremento de áreas de producción de alimentos. Con la implementación de este sistema hidropónico se puede tener mayor control del uso de agroquímicos el cual no solo beneficiaría nuestro producto si no el resto del medio ambiente evitando la contaminación de otras áreas aledañas a nuestros invernaderos; con el empleo racional de fertilizantes obtendríamos un producto de mayor calidad e inocuidad.

ANTECEDENTES

El estudio de la hidroponía tiene una larga trayectoria de la que se tiene conocimiento, desde hace 382 A.C. pero la primera información escrita data de 1600, cuando el belga Jan van Helmont documentó su experiencia acerca de que las plantas obtienen sustancias nutritivas a partir del agua, en 1699 el inglés John Woodward cultivó plantas en agua conteniendo diversos sustratos y encontró que el crecimiento de las plantas era el resultado de ciertas sustancias en el agua obtenidas del suelo. Continuaron las investigaciones y es en 1804 cuando, De Saussure expuso el principio de que las plantas están compuestas por elementos químicos obtenidos del agua suelo y aire.

Los científicos alemanes Sachs y Knop demostraron que las plantas podían cultivarse en un medio inerte humedecido con solución nutritiva y esto dio origen a la nutricultura, en los años siguientes se desarrollaron varias fórmulas básicas para el estudio de la nutrición vegetal en 1915 Hoagland, 1919 Trelease y es hasta 1925 cuando la industria de los invernaderos se interesa en la necesidad de cambiar la tierra con frecuencia para evitar problemas de estructura fertilidad y enfermedades.

A comienzos de los treinta W. F. Gericke catedrático de la universidad de California llamo a este sistema Hydroponic palabra derivada de los vocablos griegos Hidro agua y Ponos Labor y esta técnica puede ser definida como la

ciencia del crecimiento de las plantas sin utilizar suelo, aunque usando un medio inerte como la grava, arena, vermiculita, piedra pómez, etc. Gericke, W.F, cultivó vegetales en hidroponia, demostrando su utilidad y proveyendo alimentos para las tropas norteamericanas estacionadas en las islas incultivables del Pacífico a comienzos de 1940.

Después de la segunda guerra mundial los militares continuaron utilizando la técnica y establecieron un proyecto de 22 hectáreas de cultivo hidropónico en la isla de Chofu (Japón) al paso del tiempo se extendió la técnica en plan comercial, y en los años 50` los países como Italia, Francia, España, Alemania, Israel, Australia y Holanda, que la adoptaron también (Asociación Hidroponica Mexicana. A.C., 2012).

Una instalación de 55 acres, fue diseñada para producir verduras para las fuerzas americanas de ocupación en Japón. Permaneció en funcionamiento durante más de 15 años. Las instalaciones hidropónicas más grandes en ese tiempo se construyeron en Japón usando el método cultural de la arena gruesa. Algunas de las instalaciones más exitosas han sido aquellas en bases aisladas en Guyana, Iwo Jima y la Isla de Ascensión.

Después de la Segunda Guerra Mundial, se construyeron varias instalaciones comerciales en los Estados Unidos, la mayoría de éstas se localizaron en Florida y estaban a la interperie, sujetas a los rigores del tiempo. Técnicas pobres de construcción y operación causaron que muchas

de ellas fueran infructuosas y de producción incoherente. Sin embargo, el uso comercial de la hidroponía, creció y se extendió a lo largo del mundo en los años cincuenta a países como Italia, España, Francia, Inglaterra, Alemania, Suecia, la U.R.S.S. e Israel.

Uno de los muchos problemas encontrados por los pioneros de la hidroponía fue causado por el concreto usado para las camas de crecimiento. La cal y otros elementos afectaron la solución nutritiva, además, la estructura de metal también fue afectada por los elementos en la solución. En muchos de estos primeros viveros se usó tubería galvanizada y depósitos metálicos, no sólo se vieron corroídos muy rápidamente sino que elementos tóxicos para las plantas se añadían a la solución nutritiva.

A pesar de estos problemas el interés en la cultura hidropónica continuaba por varias razones: Primero no se necesitaba tierra, y una gran cantidad de plantas se podían cultivar en un área muy pequeña. Segundo al alimentar las plantas apropiadamente se lograba una producción óptima. Con la mayoría de las verduras se aceleró el crecimiento y, como regla, la calidad era mejor que la obtenida en verduras cultivadas en tierra. Los productos hidropónicos tenían vida de estante mayor, así como mayor calidad de almacenaje.

Muchas compañías petroleras y mineras construyeron grandes viveros en algunas de sus instalaciones en diferentes partes del mundo donde los métodos convencionales de cultivo no eran factibles. Algunos estaban en

áreas desérticas con poca o ninguna lluvia, y otras estaban en islas, como en el Caribe, con poca o ninguna tierra apropiada para la producción de vegetales.

En el Lejano Oriente empresas norteamericanas tienen más de 80 hectáreas dedicadas a la producción de vegetales, para alimentar al personal de perforación en el desierto de varias compañías petroleras en la India Oriental, el Medio Este, las zonas arenosas de la Península árabe y el Desierto del Sahara; en áreas estériles, fuera de la costa venezolana, en Aruba y Curazao, y en Kuwait los métodos de producción sin suelo han sido encontrado inestimable valor para asegurar a los trabajadores alimento limpio, fresco y saludable.

En los Estados Unidos, existen cultivos hidropónicos comerciales extensos que producen grandes cantidades de alimentos, especialmente en Illinois, Ohio, California, Arizona, Indiana, Missouri y Florida, y se ha desarrollado notablemente esta cultura en México y las áreas vecinas de Centroamérica.

Además de los sistemas comerciales grandes construidos entre 1945 y los años sesenta, se hizo mucho trabajo en unidades pequeñas para los apartamentos, casas, y patios traseros, para cultivar flores y verduras, muchos de éstos no eran un éxito completo debido a factores como sustratos inadecuados, uso de materiales impropios, técnicas inadecuadas y poco o ningún control medioambiental.

Incluso por la falta de éxito en muchos de estos intentos muchos productores a escala mundial se convencieron de que sus problemas podrían resolverse. Existía también la convicción creciente que la perfección de este método de producción de alimentos era completamente esencial por la baja producción de los suelos y el aumento constante de la población mundial.

Estudios recientes han indicado que hay más de un millón de unidades hidropónicas caseras que operan exclusivamente en los Estados Unidos para la producción de alimentos. Rusia, Francia, Canadá, Sudáfrica, Holanda, Japón, Australia y Alemania están entre otros países donde la hidroponía está recibiendo la atención que merece.

Adicionalmente al trabajo realizado para desarrollar sistemas hidropónicos para la producción de verduras, entre 1930 y 1960 un trabajo similar se había dirigido a desarrollar un sistema para producir alimento para ganado y aves. Los investigadores determinaron que los granos de cereal podrían cultivarse muy rápidamente de esta manera. Usando granos como cebada, ellos demostraron que 2 kilogramos de semilla pueden convertirse en 17 kilogramos de alimento verde en 7 días. Cuando se utilizó como suplemento a las raciones normales, este alimento verde era extremadamente beneficioso para todo tipo de animales y pájaros. En animales productores de leche, aumentó el flujo de ella. En las porciones de alimento, la conversión fue mejor y se lograron ganancias a menos costo por kilogramo de grano. La potencia de machos para engendrar y la concepción en hembras aumentó

rápidamente. La avicultura también se benefició de muchas maneras, la producción de huevos aumentó mientras el canibalismo, un problema constante para el avicultor, cesó.

El sistema desarrollado hasta este punto era capaz de producir de forma consistente; sin embargo, varios problemas se presentaron. Los primeros sistemas tenían poco o ningún control medioambiental, y sin el control de temperatura o humedad había una fluctuación constante en la proporción de crecimiento. Moho y hongos en los céspedes eran un problema constante. Se encontró que el uso de semilla desinfectada con un porcentaje de germinación alto era absolutamente esencial para lograr una buena cosecha.

No obstante, ante éstos y otros obstáculos, investigadores especializados continuaron trabajando para perfeccionar un sistema que podría producir alimentos continuamente. Con el desarrollo de nuevas técnicas, equipos, y materiales, llegaron a estar disponibles unidades virtualmente libres de estos problemas. Muchos de éstos están en uso hoy en día en ranchos, granjas, y parques zoológicos por el mundo.

La hidroponía no llegó a la India hasta 1946. En el verano de ese año las primeras investigaciones se iniciaron en la Granja Experimental de Kalimpong en el Distrito de Darjeeling (Gobierno de Bengala). Al principio varios problemas propios de este sub-continente tuvieron que ser enfrentados. Incluso un estudio superficial de los distintos métodos que

estaban siendo utilizados en Gran Bretaña y en América los reveló como inapropiados para su utilización por la comunidad de la India. Varias razones fisiológicas y prácticas fueron suficiente para prohibirla. Un nuevo sistema en el que la práctica y simplicidad deberían ser las notas predominantes tendría que ser presentado si la hidroponía iba a tener éxito en Bengala o esa parte de Asia.

Del esfuerzo empleado en la resolución cuidadosa de los problemas encontrados durante 1946-1947 se produjo el desarrollo del Sistema Bengalí de hidroponía que representó el fruto del trabajo realizado para cubrir los requerimientos indios. Un objetivo guió todos los experimentos llevados a cabo: despojar a la hidroponía de dispositivos complicados y poder presentarlo al pueblo de India y el mundo entero como una manera barata y fácil de cultivar vegetales sin tierra. Actualmente en la India miles de familias cultivan sus vegetales esenciales en unidades hidropónicas simples en azoteas o en patios traseros. El Sistema Bengalí hizo mucho más que probarse a sí mismo: demostró ser útil en las condiciones más adversas (MCA, 2010).

JUSTIFICACIÓN

La hidroponía es una técnica que nos garantiza una productividad más amplia en menor cantidad de espacio, la cual podemos utilizar alrededor de todo el año, pero para poder complementar esta técnica insipiente en nuestro país se deben evaluar diferentes variedades en el mercado para poder determinar la mejor a utilizar. No podemos dejar de tomar en cuenta que la hidroponía reduce los costos y también disminuye la utilización de agroquímicos debido al ambiente controlado en que se desarrolla esta técnica.

OBJETIVOS

Objetivos Generales

- Evaluar cinco tipos de lechugas en el sistema hidropónico bajo invernadero.
- Evaluar las veinte y tres cultivares de estos cinco tipos de lechuga a utilizar en el sistema hidropónico bajo invernadero.

Objetivos Específicos

- Identificar la variedad con mayor rendimiento de las veinte y tres variedades según el tipo de lechuga.
- Determinar la coloración de las diferentes variedades según el tipo de lechuga bajo las condiciones de estudio.
- Describir el componente fitosanitario presente en los cinco tipos de lechuga.

HIPÓTESIS

H0:

No existe diferencia significativa entre las veinte tres variedades de lechugas

Ha:

Existen diferencias significativas entre las veinte y tres variedades de lechugas evaluadas.

ALCANCES Y LIMITACIONES

Alcances

Este estudio es apropiado para realizarse en cualquier área de tierras altas o zonas con climas fríos sin la necesidad de implementar la utilización del suelo. Los resultados obtenidos de las veinte y tres variedades de lechugas en este caso tipo Mantequilla, Batavia, Lollo, Oakleaf, Romana; serán aplicables.

Limitaciones

Una parte de estos materiales no se han utilizado anteriormente en sistema hidropónico en Panamá por lo que se desconoce cuál será su resultado incluyendo las condiciones ambientales del lugar y condiciones del invernadero.

Dentro del invernadero no se tiene ninguna regulación en cuanto a la humedad, temperatura y radiación solar, solo se tiene control del sistema de riego.

El invernadero actualmente está en remodelación lo que puede limitar el control fitosanitario.

REVISIÓN DE LITERATURA

1. Descripción de la Lechuga

La lechuga es considerada la hortaliza de hoja por excelencia, dada su alta calidad culinaria como ensalada fresca. Se cultiva en todo el mundo bajo diferentes sistemas de cultivo, al aire libre, bajo invernadero, en suelo y también en hidroponía (Carrasco & Izquierdo, 1996).

Según (Trópicos, 2018), la lechuga se clasifica de la siguiente manera:

Reino: Plantae

División: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Orden: Asterales

Familia: Asteraceae

Subfamilia: Cichorioideae

Tribu: Lactuceae

Género: *Lactuca*

Especie: *Lactuca sativa* L.

La lechuga es una planta anual y autógama, perteneciente a la familia Asteraceae anteriormente clasificada como Compositae y cuyo nombre botánico es *Lactuca sativa* L. de raíz, que no llega nunca a sobrepasar los 25 cm. de profundidad, es pivotante, corta y con ramificaciones, las hojas están

colocadas en roseta, desplegadas al principio; en unos casos siguen así durante todo su desarrollo (variedades romanas), y en otros se acogollan más tarde. El borde de los limbos puede ser liso, ondulado o aserrado Tallo: es cilíndrico y ramificado, la Inflorescencia son capítulos florales amarillos dispuestos en racimos o corimbos, las semillas: están provistas de un vilano plumoso (Vera, 2008).

En la literatura se reportan los siguientes valores nutricionales para lechuga:

Valor nutricional de la lechuga en 100 g de sustancia	
Carbohidratos (g)	20.1
Proteínas (g)	8.4
Grasas (g)	1.3
Calcio (g)	0.4
Fósforo (mg)	138.9
Vitamina C (mg)	125.7
Hierro (mg)	7.5
Niacina (mg)	1.3
Riboflavina (mg)	0.6
Tiamina (mg)	0.3
Vitamina A (U.I.)	1155
Calorías (cal)	18

Autor: Vera, 2008.

2. Concepto de Hidroponía

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

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

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

- Cultivo hidropónico en su concepción más amplia, engloba a todo sistema de cultivo en el que las plantas completan su ciclo vegetativo sin la necesidad de emplear el suelo, suministrando la nutrición hídrica y la totalidad o parte de la nutrición mineral mediante una solución en la que van disueltos los diferentes nutrientes esenciales para su desarrollo. El concepto es equivalente al de "cultivos sin suelo", y supone el conjunto de cultivo en sustrato más el cultivo en agua (Alarcón, 2002).

3. Sistema Hidropónico NFT

El sistema de recirculación de solución nutritiva "NFT" -Nutrient Film Technique-, fue desarrollado en el Glasshouse Crop Research Institute, Inglaterra, en la década de los sesenta. El principio de este sistema hidropónico consiste en la circulación constante de una lámina fina de solución nutritiva que pasa a través de las raíces del cultivo, no existiendo pérdida o salida al exterior de la solución nutritiva, por lo que se constituye en un sistema de tipo cerrado. A diferencia del sistema propuesto para las huertas hidropónicas populares, las plantas se cultivan en ausencia de

sustrato, por lo cual las plantas se encuentran suspendidas en canales de cultivo con o sin un contenedor de soporte. Otra característica del sistema, es la necesidad de contar con una pendiente o desnivel de la superficie de cultivo, ya que, por medio de ésta, se posibilita la recirculación de la solución nutritiva (Carrasco & Izquierdo, 1996).

4. Concepto de Sustrato

Un sustrato es el medio material donde se desarrolla el sistema radicular del cultivo. En sistemas hidropónicos, presenta un volumen físico limitado, debe encontrarse aislado del suelo y tiene como funciones mantener la adecuada relación de aire y solución nutritiva para proporcionar a la raíz el oxígeno y los nutrientes necesarios, y en el caso de sustratos sólidos ejercer de anclaje de la planta. No existe el sustrato ideal, cada uno presenta una serie de ventajas e inconvenientes y su elección dependerá de las características del cultivo a implantar y las variables ambientales y de la instalación.

La mayoría de los sustratos empleados son de origen natural. Los podemos dividir en orgánicos (turberas, serrín, corteza de pino, fibra de coco, cáscara de arroz, compost, etc.) e inorgánicos. Dentro de estos últimos distinguimos los que se usan sin ningún proceso previo aparte de la necesaria homogeneización granulométrica (gravas, arenas, puzolana, picón, etc.) y los que sufren algún tipo de tratamiento previo, generalmente a elevada temperatura, que modifica totalmente la estructura de la materia prima (lana de roca, perlita, vermiculita, arlita, arcilla expandida, etc.). Dentro de los materiales sintéticos podemos nombrar las espumas de poliuretano y el poliestireno expandido, aunque su uso está poco difundido (Infoagro, s.f.)

En los cultivos hidropónicos, el sustrato es el material que va a reemplazar el suelo en sus funciones de sostén de la raíz y retención de humedad. El primer sustrato que se utilizó en los inicios de la técnica fue el agua; posteriormente se empezaron a usar sustratos sólidos que facilitaron el manejo, y en la actualidad se practican tres tipos de cultivo: en agua, en grava y en agregados. (Aquino, 2014)

5. Solución Nutritiva

Además de los elementos que los vegetales extraen del aire y del agua (carbono, hidrógeno y oxígeno) ellos consumen con diferentes grados de intensidad los siguientes 11 elementos: nitrógeno, fósforo y potasio en grandes cantidades; azufre, calcio y magnesio en cantidades intermedias; hierro, magnesio, cobre, zinc, boro y molibdeno en cantidades muy pequeñas. Útiles, pero no indispensable para su vida son cloro, sodio, silicio. Inesenciales para las plantas, pero necesarios para los animales que las consumen: cobalto, yodo; mientras que el aluminio es tóxico para el vegetal. Es muy importante tener en cuenta que cualquiera de los elementos antes mencionados puede ser tóxico para las plantas si se agregan al medio en proporciones inadecuadas, especialmente aquellos que se han denominado elementos menores (Vera, 2008).

MATERIALES Y MÉTODOS

1. Localización del Área de Estudio

Esta investigación fue realizada en el invernadero número uno en la empresa Agroflores S.A ubicada en Bajo Grande, Cerro Punta en la provincia de Chiriquí con una altura de 2200 msnm.

2. Descripción del Invernadero

El invernadero mide en total 3000 metros cuadrados cuyas dimensiones son 10 metros de ancho por 100 de largo.

A su vez el invernadero está conformado por dos naves tipo túnel de lo cual solo se utilizó una nave para el ensayo.

3. Material Vegetal

Las semillas que se utilizaron en esta investigación son cinco tipos de lechuga y veinte y tres variedades en total. Las mismas pertenecientes a diferentes casas comerciales. Estas variedades son de hoja suelta.

TIPO	VARIEDAD	CASA COMERCIAL
I		
Romana	Verapaz	Bejo
Romana	Green Forest	Rijk Zwaan
Romana	Thurinus	Rijk Zwaan
Romana	Breen Roja	Rijk Zwaan
Romana	Annapolis	Rijk Zwaan
Romana	Cherokee	Rijk Zwaan
Romana	Coastal Star	Rijk Zwaan
II		
Lollo	Verde	Bejo
Lollo	Spectation	Bejo
Lollo	Biondonna	Bejo
Lollo	Revolution	Rijk Zwaan
Lollo	Antony	Rijk Zwaan
III		
Oakleaf	Oakly Roja	Bejo
Oakleaf	Pleseance	Bejo
Oakleaf	Roxai	Rijk Zwaan
Oakleaf	Kiribati	Rijk Zwaan
IV		
Mantequilla	Antedis	Bejo
Mantequilla	Flandria	Rijk Zwaan
Mantequilla	Rex	Rijk Zwaan
Mantequilla	Alexandria	Rijk Zwaan
V		
Batavia	Loribel	Bejo
Batavia	Claribel	Bejo
Batavia	Sementel	Bejo

4. Preparación de Semillero

En esta preparación se utilizaron vasos plásticos los cuales fueron colocados en bandejas plásticas con una capacidad de 60 vasos por bandeja. En total fueron 120 vasos de los cuales se dividieron 5 por cada variedad.

Para la preparación de este semillero se empleó turba para llenar los vasos y se presionaron hasta quedar lo suficientemente compacto para que al momento de ser humedecidos no se tuviera que rellenar tanto. Luego se colocaron los vasos en las bandejas en forma de tres bolillos para aprovechar mayor espacio de las mismas.

Ya teniendo las bandejas listas se procedió a colocarlas en una mesa la cual fue llenada de agua aproximadamente media hora o hasta que estuvieran lo más húmedas para ayudar a esto también se regaron con una regadera jardinera.

Luego de estar bien húmedas se procedió a abrir los orificios en el sustrato de cada vaso para luego sembrar las semillas; para abrir los orificios se empleó un palito de madera el cual ayudo a que las profundidades fueran lo más parecidas posible.

Las semillas fueron tapadas con una fina capa de sustrato evitando taparlas demasiado.

Finalmente, las bandejas se colocaron en una mesa las cuales se rotularon y se taparon con un plástico negro, luego este plástico se sustituyó a los cuatro días por unas bandejas plásticas negras.

Dependiendo de su humedad fueron regadas o se colocaban en bandejas con agua para mantener sus raíces con la humedad adecuada y así sucesivamente las veces que las plantas requirieran agua.

5. Transplante

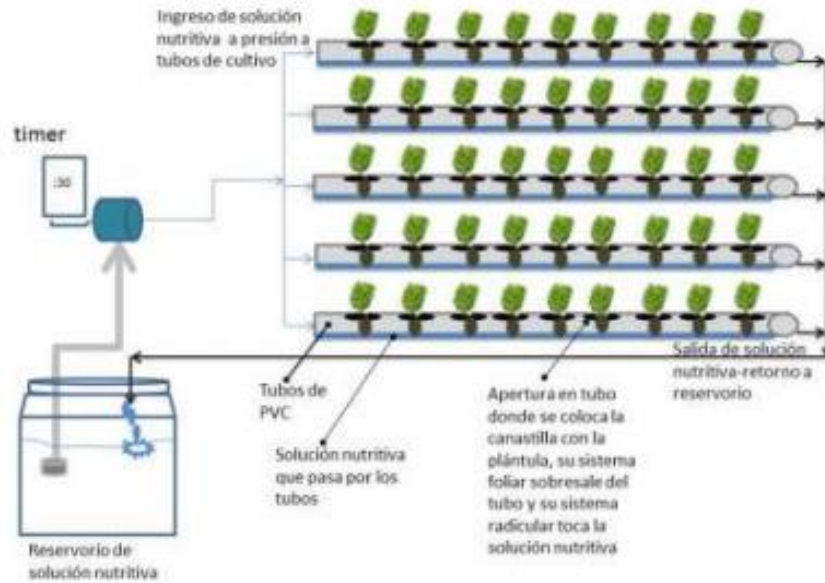
En este proceso se realizaron dos siembras, los cuales fueron colocados en una mesa que consto de 25 tubos y de los mismos se utilizaron los extremos de 23 tubos siendo así 5 orificios por cada tubo.

6. Riego

En este sistema hidropónico el riego que se empleó fue recirculante, este sistema constaba de una bomba la cual impulsaba la solución nutritiva del tanque hacia las mesas pasando a través de los tubos para luego regresar por medio de gravedad hasta el taque y así seguir repitiendo el ciclo (Diagrama 1).

En ambos ensayos se utilizó la misma fórmula nutritiva la cual consta de los siguientes elementos: Nitrato de Calcio $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, Nitrato de Potasio KNO_3 , Fosfato monopotásico MKP KH_2PO_4 , Sulfato de magnesio MgSO_4 , Microelementos.

Diagrama #1



Autor: (Laura Brenes Peralta M. F., 2014)

7. Control fitosanitario

En el transcurso del cultivo se presentaron afectaciones por hongos e insectos.

Los hongos que estuvieron presente fueron *Bremia lactucae* conocida como mildiu de la lechuga y con menor incidencia *Rhizotocnia spp.*, conocida como mal de cuello.

Entre los insectos encontrados tenemos *Liriomyza huidobrensis* conocida como minador de la hoja y *Myzus persicae* conocido como el pulgón de la lechuga.

Cuadro 2. Productos comerciales empleados para el manejo fitosanitario

Productos utilizados	Tipo
Serenade	Fungicida
Timorex gold	Fungicida
Malaxyl	Fungicida
Targot	Insecticida
New Mectin	Insecticida, acaricida
Premier	Insecticida
Movento	Insecticida

8. Diseño Experimental

Diseño al azar

El diseño empleado en el ensayo fue Completamente al Azar, bajo el sistema de invernadero, con 23 evaluadas y cinco repeticiones.

La unidad experimental está constituida de una planta por variedad. Las variedades empleadas son 23 de cinco tipos de lechugas para zona alta.

Los análisis estadísticos realizados consistieron de análisis de varianza y comparaciones de medias de Duncan por tipo de lechugas y las variedades en estudio.

VARIABLES EVALUADAS

Las variables evaluadas son:

- Peso de las diferentes variedades expresadas en gramos.
- Vigor de las diferentes variedades.
- Descripción de la coloración de las variedades.

RESULTADOS Y DISCUSIONES

En el cuadro 1, se observaron diferencias altamente significativas entre las variedades de tipo Mantequilla (<.0001). Un coeficiente de variación de 9.0% que es bajo indicando poca variación y resultados confiables.

Cuadro 1. Análisis de varianza de peso fresco de cuatro variedades de lechuga tipo Mantequilla en la primera cosecha.

Fuente	GL	SC	CM	F	Pr > F
Var	3	96843.7135	32281.2378	91.79	<.0001
Error	16	5626.8920	351.6808		
Total	19	102470.6055			

CV=9.03%

La prueba de Duncan (Cuadro 2) muestra que la mejor variedad para peso fresco o rendimiento en la primera cosecha es la variedad Alexandria seguido de la variedad Antedis.

Cuadro 2. Comparación de medias de peso fresco de cuatro variedades de lechuga tipo Mantequilla en la primera cosecha.

Variedad	Media	Comparación de medias de Duncan
Alexandria	319.18	A
Antedis	211.14	B
Rex	160.20	C
Flandria	139.34	C

En el cuadro 3, se observan diferencias altamente significativas para vigor entre las variedades tipo Mantequilla (0.0199). El coeficiente de variación de 18.36 % indica un buen control del error.

Cuadro 3. Análisis de varianza del vigor en las cuatro variedades de lechuga tipo Mantequilla en la primera cosecha.

Fuente	GL	SC	CM	F	Pr > F
Var	3	6.55000000	2.18333333	4.37	0.0199
Error	16	8.00000000	0.50000000		
Total	19	14.55000000			

CV=18.36%

La prueba de Duncan (Cuadro 4) muestra que las variedades con mayor vigor en la primera cosecha fueron Antedis y Rex seguidos de las variedades Alexandria y Flandria que mostraron menor vigor que las otras variedades.

Cuadro 4. Comparación de medias en la evaluación del vigor presente en las cuatro variedades de lechuga tipo Mantequilla en la primera cosecha.

Variedad	Media	Comparación de medias de Duncan
Antedis	4.6000	A
Rex	4.0000	A
Alexandria	3.8000	AB
Flandria	3.0000	B

En el Cuadro 5, se observan diferencias altamente significativas entre las cuatro variedades de lechugas de tipo Oakleaf (<.0001). Un coeficiente de variación de 17.15 % indica un buen control de error.

Cuadro 5. Análisis de varianza de los pesos fresco de cuatro variedades de lechuga tipo Oakleaf en la primera cosecha.

Fuente	GL	SC	CM	F	Pr > F
Var	3	28853.45000	9617.81667	17.97	<.0001
Error	16	8564.69200	535.29325		
Total	19	37418.14200			

CV=17.15%

La prueba Duncan (Cuadro 6) muestra que las mejores variedades de peso fresco o rendimiento en la primera cosecha fueron Roxai y Pleseance. Entre las variedades Roxai y Pleseance no existen diferencias significativas, pero si existen diferencias en comparación con la variedad Kiribati y Oakly Roja.

Cuadro 6. Comparación de medias de peso fresco de cuatro variedades tipo Oakleaf en la primera cosecha.

Variedad	Media	Comparación de medias de Duncan
Roxai	181.48	A
Pleseance	155.76	A
Kiribati	122.14	B
Oakly Roja	80.10	C

En el Cuadro 7, se observan diferencias significativas entre las cuatro variedades de lechuga de tipo Oakleaf (0.0110). Un coeficiente de variación de 17.44 % indica un buen control de error.

Cuadro 7. Análisis de varianza de vigor de cuatro variedades de lechuga tipo Oakleaf en la primera cosecha.

Fuente	GL	SC	CM	F	Pr > F
Var	3	7.35000000	2.45000000	5.16	0.0110
Error	16	7.60000000	0.47500000		
Total	19	14.95000000			

CV=17.44%

La prueba de Duncan (Cuadro 8) muestra que la variedad con mayor vigor en la primera cosecha fue Pleseance.

Cuadro 8. Comparación de medias de vigor de cuatro variedades tipo Oakleaf en la primera cosecha.

Variedad	Media	Comparación de medias de Duncan
Pleseance	4.8000	A
Roxai	4.2000	AB
Oakly Roja	3.6000	BC
Kiribati	3.2000	C

En el Cuadro 9, se observan diferencias altamente significativas entre los cuatro tipos de variedades tipo Lollo. Un coeficiente de variación de 18.18 % indica un buen control de error.

Cuadro 9. Análisis de varianza de pesos frescos de cinco variedades de lechuga de tipo Lollo en la primera cosecha.

Fuente	GL	SC	CM	F	Pr > F
Var	4	41263.07760	10315.76940	8.88	0.0003
Error	20	23227.51600	1161.37580		
Total	24	64490.59360			

CV=18.18%

La prueba de Duncan (Cuadro 10) muestra que las variedades con mayor vigor en la primera cosecha fueron Biondona y 76-004. Las variedades con menor vigor fueron Antony, Revolution, Spectation.

Cuadro 10. Comparación de medias de peso fresco de cinco variedades de lechuga tipo Lollo en la primera cosecha.

Variedad	Media	Comparación de medias de Duncan
Biondona	241.60	A
76-004	226.60	A
Antony	179.24	B
Revolution	150.74	B
Spectation	138.74	B

En el Cuadro 11, se presentan diferencias significativas entre las cinco variedades de lechuga tipo Lollo. Un coeficiente de variación de 16.10% indica un buen control de error.

Cuadro 11. Análisis de varianza de vigor de cinco variedades de lechuga de tipo Lollo en la primera cosecha.

Fuente	GL	SC	CM	F	Pr > F
Var	4	5.84000000	1.46000000	3.32	0.0307
Error	20	8.80000000	0.44000000		
Total	24	14.64000000			

CV=16.10%

La prueba de Duncan (Cuadro 12) muestra que las variedades con mayor vigor de la primera cosecha fueron Antony, 76-004, Biondona y Revolution.

Cuadro 12. Comparación de medias de vigor de cinco variedades de lechuga tipo Lollo en la primera cosecha.

Variedad	Media	Comparación de medias de Duncan
Antony	4.6000	A
76-004	4.4000	A
Biondona	4.2000	A
Revolution	4.2000	A
Spectation	3.2000	B

En el Cuadro 13, se observan diferencias altamente significativas entre las tres variedades de lechuga tipo Batavia. Un coeficiente de variación de 14.51% indicando poca variación y resultados confiables.

Cuadro 13. Análisis de varianza de peso fresco de tres variedades de lechuga tipo Batavia en la primera cosecha.

Fuente	GL	SC	CM	F	Pr > F
Var	2	41121.87733	20560.93867	15.85	0.0004
Error	12	15571.13600	1297.59467		
Total	14	56693.01333			

CV=14.51%

La prueba de Duncan (Cuadro14) muestra que las variedades con mayor peso fresco en la primera cosecha fueron Sementel y Claribel.

Cuadro 14. Comparación de medias de peso fresco de tres variedades de lechuga tipo Batavia en la primera cosecha.

Variedad	Media	Comparación de medias de Duncan
Sementel	293.68	A
Claribel	275.92	A
Loribel	174.80	B

En el Cuadro 15, se observan diferencias significativas entre las tres variedades tipo Batavia. Un coeficiente de variación de 16.52% indica un buen control del error.

Cuadro 15. Análisis de varianza de vigor de tres variedades de lechuga tipo Batavia en la primera cosecha.

Fuente	GL	SC	CM	F	Pr > F
Var	2	4.13333333	2.06666667	4.43	0.0363
Error	12	5.60000000	0.46666667		
Total	14	9.73333333			

CV=16.52%

La prueba de Duncan (Cuadro 16) muestra que las variedades de mayor vigor en la primera cosecha fueron Sementel y Claribel.

Cuadro 16. Comparación de medias del vigor de tres variedades de lechuga tipo Batavia en la primera cosecha.

Variedad	Media	Comparación de medias de Duncan
Sementel	4.6000	A
Claribel	4.4000	A
Loribel	3.4000	B

En el Cuadro 17, se observaron diferencias altamente significativas entre las variedades de tipo Romana. Un coeficiente de variación de 14.98% indicando poca variación y resultados confiables.

Cuadro 17. Análisis de varianza de peso fresco de siete variedades lechugas tipo Romana en la primera cosecha.

Fuente	GL	SC	CM	F	Pr > F
Var	6	269994.7349	44999.1225	29.14	<.0001
Error	28	43235.3080	1544.1181		
Total	34	313230.0429			

CV=14.98%

La prueba de Duncan (Cuadro 18) muestra que la variedad con mayor peso en la primera cosecha fue la variedad Verapaz.

Cuadro 18. Comparación de medias de peso de siete variedades de tipo Romana en la primera cosecha.

Variedad	Media	Comparación de medias de Duncan
Verapaz	388.34	A
Green Forest	333.76	B
Coastal Star	311.36	B
Annapolis	299.80	B
Cherokee	204.60	C
Breen Roja	154.34	CD
Thurinus	143.10	D

En el Cuadro 19, se observó que existen diferencias significativas entre las siete variedades de lechuga tipo Romana. Un coeficiente de variación de 21.62% indicando un control adecuado del error.

Cuadro 19. Análisis de varianza de vigor de siete variedades lechugas tipo Romana en la primera cosecha.

Fuente	GL	SC	CM	F	Pr > F
Var	6	11.77142857	1.96190476	2.86	0.0266
Error	28	19.20000000	0.68571429		
Total	34	30.97142857			

CV=21.62%

La prueba de Duncan (Cuadro 20) muestra que la variedad con mayor vigor en la primera cosecha fue Annapolis.

Cuadro 20. Comparación de medias de vigor de siete variedades de lechuga de tipo Romana en la primera cosecha.

Variedad	Media	Comparación de medias de Duncan
Annapolis	4.6000	A
Verapaz	4.4000	AB
Breen Roja	4.2000	ABC
Coastal Star	4.0000	ABCD
Thurinus	3.4000	BC D
Green Forest	3.2000	CD
Cherokee	3.0000	D

En el cuadro 21, se observan diferencias altamente significativas entre las cuatro variedades de tipo Mantequilla (0.0099). Un coeficiente de variación de 12.08% indica poca variación y resultados confiables.

Cuadro 21. Análisis de varianza de la evaluación de los pesos frescos de cuatro variedades de lechuga tipo Mantequilla en la segunda cosecha.

Tratamiento	GL	SC	CM	F	Pr > F
Var	3	32522.95000000	10840.98333333	5.31	0.0099
Error	16	32656.80000000	2041.05000000		
Total	19	65179.75000000			

CV=12.08%

La prueba de Duncan (Cuadro 22) muestra que las variedades con mayores pesos frescos o rendimiento fueron Rex y Alexandria. La variedad Antedis no difiere de la variedad Rex y Alexandria al igual que no difiere de la variedad Flandria.

Cuadro 22. Comparación de medias de peso de cuatro variedades de lechuga tipo Mantequilla en la segunda cosecha.

Variedad	Media	Comparación de medias de Duncan
Rex	418.00	A
Alexandria	397.40	A
Antedis	368.80	B A
Flandria	310.80	B

En el cuadro 23, se observó diferencias altamente significativas entre las cuatro variedades de lechuga tipo Mantequilla (0.0011). Un coeficiente de variación de 15.61% indica un buen control del error.

Cuadro 23. Análisis de varianza del vigor de cuatro variedades de lechuga de tipo Mantequilla en la segunda cosecha.

Tratamiento	GL	SC	CM	F	Pr > F
Var	3	10.55000000	3.51666667	8.79	0.0011
Error	16	6.40000000	0.40000000		
Total	19	16.95000000			

CV=15.61%

La prueba de Duncan (Cuadro 24) muestra que las variedades con mayor vigor en la segunda cosecha fueron las variedades Antedis, Alexandria y Rex.

Cuadro 24. Análisis de varianza del vigor de cuatro variedades de lechuga de tipo Mantequilla en la segunda cosecha.

Variedad	Media	Comparación de medias de Duncan
Antedis	4.6000	A
Alexandria	4.4000	A
Rex	4.4000	A
Flandria	2.8000	B

En el cuadro 25, se observan diferencias altamente significativas entre las variedades de tipo Oakleaf (0.0001). Un coeficiente de variación de 11.07% indica poca variación y resultados confiables.

Cuadro 25. Análisis de varianza de peso fresco de cuatro variedades de lechuga tipo Oakleaf en la segunda cosecha.

Tratamiento	GL	SC	CM	F	Pr > F
Var	3	136257.60000000	45419.20000000	60.02	0.0001
Error	16	12107.20000000	756.70000000		
Total	19	148364.80000000			

CV=11.07%

La prueba de Duncan (Cuadro 26) muestra que la variedad con mayor peso fresco en la primera cosecha es Pleseance.

Cuadro 26. Comparación de medias del peso fresco de cuatro variedades de lechuga de tipo Oakleaf en la segunda cosecha.

Variedad	Media	Comparación de medias de Duncan
Pleseance	364.40	A
Oakly Roja	288.00	B
Kiribati	178.40	C
Roxai	162.80	C

En el cuadro 27, se observan diferencias altamente significativas entre las cuatro variedades de tipo Oakleaf (0.0055). Un coeficiente de variación de 15.42% indica poca variación y resultados confiables.

Cuadro 27. Análisis de varianza del vigor de cuatro variedades lechuga tipo Oakleaf en la segunda cosecha.

Tratamiento	GL	SC	CM	F	Pr > F
Var	3	7.40000000	2.46666667	6.17	0.0055
Error	16	6.40000000	0.40000000		
Total	19	13.80000000			

CV=15.42%

La prueba de Duncan (Cuadro 28) muestra que las variedades con mayor vigor en la segunda cosecha fueron las variedades Pleseance y Oakly Roja.

Cuadro 28. Comparación de medias de vigor de cuatro variedades de lechuga tipo Oakleaf en la segunda cosecha.

Variedad	Media	Comparación de medias de Duncan
Pleseance	4.8000	A
Oakly Roja	4.6000	A
Kiribati	3.6000	B
Roxai	3.4000	B

En el cuadro 29, se puede observar diferencias altamente significativas entre las variedades de lechuga tipo Lollo (0.0001). Un coeficiente de variación de 15.69% lo que indica que la evaluación de peso es satisfactoria.

Cuadro 29. Análisis de varianza de peso fresco de cinco variedades de lechuga tipo Lollo en la segunda cosecha.

Fuente	GL	SC	CM	F	Pr > F
Var	4	45778.20000000	11444.55000000	15.98	0.0001
Error	19	13607.80000000	716.20000000		
Total	23	59386.00000000			

CV=15.69%

La prueba de Duncan (Cuadro 30) muestra que la variedad con mayor peso en la primera cosecha fue 76-004.

Cuadro 30. Comparaciones de medias de peso fresco de cinco variedades de lechuga tipo Lollo en la segunda cosecha.

Variedad	Media	Comparación de medias de Duncan
76-004	244.00	A
Biondona	191.50	B
Revolution	156.00	C B
Antony	145.20	C
Spectation	120.00	C

En el Cuadro 31, se observaron diferencias significativas entre las cinco variedades de lechuga tipo Lollo (0.3641). Un coeficiente de variación de 20.06% indica que existe un buen control de error.

Cuadro 31. Análisis de varianza del vigor de cinco variedades le lechuga tipo Lollo en la segunda cosecha.

Fuente	GL	SC	CM	F	Pr > F
Var	4	3.08333333	0.77083333	1.15	0.3641
Error	19	12.75000000	0.67105263		
Total	23	15.83333333			

CV=20.06%

En el Cuadro 32, se observan diferencias altamente significativas entre las siete variedades de tipo Romana (0.0001). Un coeficiente de variación de 17.76% indica que existe un buen control de error.

En la comparación de medias de Duncan no presentan diferencias significativas.

Cuadro 32. Análisis de varianza de peso fresco de siete variedades de lechuga tipo Romana en la segunda cosecha.

Fuente	GL	SC	CM	F	Pr > F
Var	6	180456.17142857	30076.02857143	15.88	0.0001
Error	28	53044.80000000	1894.45714286		
Total	34	233500.97142857			

CV=17.76%

La prueba de Duncan (Cuadro 33) muestra que las variedades con mayor peso fue Verpaz, Green Forest y Coastal Star.

Cuadro 33. Comparación de medias de peso fresco de siete variedades de lechuga tipo Romana en la segunda cosecha.

Variedad	Media	Comparación de medias de Duncan
Verpaz	344.40	A
Green Forest	326.40	A
Coastal Star	296.40	A
Annapolis	236.40	B
Cherokee	179.40	C
Thurinus	171.00	C
Breen Roja	160.80	C

En el Cuadro 34, no se observan diferencias significativas del vigor entre las siete variedades de tipo Romana (0.2405). Un coeficiente de variación de 19% indica que existe un buen control de error.

Cuadro 34. Análisis de varianza del vigor de siete variedades de lechuga tipo Romana en la segunda cosecha.

Fuente	GL	SC	CM	F	Pr > F
Var	6	5.37142857	0.89523810	1.42	0.2405
Error	28	17.60000000	0.62857143		
Total	34	22.97142857			

CV=19.00%

En el Cuadro 35, se observaron diferencias significativas de pesos entre las tres variedades de tipo Batavia (0.0423). Un coeficiente de variación de 24.13% indica un buen control de error.

En la comparación de medias de Duncan no presentaron diferencias significativas.

Cuadro 35. Análisis de varianza de pesos frescos de tres variedades de lechuga tipo Batavia en la segunda cosecha.

Tratamiento	GL	SC	CM	F	Pr > F
	2	25192.53333333	12596.26666667	4.17	0.0423
Error	12	36283.20000000	3023.60000000		
Total	14	61475.73333333			

CV=24.13%

La prueba de Duncan (Cuadro 36) muestra que las variedades con mayor vigor en la segunda cosecha fueron Sementel y Claribel.

Cuadro 36. Comparaciones de medias de peso fresco de tres variedades de tipo Batavia.

Variedad	Media	Comparación de medias de Duncan
Sementel	259.60	A
Claribel	254.00	A
Loribel	170.00	B

En el Cuadro 37, se observan diferencias altamente significativas de vigor entre las tres variedades de tipo Batavia (0.0007). Un coeficiente de variación de 13.69% indica poca variación y resultados confiables.

Cuadro 37. Análisis de varianza del vigor de tres variedades de lechuga de tipo Batavia en la segunda cosecha.

Fuente	GL	SC	CM	F	Pr > F
Var.	2	8.40000000	4.20000000	14.00	0.0007
Error	12	3.60000000	0.30000000		
Total	14	12.00000000			

CV= 13.69%

La prueba de Duncan (Cuadro 38) muestra que las variedades con mayor vigor en la segunda cosecha fueron Sementel y Claribel.

Cuadro 38. Comparaciones de medias del vigor de tres variedades de lechuga tipo Batavia en la segunda cosecha.

Variedad	Media	Comparación de medias de Duncan
Sementel	4.8000	A
Claribel	4.2000	A
Loribel	3.0000	B

Cuadro 39. Coloraciones de las variedades rojas de los diferentes tipos de lechuga evaluados.

Tipo	Variedad	Color
Oakleaf	Roxai	Rojo intenso
Oakleaf	Oakly roja	Rojo claro
Lollo	Revolution	Rojo intenso
Lollo	Spectation	Rojo-Rosa
Lollo	Antony	Rojo- Rosa
Romana	Annapolis	Rojo intenso
Romana	Thurinus	Rojo
Romana	Breen roja	Rojo claro
Romana	Cherokee	Rojo claro

Las variedades verdes no presentaron diferencias en su coloración.

CONCLUSIONES

- Los tipos de lechugas evaluados demostraron un excelente desarrollo en el sistema hidropónico.
- Desde el punto de vista de los rendimientos en los diferentes tipos de lechuga las variedades que más resaltaron fueron Alexandria, Rex, Pleseance, Biondona, 76-004, Verapaz, Sementel y Claribel.
- Las variedades que reflejaron mayor vigor de los diferentes tipos de lechuga fueron Antedis, Pleseance, Antony, Annapolis, Sementel.
- Las variedades de color verde no presentaron diferencias significativas, mientras que en las variedades rojas las que más resaltaron fueron Annapolis, Roxai, Revolution siendo los colores más claros Oakly Roja, Antony.

RECOMENDACIONES

- Realizar más evaluaciones de estas variedades para poder obtener información viable debido al número de ensayos que se realicen en cuanto al rendimiento de las mismas.
- Evaluar lechugas con diferentes ciclos de desarrollo para determinar su rendimiento.
- Evaluar variedades en condiciones con ambientes totalmente controlados.

BIBLIOGRAFÍA DE CONSULTA

Alarcón Vera A. 2002.Dpto. Producción Agraria (Área Edafología y Química Agrícola) - ETSIA. Universidad Politécnica de Cartagena-Colombia.

Aquino, M. A. (7 de Julio de 2014). MANUAL DE HIDROPONIA.P19. Consultada el 9 de Julio del 2018. Obtenido de https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/232367/Manual_de_hidroponia.pdf

Asociación Hidropónica Mexicana. A.C. (2012). Consultada el 7 de agosto de 2018. Obtenido de <http://hidroponia.org.mx/cultivo-hidroponico/historia/>

Badii, M. J. (2007). *Diseños experimentales e investigación científica*. Obtenido de http://www.web.facpya.uanl.mx/rev_in/revistas/4.2/a5.pdf

Beltrano, J. (2015). CULTIVO EN HIDROPONÍA. En J. Beltrano. Plata-Argentina: Universidad de la Plata.

Carrasco, S. G; Izquierdo, G. J. 1996. La empresa de mediana escala: La técnica de la solución nutritiva recirculante (“NFT”). Ed. FAO. Talca. Chile. P 13.

Carrasco, S. G; Izquierdo, G. J. 1996. La empresa de mediana escala: La técnica de la solución nutritiva recirculante (“NFT”). Ed. FAO. Talca. Chile. P 47.

Gallego, R. S. (2003). *Introducción al análisis de datos experimentales*. Universitat Jaume.

G. Guyatt, R. J. (1 de Junio de 1995). *Basic statistics for clinicians: 1. Hypothesis testing*. Obtenido de http://www.hrc.es/bioest/Introduccion_ch.html

Infoagro. (s.f.). Los cultivos hidropónicos de hortalizas extra tempranas. Consultado el 9 de Julio del 2018. Obtenido de http://www.infoagro.com/documentos/los_cultivos_hidroponicos_hortalizas_extrate_mpranas.asp

MCA. (15 de Febrero de 2010). *Casa del cultivo*. Obtenido de <http://casasdecultivo1.blogspot.com/2010/02/antecedentes-de-la-hidroponia.html>

M., E. H. (2005). *Diseño experimental a través del Análisis de Varianza y Modelo de Regresión Lineal*. Santiago-Chile: Consultora Catalina.

Pérez, L. A. (Diciembre de 2013). Rendimiento de cinco variedades de lechuga.

Laura Brenes Peralta, M. F. (2014). *Modelo de manejo de variedades de un sistema de producción de hortalizas de hoja bajo la modalidad de hidroponía NFT, tipo comercial*. Costa Rica: Instituto Tecnológico .

Trópicos. 2018. Lactuca sativa. Consultado el 20 Julio de 2018. Obtenido de <http://www.tropicos.org/Name/2710604?langid=66>

Vera, M. 2008. Adaptación y comportamiento agronómico de diferentes híbridos de lechuga sembradas mediante sistemas hidropónicos de raíz flotante en la zona de Babahoyo. Tesis de Ingeniero Agrónomo, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Técnica de Babahoyo. Ecuador.

ANEXOS

Elaboración de semilleros



Fuente: Autor

Transplante



Fuente: Autor

Peso fresco de lechuga tipo Oakleaf



Fuente: Autor

Variedad 76-004 tipo Lollo



Fuente: Autor

Variedad Green Forest tipo Romana



Fuente: Autor

Variedad Loribel tipo Batavia



Fuente: Autor

Variedades tipo Mantequilla



Fuente: Autor