

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE
HUANCAVELICA**

(Creada por ley N° 25265)

**FACULTAD DE CIENCIAS DE AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA**



TESIS

**“EFECTO DE FRECUENCIAS DE RIEGO POR BOMBEO PERIFERICO EN LA
PRODUCCION HIDROPONICA DE LECHUGA (*Lactuca sativa* L) EN CONDICIONES
DE INVERNADERO EN LA PROVINCIA DE ACOBAMBA.”**

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

PRODUCCIÓN AGRÍCOLA

PRESENTADO POR:

- Bach. Cesar Augusto, FUENTES LANDEO
- Bach. Lino Rodrigo, FUENTES LANDEO

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AGRÓNOMO

HUANCAVELICA - PERÚ

2019



UNIVERSIDAD NACIONAL DE
HUANCAVELICA
(Creado por ley N° 25265)



FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

En la ciudad universitaria de "Común Era", auditorio de la Facultad de Ciencias Agrarias, a los 25 días del mes de Octubre del año 2019, a horas 09:00 am, se reunieron los miembros del jurado calificador, conformado de la siguiente manera:

PRESIDENTE : Dr. David, RUIZ VILCHEZ
SECRETARIO : Mtro. Jesús Antonio, JAIME PIÑAS
VOCAL : M.Sc. Efraín David, ESTEBAN NOLBERTO

Designados con Resolución N° 032-2019-D-FCA-UNH, del proyecto de investigación titulado: "EFECTO DE FRECUENCIAS DE RIEGO POR BOMBEO PERIFERICO EN LA PRODUCCION HIDROPONICA DE LECHUGA (*Lactuca sativa* L) EN CONDICIONES DE INVERNADERO EN LA PROVINCIA DE ACOBAMBA " cuyos autores son los graduados:

BACHILLERES:

- CESAR AUGUSTO, Fuentes Landeo.
- LINO RODRIGO, Fuentes Landeo.

ASESORADO POR: Dr. Ruggerths Neil DE LA CRUZ MARCOS

A fin de proceder con la evaluación y calificación de la sustentación del proyecto de investigación, antes citado

Finalizado la evaluación; se invitó al público presente y a los sustentantes abandonar el recinto; y luego de una amplia deliberación por parte de los jurados, se llegó al siguiente resultado:

APROBADO **POR UNANIMIDAD.....**

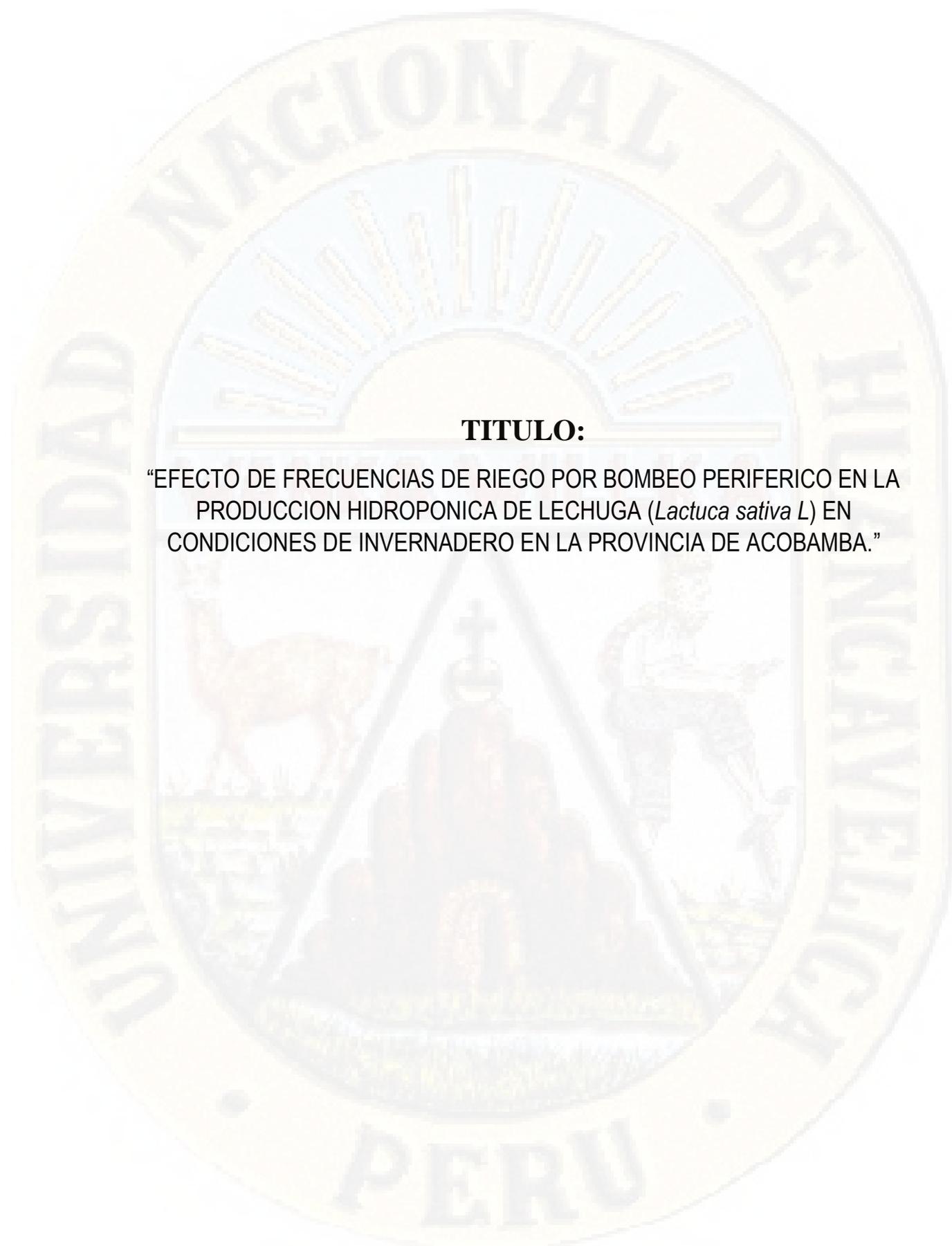
DESAPROBADO

En conformidad a lo actuado firmamos al pie.


Dr. David, RUIZ VILCHEZ
Presidente

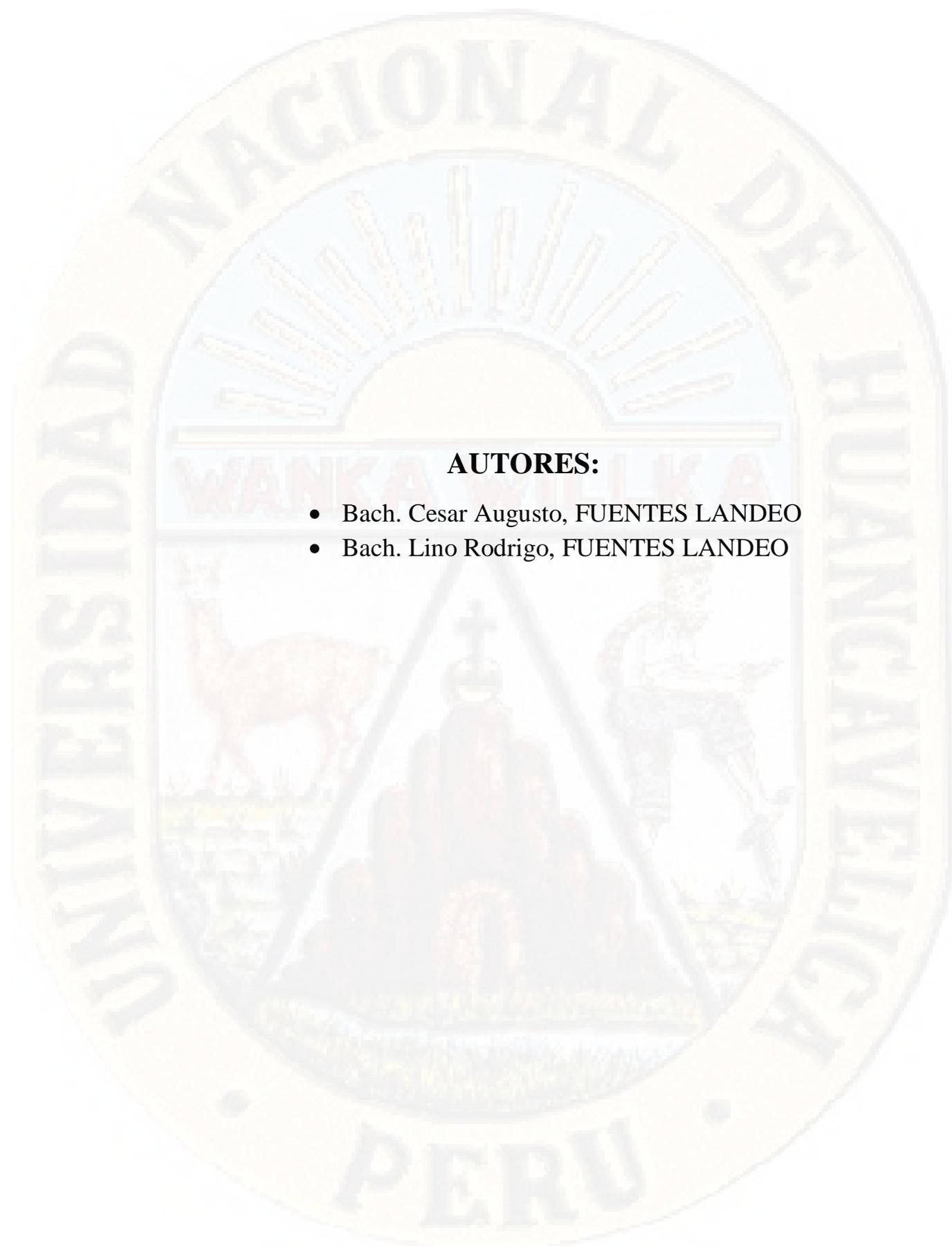

Mtro. Jesús Antonio, JAIME PIÑAS
Secretario


M.Sc. Efraín David, ESTEBAN NOLBERTO
Vocal



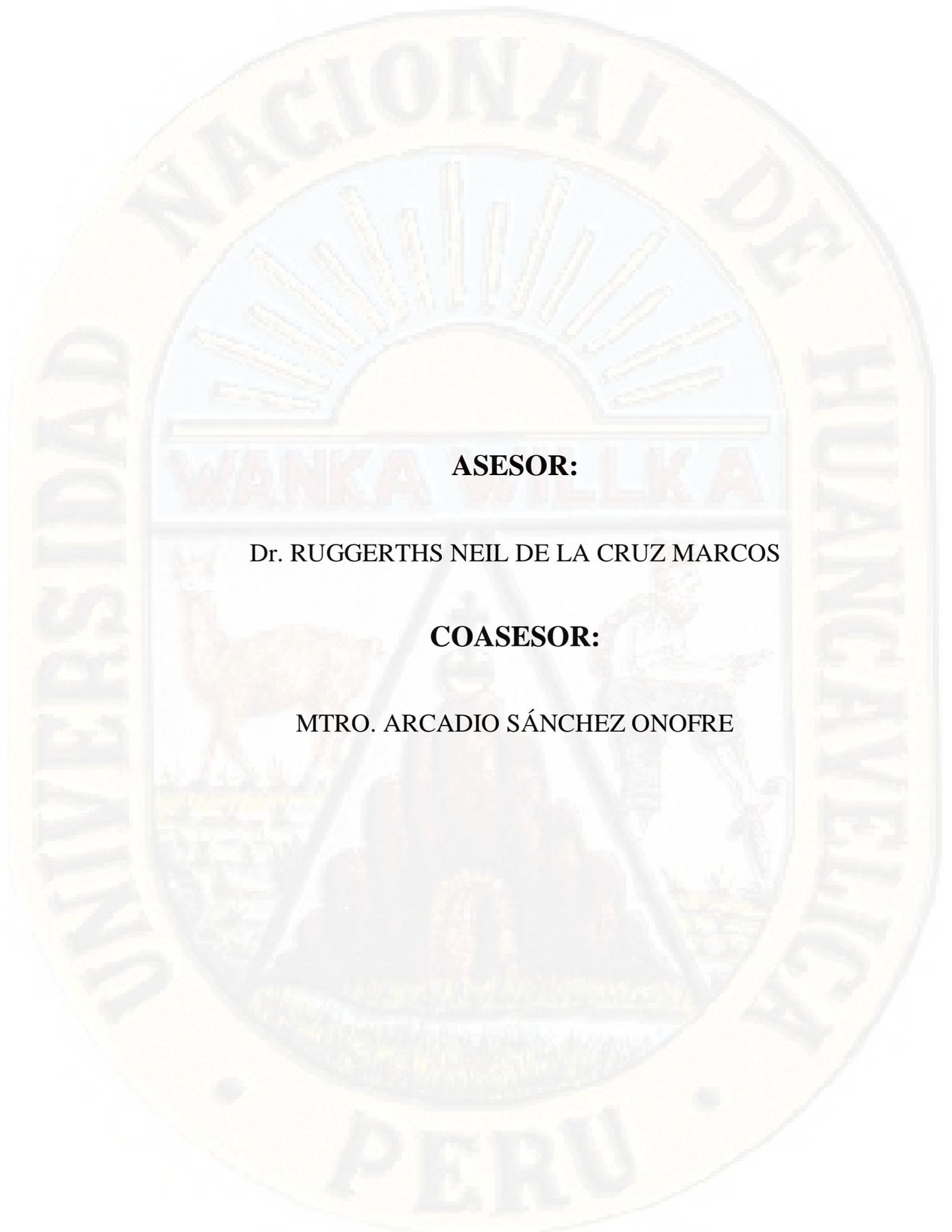
TITULO:

“EFECTO DE FRECUENCIAS DE RIEGO POR BOMBEO PERIFERICO EN LA PRODUCCION HIDROPONICA DE LECHUGA (*Lactuca sativa L*) EN CONDICIONES DE INVERNADERO EN LA PROVINCIA DE ACOBAMBA.”



AUTORES:

- Bach. Cesar Augusto, FUENTES LANDEO
- Bach. Lino Rodrigo, FUENTES LANDEO

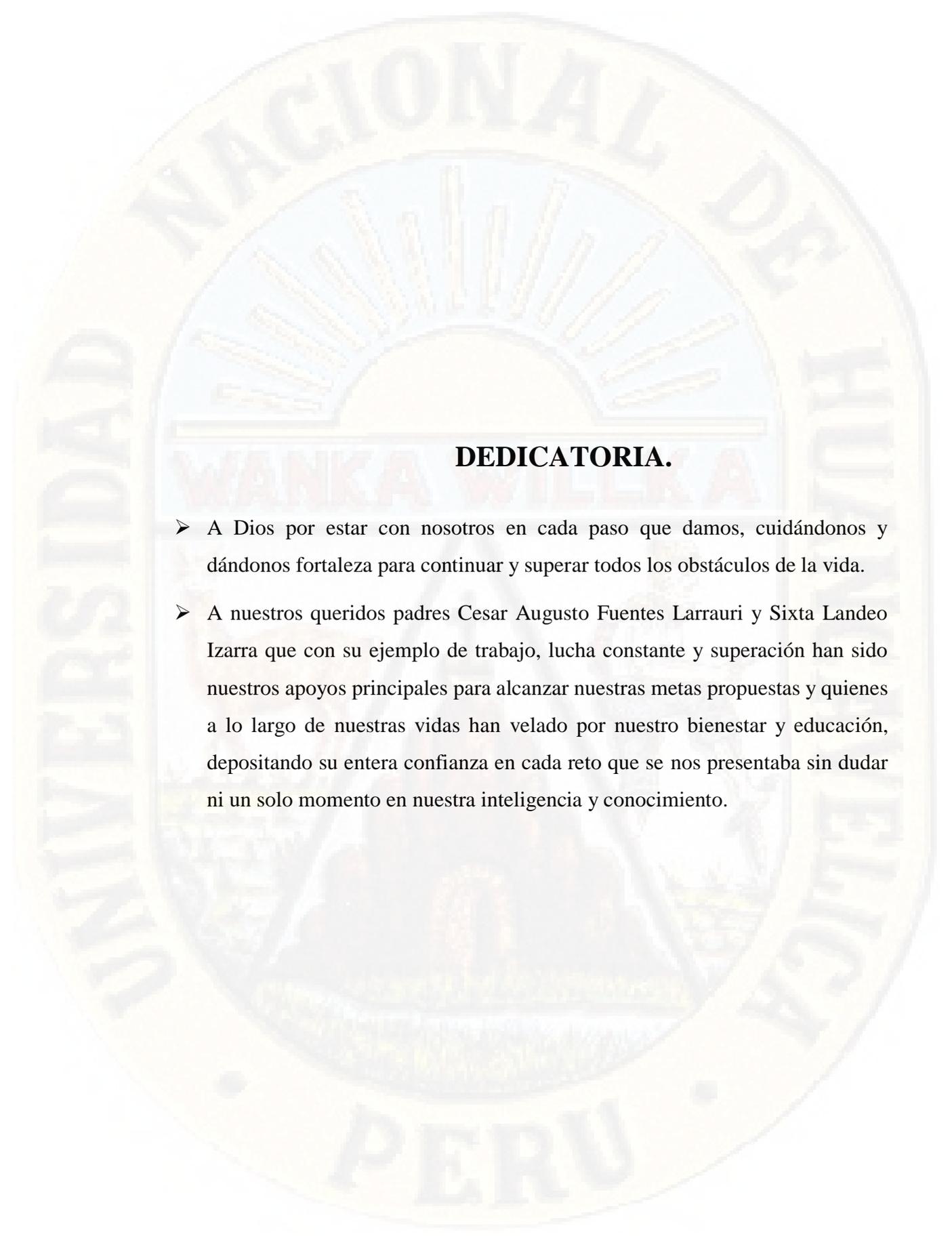


ASESOR:

Dr. RUGGERTHS NEIL DE LA CRUZ MARCOS

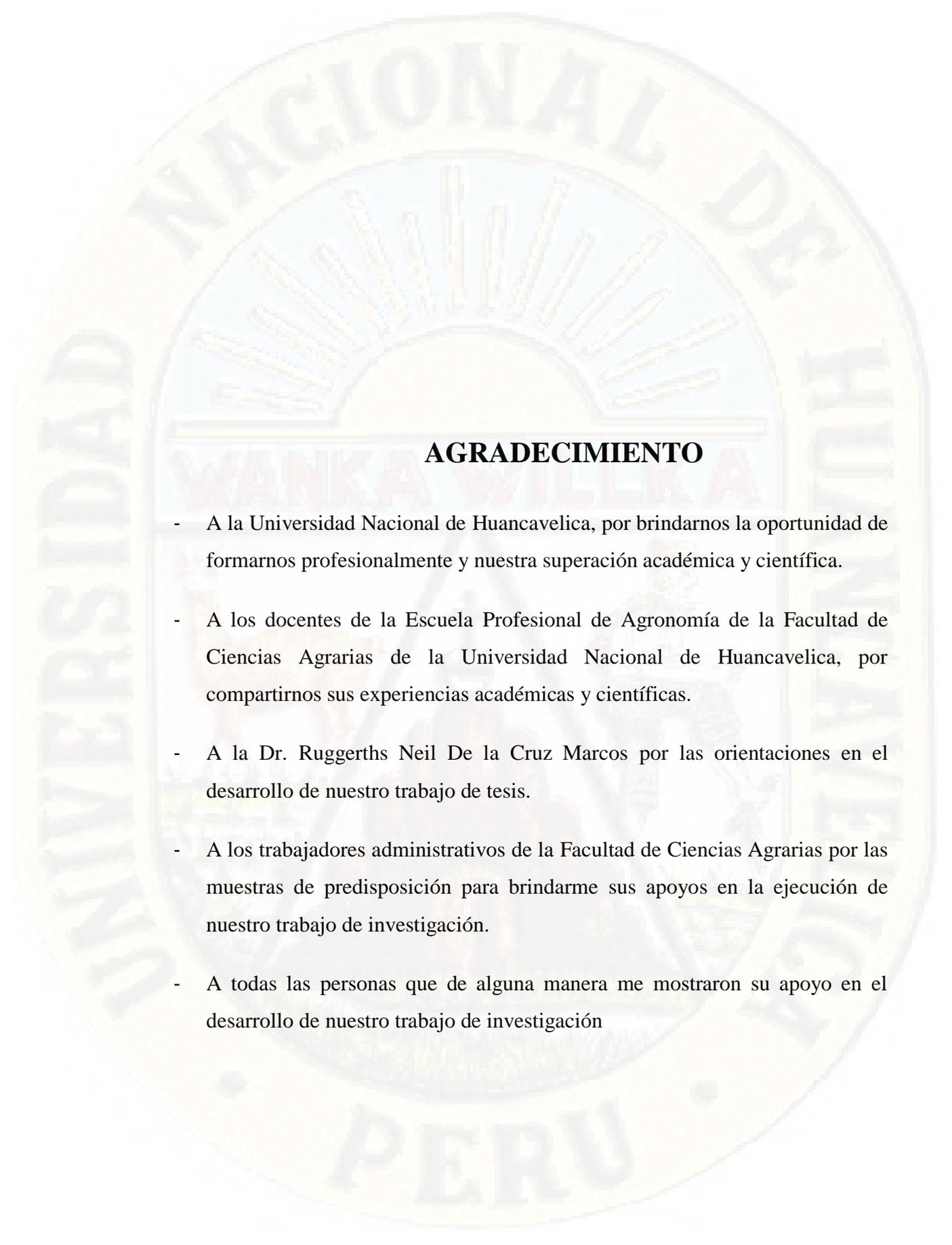
COASESOR:

MTRO. ARCADIO SÁNCHEZ ONOFRE



DEDICATORIA.

- A Dios por estar con nosotros en cada paso que damos, cuidándonos y dándonos fortaleza para continuar y superar todos los obstáculos de la vida.
- A nuestros queridos padres Cesar Augusto Fuentes Larrauri y Sixta Landeo Izarra que con su ejemplo de trabajo, lucha constante y superación han sido nuestros apoyos principales para alcanzar nuestras metas propuestas y quienes a lo largo de nuestras vidas han velado por nuestro bienestar y educación, depositando su entera confianza en cada reto que se nos presentaba sin dudar ni un solo momento en nuestra inteligencia y conocimiento.



AGRADECIMIENTO

- A la Universidad Nacional de Huancavelica, por brindarnos la oportunidad de formarnos profesionalmente y nuestra superación académica y científica.
- A los docentes de la Escuela Profesional de Agronomía de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Huancavelica, por compartirnos sus experiencias académicas y científicas.
- A la Dr. Ruggerths Neil De la Cruz Marcos por las orientaciones en el desarrollo de nuestro trabajo de tesis.
- A los trabajadores administrativos de la Facultad de Ciencias Agrarias por las muestras de predisposición para brindarme sus apoyos en la ejecución de nuestro trabajo de investigación.
- A todas las personas que de alguna manera me mostraron su apoyo en el desarrollo de nuestro trabajo de investigación

ÍNDICE

DEDICATORIA	vi
AGRADECIMIENTO	vii
ÍNDICE.....	viii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xi
ÍNDICE DE TABLAS	xii
RESUMEN	xv
ABSTRACT.....	xvi
INTRODUCCIÓN	xvii
CAPÍTULO I	17
1. Planteamiento del problema.....	17
1.1. Descripción del problema.	17
1.2. Formulación del problema.....	18
1.3. Objetivos.	18
1.3.1. Objetivo general.....	18
1.3.2. Objetivos específicos.....	18
1.4. Justificación.	19
1.5. Limitaciones.....	20
CAPÍTULO II	21
2. Marco teórico.....	21
2.1. Antecedentes.	21
2.2. Bases teóricas sobre el tema de investigación.....	26
2.2.1. Cultivo de Lechuga.....	26
2.2.2. Hidroponía de cultivos.....	39
2.2.3. Invernadero.....	39
2.2.4. Cultivos forzados.	39
2.3. Definición de términos.	40
2.4. Hipótesis.....	44
2.5. Variables.	44

2.5.1. Variable independiente:	44
2.5.2. Variable dependiente:.....	44
2.6. Operacionalización de variables.....	45
CAPÍTULO III.....	47
3. Metodología de la investigación.	47
3.1. Ámbito temporal y espacial.	47
3.1.1. Ubicación política.....	47
3.1.2. Ubicación geográfica.....	47
3.1.3. Factores Climáticos.	48
3.2. Tipo de investigación.....	48
3.3. Nivel de investigación.....	48
3.4. Población, muestra y muestreo.....	48
3.4.1. Población.	48
3.4.2. Muestra.....	48
3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	49
3.5.1. Prendimiento de plántulas.	49
3.5.2. Longitud de raíz.....	49
3.5.3. Altura de planta.....	50
3.5.4. Peso fresco.	51
3.5.5. Número de hojas.	51
3.5.6. Consumo de agua por campaña.....	52
3.6. Técnicas y procesamiento de análisis de datos.	52
CAPÍTULO IV	53
4. RESULTADOS Y DISCUSION.....	53
4.1. Resultados.....	53
4.1.1. Altura de Planta.....	53
A. Altura de planta a los 7 días después de la plantación.....	53
B. Altura de planta a los 15 días después de la plantación.....	55
C. Altura de planta a los 23 días después de la plantación.....	56
D. Altura de planta a los 31 días después de la plantación.....	58
E. Altura de planta a los 40 días después de la plantación.....	59
4.1.2. Longitud de raíz.....	61
A. Longitud de raíz a los 7 días después de la plantación.....	61
B. Longitud de raíz a los 15 días después de la plantación.....	63

C.	Longitud de raíz a los 23 días después de la plantación.....	64
D.	Longitud de raíz a los 31 días después de la plantación.....	66
E.	Longitud de raíz a los 40 días después de la plantación.....	68
4.1.3.	Número de Hojas.....	69
A.	Número de hojas por planta a los 7 días después de la plantación	69
B.	Número de hojas por planta a los 15 días después de la plantación.	71
C.	Número de hojas por planta a los 23 días después de la plantación	72
D.	Número de hojas por planta a los 31 días después de la plantación	74
E.	Número de hojas por planta a los 40 días después de la plantación	76
4.1.4.	Peso de planta.	78
A.	Peso de planta a los 7 días después de la plantación	78
B.	Peso de planta a los 15 días después de la plantación	79
C.	Peso de planta a los 23 días después de la plantación	81
D.	Peso de planta a los 31 días después de la plantación	82
E.	Peso de planta a los 40 días después de la plantación	84
4.2.	DISCUSIÓN.....	87
4.3.	CONCLUSIONES.....	89
4.4.	RECOMENDACIONES.....	90
4.5.	REFERENCIAS BIBLIOGRAFÍA.....	91
4.6.	APÉNDICE.....	93

ÍNDICE DE FIGURAS.

Figura 1: Fases de desarrollo de la lechuga.....	28
Figura 2: prendimiento de plántulas	49
Figura 3: longitud de raíz.....	50
Figura 4: Altura de planta.....	50
Figura 5: peso fresco.....	51

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: valor nutricional de la lechuga.....	32
Tabla 2: Síntomas de deficiencia y toxicidad de los elementos esenciales.....	37
Tabla 3: Operacionalización de las variables.....	45
Tabla 4: Análisis de Varianza de Altura de Planta a los 7 DDP ANOVA.....	53
Tabla 5: Altura de Planta 7DDP Tukey HSD	54
Tabla 6: Amplitud estudiantizada de Tukey para la variable Altura de Planta a los 7 DDP	54
Tabla 7: Análisis de Varianza de Altura de Planta a los 15 DDP ANOVA.....	55
Tabla 8: Prueba de comparación múltiple de Tukey para la altura de planta a los 15 DDP	55
Tabla 9: Amplitud estudiantizada de Tukey para la variable Altura de Planta a los 15 DDP	56
Tabla 10: Análisis de Varianza de Altura de Planta a los 23 DDP ANOVA.....	56
Tabla 11: Prueba de comparación múltiple de Tukey para la altura de planta a los 23 DDP	57
Tabla 12: Amplitud estudiantizada de Tukey para la variable Altura de Planta a los 23 DDP	57
Tabla 13: Análisis de Varianza de Altura de Planta a los 31 DDP ANOVA.....	58
Tabla 14: Prueba de comparación múltiple de Tukey para la altura de planta a los 7 DDP	58
Tabla 15: Amplitud estudiantizada de Tukey para la variable Altura de Planta a los 31 DDP	59
Tabla 16: Análisis de Varianza de Altura de Planta a los 40 DDP ANOVA.....	59
Tabla 17: Prueba de comparación múltiple de Tukey para la altura de planta a los 40 DDP	60
Tabla 18 : Amplitud estudiantizada de Tukey para la variable Altura de Planta a los 40 DDP	61
Tabla 19: Análisis de Varianza de Longitud de Raíz a los 7 DDP	61
Tabla 20: Prueba de comparación múltiple de Tukey para la longitud de raíz a los 7 DDP	62
Tabla 21: Amplitud estudiantizada de Tukey para la variable Longitud de Raíz a los 7 DDP	62
Tabla 22: Análisis de Varianza de Longitud de Raíz a los 15 DDP ANOVA.....	63
Tabla 23: Prueba de comparación múltiple de Tukey para la longitud de raíz a los 15 DDP	63
Tabla 24: Amplitud estudiantizada de Tukey para la variable Longitud de Raíz a los 15 DDP	64
Tabla 25: Análisis de Varianza de Longitud de Raíz a los 23 DDP ANOVA.....	64
Tabla 26: Prueba de comparación múltiple de Tukey para la longitud de raíz a los 23 DDP	65
Tabla 27: Amplitud estudiantizada de Tukey para la variable Longitud de Raíz a los 23 DDP	65
Tabla 28: Análisis de Varianza de Longitud de Raíz a los 31 DDP ANOVA.....	66

Tabla 29: Prueba de comparación múltiple de Tukey para la longitud de raíz a los 31 DDP	66
Tabla 30: Amplitud estudiantizada de Tukey para la variable Longitud de Raíz a los 31 DDP	67
Tabla 31: Análisis de Varianza de Longitud de Raíz a los 40 DDP ANOVA	68
Tabla 32: Prueba de comparación múltiple de Tukey para la longitud de raíz a los 40 DDP	68
Tabla 33: Amplitud estudiantizada de Tukey para la variable Longitud de Raíz a los 40 DDP	69
Tabla 34: Análisis de Varianza de Número de Hojas por Planta a los 7 DDP ANOVA	69
Tabla 35: Prueba de comparación múltiple de Tukey para el Número de Hojas por Planta a los 7 DDP	70
Tabla 36: Amplitud estudiantizada de Tukey para la variable Número de Hojas Planta a los 7 DDP	70
Tabla 37: Análisis de Varianza de Número de Hojas por Planta a los 15 DDP ANOVA	71
Tabla 38: Prueba de comparación múltiple de Tukey para el Número de Hojas por Planta a los 15 DDP	71
Tabla 39: Amplitud estudiantizada de Tukey para la variable Número de Hojas Planta a los 7 DDP	72
Tabla 40: Análisis de Varianza de Número de Hojas por Planta a los 23 DDP ANOVA	72
Tabla 41: Prueba de comparación múltiple de Tukey para el Número de Hojas por Planta a los 23 DDP	73
Tabla 42: Amplitud estudiantizada de Tukey para la variable Número de Hojas Planta a los 23 DDP	74
Tabla 43: Análisis de Varianza de Número de Hojas por Planta a los 31 DDP ANOVA	74
Tabla 44: Prueba de comparación múltiple de Tukey para el Número de Hojas por Planta a los 23 DDP	75
Tabla 45: Amplitud estudiantizada de Tukey para la variable Número de Hojas Planta a los 31 DDP	75
Tabla 46: Análisis de Varianza de Número de Hojas por Planta a los 40 DDP	76
Tabla 47: Prueba de comparación múltiple de Tukey para el Número de Hojas por Planta a los 40 DDP	76
Tabla 48: Amplitud estudiantizada de Tukey para la variable Número de Hojas Planta a los 40 DDP	77
Tabla 49: Análisis de Varianza de Peso de Planta a los 7 DDP ANOVA	78
Tabla 50: Prueba de comparación múltiple de Tukey para el Peso de Planta a los 7 DDP	78
Tabla 51: Amplitud estudiantizada de Tukey para la variable Peso por Planta a los 7 DDP	79
Tabla 52: Análisis de Varianza de Peso de Planta a los 15 DDP ANOVA	79
Tabla 53: Prueba de comparación múltiple de Tukey para el Peso de Planta a los 15 DDP	80

Tabla 54: Amplitud estudiantizada de Tukey para la variable Peso por Planta a los 15 DDP	80
Tabla 55: Análisis de Varianza de Peso de Planta a los 23 DDP ANOVA	81
Tabla 56: Prueba de comparación múltiple de Tukey para el Peso de Planta a los 23 DDP	81
Tabla 57: Amplitud estudiantizada de Tukey para la variable Peso por Planta a los 23 DDP	82
Tabla 58: Análisis de Varianza de Peso de Planta a los 31 DDP ANOVA	82
Tabla 59: Prueba de comparación múltiple de Tukey para el Peso de Planta a los 31 DDP	83
Tabla 60: Amplitud estudiantizada de Tukey para la variable Peso por Planta a los 31 DDP	84
Tabla 61: Análisis de Varianza de Peso de Planta a los 40 DDP ANOVA	84
Tabla 62: Prueba de comparación múltiple de Tukey para el Peso de Planta a los 31 DDP	85
Tabla 63: Amplitud estudiantizada de Tukey para la variable Peso por Planta a los 40 DDP	85

RESUMEN

El trabajo se realizó en el Invernadero de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Huancavelica, provincia de Acobamba, tuvo como objetivo Determinar el efecto de diferentes intervalos de riego realizados por bombeo periférico en la producción hidropónica de lechuga (*Lactuca sativa*) y su costo de producción en condiciones de invernadero, se aplicó el diseño de investigación experimental de DCA. El análisis de la información se realizó mediante la aplicación del SPSS. Se tuvo como resultados relevantes: Las frecuencias de riego en el sistema de producción hidropónica del cultivo de lechugas, influyen en el crecimiento y desarrollo de las plantas. Las frecuencias de riego de 90 y 120 minutos de duración en recirculación del agua con el mismo tiempo de intervalos, presentaron los mejores rendimientos de lechugas, con mayor tamaño y peso; las frecuencias de riego de menor tiempo presentaron menor tamaño y peso. El consumo de agua fue mayor en los tratamientos cuyas frecuencias de riego fueron de 90 y 120 minutos de duración. El costo de consumo de energía eléctrica por cada electrobomba de 0.5 HP que accionaba la circulación del agua en cada tratamiento fue de 18 soles, para la producción de 150 lechugas. El costo de producción de las lechugas hidropónicas al inicio de la producción es elevado debido al costo inicial del módulo hidropónico y al consumo de energía eléctrica, sin embargo, este se reduce en cada campaña de producción, asimismo, con el aumento de canales de cultivo y el mayor número de plantas.

Palabras clave: Hidroponía, Frecuencia de riego.

ABSTRACT

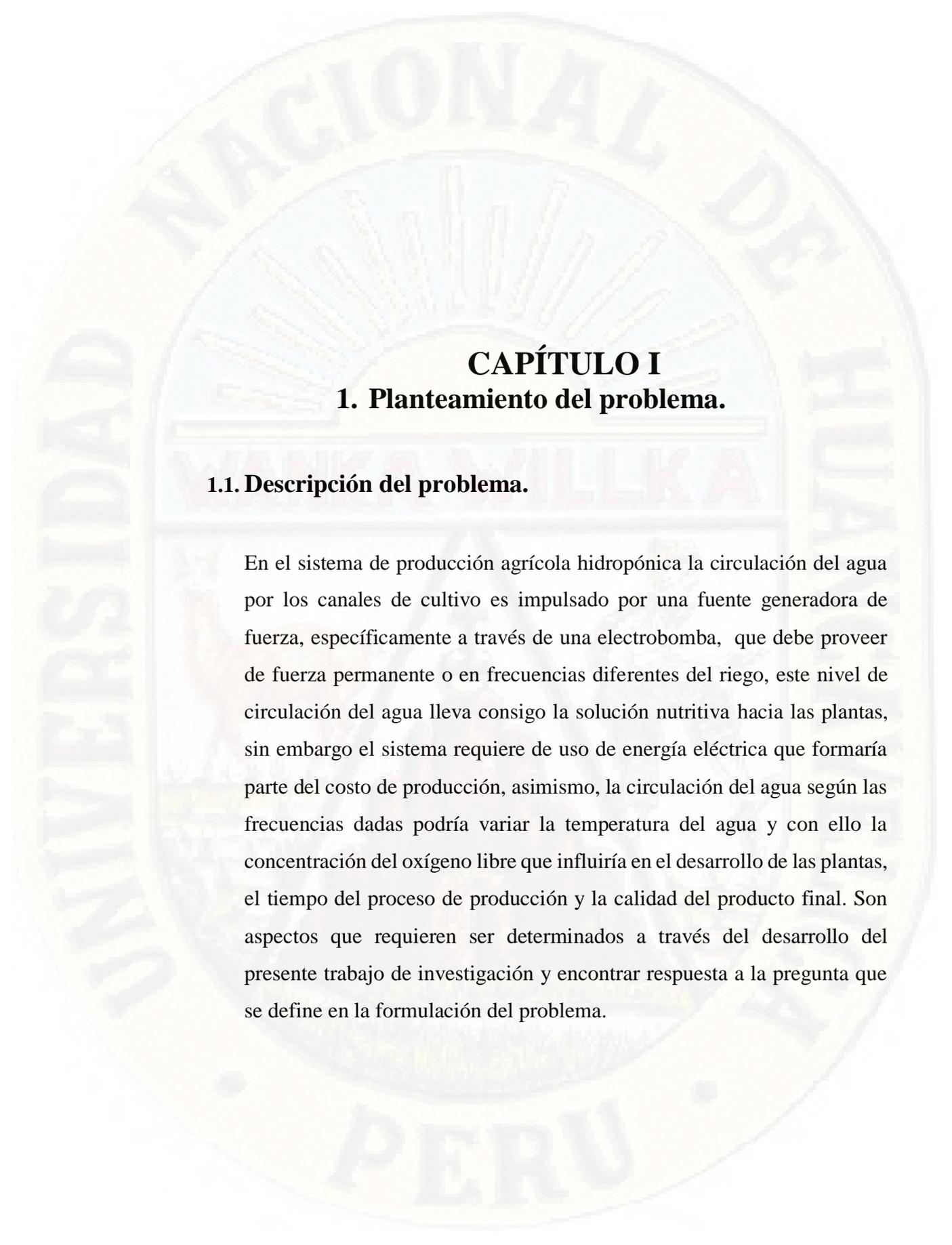
The work was carried out in the Greenhouse of the Faculty of Agricultural Sciences of the National University of Huancavelica, in the province of Acobamba, aimed to determine the effect of different irrigation intervals performed by peripheral pumping in the hydroponic production of lettuce (*Lactuca sativa*) and its cost of production under greenhouse conditions, the experimental research design of DCA was applied. The analysis of the information was carried out through the application of the SPSS. The relevant results were as follows: Irrigation frequencies in the hydroponic production system of lettuce cultivation influence plant growth and development. Irrigation frequencies of 90 and 120 minutes in water recirculation with the same time intervals, showed the best lettuce yields, with greater size and weight; the irrigation frequencies of less time presented smaller size and weight. Water consumption was higher in treatments whose irrigation frequencies were 90 and 120 minutes long. The cost of electricity consumption for each 0.5 HP electric pump that triggered the circulation of water in each treatment was 18 soles, for the production of 150 lettuces. The production cost of hydroponic lettuces at the beginning of production is high due to the initial cost of the hydroponic module and the consumption of electric energy, however, this is reduced in each production campaign, also, with the increase of cultivation channels and the largest number of plants.

Keywords:

Hydroponics, Irrigation frequency.

INTRODUCCIÓN

La producción agrícola sin suelo, a través de la hidroponía es una técnica de productiva principalmente para hortalizas de hoja que se puede instalar cosechar y consumir en cualquier parte del planeta, en el caso de nuestro país es funcional en las condiciones de Acobamba, una de las ventajas que presenta viene a ser que el producto final se presenta limpio y sin daños por insectos o por rozamiento con la superficie del suelo, en cambio la producción de hortalizas mediante el sistema tradicional si los puede presentar, otra importante ventaja es que el agua que se utiliza en el sistema hidropónico es re circulante, es decir que retorna al punto de abastecimiento inicial, el cual minimiza que haya pérdidas, lo que si ocurre en el sistema tradicional de producción, en el cual los riegos muy a pesar que puedan ser tecnificados (como el de goteo) se pierde por infiltración y evaporación; sin embargo, para las condiciones de Acobamba y a nivel de invernadero se hace necesario realizar estudios sobre el consumo de agua por plantas durante su proceso productivo, la variación del nivel de oxígeno en función a la temperatura del agua, además de estimar el costo de producción del cultivo de lechuga roja en condiciones de invernadero, información importante que ayudaría a establecer estándares de requerimientos de insumos, de agua y el consumo de energía en función a diferentes frecuencias de riego, toda vez que se hace uso una fuente impulsora de fuerza, electrobomba periférica para la circulación del agua. Considerando estos aspectos se ejecutó el presente proyecto cuyo problema de investigación, objetivos y variables, están establecidos en el presente documento.



CAPÍTULO I

1. Planteamiento del problema.

1.1. Descripción del problema.

En el sistema de producción agrícola hidropónica la circulación del agua por los canales de cultivo es impulsado por una fuente generadora de fuerza, específicamente a través de una electrobomba, que debe proveer de fuerza permanente o en frecuencias diferentes del riego, este nivel de circulación del agua lleva consigo la solución nutritiva hacia las plantas, sin embargo el sistema requiere de uso de energía eléctrica que formaría parte del costo de producción, asimismo, la circulación del agua según las frecuencias dadas podría variar la temperatura del agua y con ello la concentración del oxígeno libre que influiría en el desarrollo de las plantas, el tiempo del proceso de producción y la calidad del producto final. Son aspectos que requieren ser determinados a través del desarrollo del presente trabajo de investigación y encontrar respuesta a la pregunta que se define en la formulación del problema.

1.2. Formulación del problema.

¿Cuál es el efecto de diferentes frecuencias de riego realizados por bombeo periférico en la producción hidropónica de lechuga (*Lactuca sativa L*) y su costo de producción en condiciones de invernadero en Acobamba?

1.3. Objetivos.

1.3.1. Objetivo general.

Determinar el efecto de diferentes intervalos de riego realizados por bombeo periférico en la producción hidropónica de lechuga (*Lactuca sativa*) y su costo de producción en condiciones de invernadero.

1.3.2. Objetivos específicos.

- Determinar el efecto de diferentes frecuencias de riego realizados por bombeo periférico en el rendimiento del cultivo de lechuga hidropónica en condiciones de invernadero.
- Determinar el efecto de las frecuencias de riego por bombeo periférico en el costo de producción de lechuga hidropónica en condiciones de invernadero.
- Determinar el costo de producción de lechugas hidropónicas.
- Medir el caudal de agua que circula por el sistema hidropónico por intervalo de riego.
- Medir el volumen de agua consumido por las plantas de lechuga en el periodo de desarrollo.

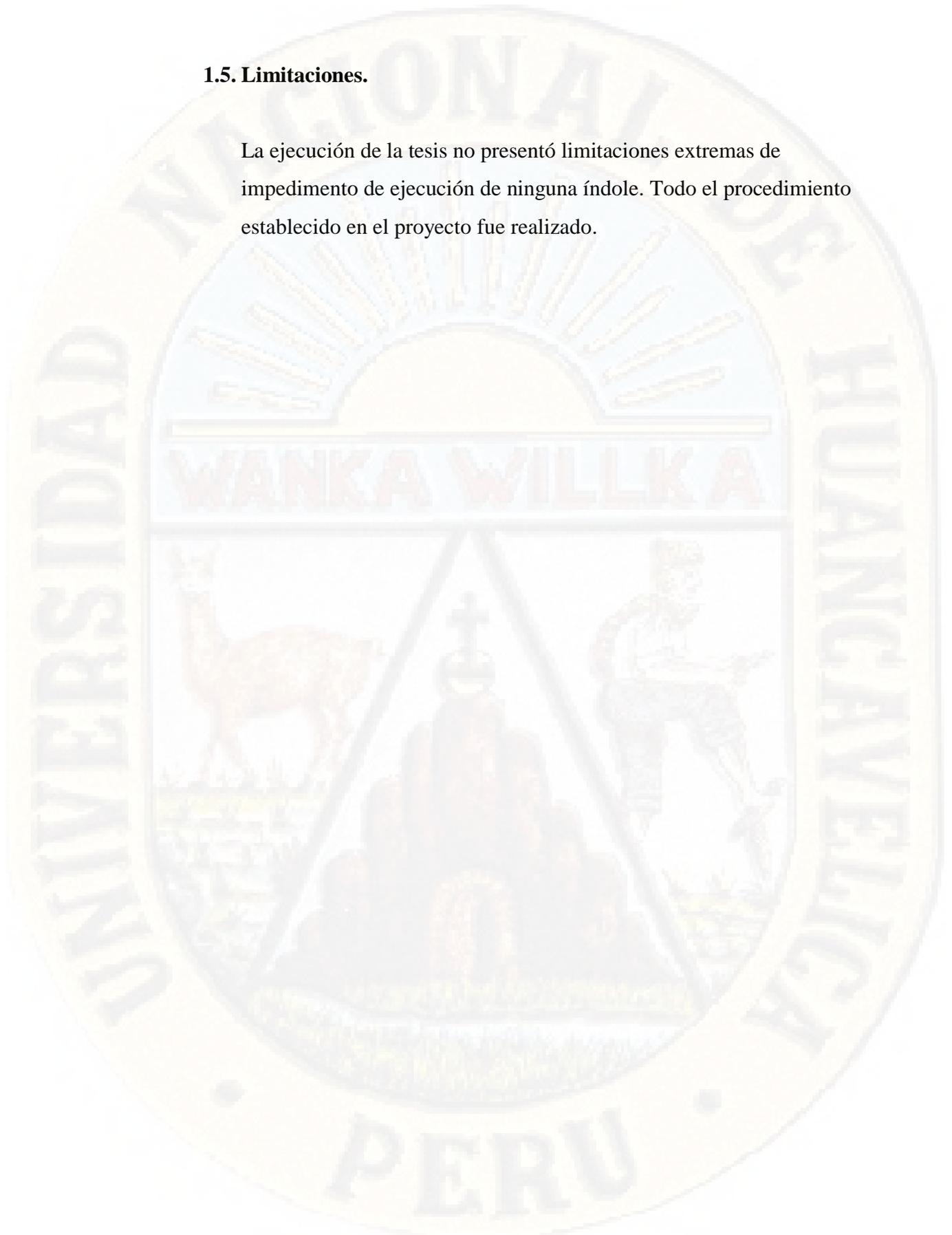
- Medir el tiempo en días transcurrido entre la plantación y la cosecha de las lechugas hidropónicas.
- Medir el consumo de energía eléctrica según los intervalos de riego.

1.4. Justificación.

Las necesidades alimenticias de la población aún no son satisfechas, más que nada las que conllevan a la seguridad alimentaria, que prevenga los problemas de desnutrición y anemia en personas menores y mayores. La población consumen hortalizas que provienen de las zonas de producción de Huancayo y Ayacucho, con los cuales tratan de satisfacer sus necesidades alimenticias, sin embargo, en Acobamba, a pesar de ser una zona eminentemente agrícola, los agricultores no le ponen interés en las hortalizas de hoja para incorporar en sus sistemas de cultivo, tal vez por la escasa disponibilidad del recurso agua, a parte, de ello el poco conocimiento de tecnologías alternativas de producción; es en este caso que el sistema hidropónico se convierte en una alternativa muy importante para la producción de las hortalizas de hojas, entre ellos la acelga, espinacas y otras que tienen mayores concentraciones de elementos minerales que contribuyen a prevenir y mitigar las deficiencias de hierro, zinc y otros. Por tanto, se justifica la propuesta de desarrollar el presente trabajo de investigación porque los resultados que se buscan, ayudaría directamente a la población acobambina, tanto en el tema de reducir los problemas de salud y contribuir en la mejora de los ingresos económicos de las familias, tras aprender e instalar sistemas hidropónicos en sus huertos familiares, o también en las instituciones educativas como fuente proveedora de alimentos e ingresos económicos, después de todo no requiere del uso de grandes cantidades de agua, como la producción tradicional de lechugas en suelos.

1.5. Limitaciones.

La ejecución de la tesis no presentó limitaciones extremas de impedimento de ejecución de ninguna índole. Todo el procedimiento establecido en el proyecto fue realizado.



CAPÍTULO II

2. Marco teórico.

2.1. Antecedentes.

Cedillo et al (2018). Evaluaron tres sistemas hidropónicos con la producción de lechuga var. “Parris Island”. Los sistemas hidropónicos utilizados para el desarrollo de esta investigación fueron: Bolis de fibra de coco, NFT (Nutrient Film Technique) y el sistema de Balsas o raíz flotante. Se utilizó una solución nutritiva Steiner al 100%, para todos los sistemas. El experimento se estableció en un diseño de bloques completos al azar, con la finalidad de evaluar los tres tratamientos generados por un arreglo factorial (3)(1)(1), es decir tres sistemas hidropónicos, una solución nutritiva, una variedad y cuatro repeticiones. Se evaluaron 6 variables en la planta de lechuga, las cuales fueron: peso fresco, longitud de raíz, diámetro del tallo, número de hojas, longitud de hojas y peso seco de la planta. La unidad experimental fue de 20 plantas evaluadas por sistema hidropónico. Los datos obtenidos se sometieron a un análisis de varianza (ANOVA) y la comparación de medias fue de acuerdo a la prueba de Tukey ($\alpha \leq 0.05$) utilizando el programa Statistical Analysis Systems (SAS) versión 9.0. Con el sistema hidropónico de bolis de fibra de coco, la lechuga presentó superior peso fresco, peso seco y diámetro del tallo; mientras que, en el sistema NFT (Nutrient Film Technique) se incrementó la longitud de raíz y el número de hojas y en los tres sistemas, la longitud de hojas no presento variación.

Chiara et al (2017). Realizaron el estudio de cultivo hidropónico de espinaca mediante técnica NFT e invernadero para el control de variables ambientales, consiguieron que el control automático nos permitió optimizar de manera asombrosa la producción de la espinaca como hortaliza, lo que ahorró la mitad del tiempo. Asimismo, no fue necesario un espacio abundante ni dedicación constante, pues el sistema era autónomo y fue capaz de mantenerse en condiciones ambientales favorables. La plataforma Arduino fue la interfaz que permitió el control de variables. Esta resultó fácil y práctica de programar; de esta forma, fue muy útil en el proyecto. Las hortalizas son vegetales cuyo ambiente favorable para su crecimiento es fácil de simular a comparación de otros productos que requieren de variables como la altitud. Se logra gran control y optimización del agua y de nutrientes, ya que no hay pérdida por drenaje, evaporación o filtraciones; solo se pierde el agua transpirada por la planta. Como los volúmenes son reducidos, es más fácil desinfectar la solución nutritiva para el control o prevención de enfermedades antes de volverla a usar. Se logra un sistema radicular pequeño pero que puede soportar a una planta grande. Las plantas cosechadas se remueven fácilmente. Es indispensable no excederse en las cantidades recomendadas, pues podrían producirse intoxicaciones en los cultivos.

Rodríguez (2018). Al realizar la evaluación de la dinámica del agua y nutrientes en la producción de culantro coyote (*Eryngium foetidum*) bajo dos ambientes diferentes y dos soluciones nutritivas en un sistema hidropónica, el objetivo era evaluar el efecto de dos soluciones nutritivas y el uso de protección sobre la dinámica del agua y de los nutrientes, el crecimiento y la producción del culantro coyote en hidroponía. Se utilizó un sistema de cultivo en bancales, con polvo de piedra como sustrato. Se utilizaron cuatro tratamientos en el que se evaluó el efecto de la interacción al combinar protección (uso de sarán o techo plástico) y nutrición (con un nivel de nutrición alto o bajo), los tratamientos fueron: 1. Con protección + solución nutritiva con alta concentración de nutrientes (CA). 2. Con

protección + solución nutritiva con baja concentración de nutrientes (CB), 3. Sin protección + solución nutritiva con alta concentración de nutrientes (SA); 4. Sin protección + solución con baja concentración de nutrientes (SB). El trabajo se realizó en dos etapas: 1 en verano con protección desde el trasplante hasta la primera cosecha. 2 en invierno protegido con techo plástico, desde la primera cosecha hasta la segunda cosecha. Cada etapa correspondió a un ciclo de crecimiento hasta producción de dos meses. Las variables evaluadas fueron: evapotranspiración de cultivo (ETc), índice de área foliar (IAF), tasa de crecimiento absoluto (TCA) y relativo (TCR), rendimiento y eficiencia de recuperación de nutrientes (ER). La ETc en la etapa 1 obtuvo una mayor respuesta al cambio de condición, comparado con la nutrición, con incrementos al final del ciclo de 63% en promedio. En la etapa 2 se presentó interacción significativa entre protección y nutrición a los 10 del ciclo del cultivo. El IAF presentó interacción por nutrición a los 40 y 50 DDT en la etapa 1, mientras que en la etapa 2 presentó una interacción por nutrición a los 50 DDT. No hubo respuesta en la TCA en ambas etapas, a ningún factor y la TCR presentó únicamente una respuesta a la nutrición a los 30 DDT en la etapa 1, presentando una variación de 67% entre niveles de nutrición, mientras que en la etapa 2 no hubo respuesta. El rendimiento fue afectado por el efecto independiente de los factores protección y nutrición durante la etapa 1; en la etapa 2 solo hubo efecto producto del factor nutrición. Al finalizar ambos ciclos, la ER de los nutrientes N, P, K, Ca y Mg fue afectada por efectos independientes de ambos factores. Se concluyó que el uso del sarán redujo en el establecimiento del cultivo, las pérdidas de agua por evaporación y el uso de techos plásticos no generó un efecto evidente, posiblemente producto de las condiciones ambientales asociadas a la época lluviosa, lo que afectó los requerimientos de agua y por ende la ETc. También el uso de protección y un nivel de nutrición alto a lo largo de las semanas de evaluación favoreció la obtención de un mayor rendimiento en términos de IAF, posiblemente producto de una mayor disponibilidad de nutrientes y menor exposición a condiciones ambientales extremas, como alta

radiación en la etapa 1 y mayor precipitación en la etapa 2. Las ER fueron mayores principalmente cuando el nivel de nutrición fue bajo y el cultivo estuvo bajo protección, lo que indica que estas condiciones permitirían hacer un mejor uso de los fertilizantes en comparación con las condiciones opuestas en ambas etapas.

Grandez (2018). Evaluó el rendimiento productivo de lechuga (*Lactuca sativa* L var. Bohemia) en tres sistemas hidropónicos bajo condiciones de Pucallpa. La investigación se realizó en las instalaciones del proyecto hidropónico Ucayali Soilless, ubicada al sur de la ciudad de Pucallpa, distrito de Manantay, provincia de Coronel Portillo, región de Ucayali, proponiendo evaluar el rendimiento productivo de lechuga (*Lactuca sativa* L. Var. Bohemia), en tres sistemas hidropónicos bajo condiciones de Pucallpa. Los tratamientos estudiados fueron: T1, sistema hidropónico a raíz flotante. T2, sistema hidropónico NFT y T3, sistema hidropónico sustrato sólido. Las variables evaluadas fueron: peso fresco de las lechugas, altura de planta, número de hojas, rendimiento de lechuga, relación beneficio costo. Para el análisis comparativo se utilizó el diseño estadístico completo al azar (DCA), con tres tratamientos y seis repeticiones, para la comparación de las medias se utilizó la prueba de diferencia significativa honesta de Tukey, a un nivel de significancia de 0.05%. La investigación proporcionó los siguientes resultados: el sistema hidropónico con mayor altura de planta, mayor número de hojas, y mayor peso lo obtuvo el T3 (sistema sustrato sólido) con una media de 26.53 cm; 11.79 y 71.42 g a partir de los 45 días después de la siembra, habiendo diferencias significativas frente a los otros tratamientos. Por lo que se concluye que el mejor sistema hidropónico, es el sistema sustrato sólido, por la respuesta obtenida ante la metodología utilizada para el cultivo de lechuga hidropónica. Se recomienda continuar con investigaciones en el sistema sustrato sólido por el buen rendimiento obtenido, para de esa manera optimizar la producción de lechuga hidropónica en nuestra región.

Mendoza (2017). Realizó el trabajo de investigación Cultivo de lechuga (*Lactuca sativa* L) hidropónica en sistema recirculante NFT tipo piramidal con tres niveles de aireación. se llevó a cabo en el distrito de Mariano Melgar, provincia y departamento de Arequipa, a una altitud de 2 461 m.s.n.m., longitud oeste de 71° 30' 10" y latitud sur de 16° 24' 17". Habiéndose iniciado el 29 de julio del 2016 con el objetivo de identificar el mejor nivel de aireación y cultivar para el cultivo de lechuga hidropónica, para lo cual se midió y comparó estadísticamente los siguientes parámetros: longitud de raíz (cm), altura de planta (cm), peso fresco (g), peso seco (g), número de hojas (unidades), contenido de sólidos solubles totales (°Brix) y color en el espacio L* (luminosidad), a* (saturación) y b* (matiz). Finalizando el día 10 de octubre del 2016. Se utilizó un diseño de parcelas divididas en bloques al azar, con tres repeticiones, donde las parcelas grandes estuvieron constituidas por: (A0 con aireación pasiva, A1 con 1000 cc/min de aire y A2 con 2000 cc/min de aire); las subparcelas definidas por los cultivares, (Grand Rapids, Green Leaf y Lollo Bionda). El sistema hidropónico empleado fue el NFT (Nutrient Film Technique) que traducido del inglés significa "técnica de lámina nutritiva" en el cual la solución nutritiva circula continuamente a través de una serie de canales de cultivo. La solución nutritiva empleada se obtuvo comercialmente de la Universidad Nacional Agraria La Molina. En general el nivel de aireación A2 mejoró el crecimiento y calidad del cultivo de lechuga alcanzando mayor altura de planta con 18,67 cm, mayor número de hojas con 14,78 hojas y mejor color con valores de 59,67 (L*), -32,44 (a*) y 47,67 (b*). El nivel A0 obtuvo mayor peso fresco con 99,78 g y peso seco con 8,64 g. Resultando el nivel A0 más recomendable, ya que no se encontró diferencia significativa entre los niveles estudiados, pero este último brinda una mayor rentabilidad neta de 38 %. Con el cultivar Grand Rapids se alcanzó la mayor longitud de raíz con 30,17 cm, peso fresco con 98,11 g, peso seco con 9,55 g, contenido de sólidos solubles totales (5,49 °Brix) y mejor color con valores de 60,67 (L*), -34,33 (a*), 47,89 (b*). El cultivar Lollo Bionda obtuvo un mayor número

de hojas con una media de 15,44 hojas por planta frente a 13,89 hojas del cultivar Grand Rapids. El cultivar con mejor rendimiento fue Grand Rapids con 392,44 kg/100 m².

Urrestarazu (2015). Con respecto a los efectos de la temperatura en el desarrollo de los cultivos, indica existe una clara correlación entre temperatura y absorción de agua, tanto diaria como horaria dentro de una jornada. También los cambios bruscos de temperatura influyen en el ritmo de absorción de agua y mineral de una forma considerable. Algunos autores observan que el ritmo de transpiración tiende a alcanzar un nivel máximo y estabilizarse cuando la radiación solar es elevada (Baille et al.,1994^a). En situaciones de estrés es bien sabido que la planta reacciona regulando el nivel de transpiración para evitar una pérdida excesiva de agua. Este mecanismo es una respuesta muy rápida de las plantas y puede llegar a ser un parámetro de importante consideración en la pérdida de producción. Una reducción del ritmo de transpiración tendrá un importante efecto sobre la humedad relativa en el medio ambiente, factor que puede ser determinante cuando el clima en general es muy seco.

2.2. Bases teóricas sobre el tema de investigación.

2.2.1. Cultivo de Lechuga.

A. Origen.

El cultivo de la lechuga se remonta a una antigüedad de 2.500 años, siendo conocida por griegos y romanos. Las primeras lechugas de las que se tiene referencia son las de hoja suelta, aunque las acogolladas eran conocidas en Europa en el siglo XVI.

El origen de la lechuga no parece estar muy claro, aunque algunos autores afirman que procede de la India, aunque hoy día

los botánicos no se ponen de acuerdo, por existir un seguro antecesor de la lechuga, *Lactuca scariola* L., que se encuentra en estado silvestre en la mayor parte de las zonas templadas de la cuenca del Mediterráneo.

B. Descripción Botánica.

- **Raíz:** la raíz, que no llega nunca a sobrepasar los 25 cm. de profundidad, es pivotante, corta y con ramificaciones.
- **Hojas:** 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, pueden ser liso, ondulado o aserrado.
- **Tallo:** es cilíndrico y ramificado.
- **Inflorescencia:** son capítulos florales amarillos dispuestos en racimos o corimbos.
- **Semillas:** están provistas de un vilano plumoso.

C. Fases de desarrollo de la lechuga.



Figura 1: Fases de desarrollo de la lechuga.

- **Fase de plántula:** Se caracteriza por presentar la aparición de la radícula, emergencia de los cotiledones, aparición de 3 a 4 hojas verdaderas. Tiene una duración entre 3 a 4 semanas.
- **Fase de roseta:** Se caracteriza por presentar Aparición de nuevas hojas, disminuye la relación, largo – ancho de los folíolos, Acortamiento de los pecíolos y la formación de roseta con 12 a 14 hojas. Tiene una duración entre 3 a 4 semanas.
- **Formación de la cabeza:** Se caracteriza por presentar: Hojas más anchas que largas, hojas curvadas por el eje de la nervadura central, hojas en posición erecta, como consecuencia las nuevas hojas quedan envueltas por las hojas formadas anteriormente. Tiene una duración de 2 a 3 semanas.

- **Floración:** Se caracteriza por la pérdida de calidad de la cabeza, la cabeza toma forma alargada, elongación del tallo y emisión de las inflorescencias. Puede alcanzar de 1 a 1.5 m de altura.

D. Variedades de Lechuga:

Indica que las variedades de lechuga se pueden clasificar en los siguientes grupos botánicos:

- **Romanas:** *Lactuca sativa* var. Longifolia. No forman un verdadero cogollo, las hojas son oblongas, con bordes enteros y nervio central ancho.
 - Romana
 - Baby.
- **Acogolladas:** *Lactuca sativa* var. Capitata. Estas lechugas forman un cogollo apretado de hojas.
 - Batavia
 - Mantecosa o Trocadero
 - Iceberg.
- **De hojas sueltas:** *Lactuca sativa* var. Inybacea. Son lechugas que poseen las hojas sueltas y dispersas.
 - Lollo Rossa
 - Red Salad Bowl
 - Cracarelle.

- **Lechuga espárrago:** *Lactuca sativa* var. Augustana. Son aquellas que se aprovechan por sus tallos, teniendo las hojas puntiagudas y lanceoladas. Se cultiva principalmente en China y la India.

E. Requerimientos Edafoclimáticos:

- **Temperatura.**

La temperatura óptima de germinación oscila entre 18-20°C. Durante la fase de crecimiento del cultivo se requieren temperaturas entre 14-18°C por el día y 5-8°C por la noche, pues la lechuga exige que haya diferencia de temperaturas entre el día y la noche. Durante el acogollado se requieren temperaturas en torno a los 12°C por el día y 3-5°C por la noche.

Este cultivo soporta peor las temperaturas elevadas que las bajas, ya que como temperatura máxima puede soportar hasta los 30 °C y como mínima temperaturas de hasta -6 °C.

Cuando la lechuga soporta temperaturas bajas durante algún tiempo, sus hojas toman una coloración rojiza, que se puede confundir con alguna carencia.

Existe una clara correlación entre temperatura y absorción de agua, tanto diaria como horaria dentro de una jornada. También los cambios bruscos de temperatura influyen en el ritmo de absorción de agua y mineral de una forma considerable. Algunos autores observan que el ritmo de transpiración tiende a alcanzar un nivel máximo y estabilizarse cuando la radiación solar es elevada (Baille et al.,1994^a). En situaciones de estrés es bien sabido que la

planta reacciona regulando el nivel de transpiración para evitar una pérdida excesiva de agua. Este mecanismo es una respuesta muy rápida de las plantas y puede llegar a ser un parámetro de importante consideración en la pérdida de producción. Una reducción del ritmo de transpiración tendrá un importante efecto sobre la humedad relativa en el medio ambiente, factor que puede ser determinante cuando el clima en general es muy seco. (Miguel Urrestarazu Gavilán, 2015: Manual Práctico del Cultivo sin Suelo).

- **Humedad relativa.**

El sistema radicular de la lechuga es muy reducido en comparación con la parte aérea, por lo que es muy sensible a la falta de humedad y soporta mal un periodo de sequía, aunque éste sea muy breve.

La humedad relativa conveniente para la lechuga es del 60 al 80%, aunque en determinados momentos agradece menos del 60%. Los problemas que presenta este cultivo en invernadero es que se incrementa la humedad ambiental, por lo que se recomienda su cultivo al aire libre, cuando las condiciones climatológicas lo permitan.

- **Suelo.**

Los suelos preferidos por la lechuga son los ligeros, arenoso-limosos, con buen drenaje, situando el pH óptimo entre 6,7 y 7,4.

En los suelos húmíferos, la lechuga vegeta bien, pero si son excesivamente ácidos será necesario encalar.

Este cultivo, en ningún caso admite la sequía, aunque la superficie del suelo es conveniente que esté seca para evitar en todo lo posible la aparición de podredumbres de cuello.

F. Valor nutricional.

La lechuga es una hortaliza pobre en calorías, aunque las hojas exteriores son más ricas en vitamina C que las interiores.

Tabla 1: valor nutricional de la lechuga.

Valor nutricional de la lechuga romana en 100 g de sustancia	
Agua (g)	94.1
Carbohidratos (g)	20.1
Proteínas (g)	1.3
Grasas (g)	0.3
Calcio (mg)	68
Fósforo (mg)	26
Vitamina C (mg)	24
Hierro (mg)	1.5
Niacina (mg)	0.4
Riboflavina (mg)	0.08
Tiamina (mg)	0.3
Vitamina A (U.I.)	1900
Calorías (cal)	18

Fuente: Foods Agriculture Handbook. Watt et al 1975.

G. Sistema de siembra de la lechuga.

Galván et al. (2008) mencionan dos sistemas de cultivo: siembra indirecta y directa. Para la indirecta se hace necesario producir plántulas en almacigado o semillero y luego trasplantarlo en campo definitivo.

- **Almácigo o semillero.**

La multiplicación de la lechuga suele hacerse con planta en cepellón obtenida en semillero. Se recomienda el uso de bandejas de polietileno de 294 alveolos, sembrando en cada alveolo una semilla a 5 mm de profundidad.

- **Trasplante.**

Una vez transcurridos 30 - 40 días después de la siembra, la lechuga será plantada cuando tenga 5 - 6 hojas verdaderas y una altura de 8 cm., desde el cuello del tallo hasta las puntas de las hojas.

- **Siembra Directa.**

La siembra directa consiste en depositar las semillas en el campo definitivo, suele realizarse normalmente en los Estados Unidos para la producción de lechugas Iceberg.

H. Plagas y enfermedades.

Al respecto cita a las siguientes:

- **Esclerotiniosis o podredumbre blanca:** Amarillamiento y secado violento de las hojas. Manchas humedecidas en el cuello de la planta, dañando también la base de las hojas y raíces principales. Capa algodonosa blanca con cuerpos negros y duros. Tumbados y secado violento de las plantas.

Control:

- Evitar exceso de humedad. Realizar rotación de cultivos.

- **Podredumbre gris:** manchas irregulares, humedecidas que se cubren de una capa de polvo verde grisáceo, provocando el amarillamiento y secado de las hojas y tallos. Cuerpos redondos negros, incrustados en los tejidos podridos. Produce la muerte de plantitas.
- **Mildi:** manchas irregulares, humedecidas verde pálido o amarillas y luego marrón rojizas en la cara superior de las hojas. Polvo blanquecino en la cara inferior. Amarillamiento y secado de las hojas.
- **Control:** Pulverización preventiva sólo en almácigos con zeneb, cada 8 o 10 días. Realizar rotación de cultivos.

I. Nutrientes requeridos por las plantas.

Elementos Nutricionales de Plantas. A parte de la energía solar, el CO₂ y el agua, la planta requiere diversos elementos minerales que le son imprescindibles para su desarrollo. Es así, como en la literatura encontramos los “elementos o nutrientes esenciales”. Tres de ellos (C, H, O₂) son aportados del aire y el agua, los trece restantes provienen de sustancias que se adicionan al sustrato o al agua del medio, para lo cual se debe mantener en un nivel suficiente y en condiciones asimilables, para que las plantas los puedan absorber en las cantidades que lo requieran. Estos son: Nitrógeno, fósforo, potasio, azufre, magnesio, hierro, cloro, cobre, manganeso, molibdeno, boro y zinc (Navarro y Navarro, 2003; Taiz y Zeiger, 2006; Lacarra y García, 2011). Nitrógeno (N): Es absorbido por las plantas en forma de nitrato (NO₃)⁻ y en forma de amonio (NH₄)⁺ soluble en agua. En hidroponía la mayoría del nitrógeno se proporciona en base a nitratos. El amonio en la mayoría de los casos solo se

usa como fuente suplementaria ya que elevadas concentraciones de este ion, puede causar daños fisiológicos a las plantas. Las principales fuentes de nitrógeno son el nitrato de potasio, pero es muy difícil y caro conseguirlo en pequeñas cantidades, proporciona nitrógeno en forma de nitrato y potasio. El nitrato de calcio solo puede conseguirse como reactivo analítico, lo cual hace imposible su uso a escala comercial; es una fuente satisfactoria de nitrógeno y calcio soluble, además es muy higroscópico. El nitrato de sodio es una buena fuente de nitrógeno pero el sodio que entra en la solución solo va a incrementar el contenido de sales sin contribuir a la nutrición de las plantas. El nitrato de amonio aunque contiene iones de nitrato y amonio no se recomienda su uso como fuente exclusiva de nitrógeno ya que la proporción de nitratos es elevada. El sulfato de amonio es muy barato y fácil de conseguir puede proporcionar la cantidad necesaria de amonio en la solución, acidifica la solución y proporciona también parte del azufre necesario. El fosfato monoamónico (11-48-0) y fosfato diamónico (18-46-0) aunque se utiliza como fuente de fósforo es un buen complemento de nitrógeno en forma amoniacal. La urea es utilizada principalmente en la producción de forrajes en hidroponía (Marulanda, 1992; Barrios, 2004). Fósforo (P): Es asimilable por las plantas como ión fosfato (PO_4^{3-}). Sus principales fuentes son superfosfato de calcio que es barato y fácil de conseguir, contiene calcio, azufre y varios microelementos como impurezas, pero es de baja solubilidad (difícil de disolver). El superfosfato de calcio triple contiene más fósforo que el superfosfato simple, pero, menos impurezas, su precio es más elevado y siempre difícil de disolver. El fosfato de amonio y fosfato diamónico son más fáciles de disolver que el fosfato de calcio simple y el 19 como fuente suplementaria, porque eleva el contenido de cloro en la solución (Castañeda,

1997; Barrios, 2004). Azufre (S): Utilizado por las plantas en forma de sulfatos (SO_4)=. Las plantas presentan límites de tolerancia amplia para el azufre, por lo tanto, no se contabiliza al hacer la solución nutritiva casi nunca se contabiliza pues se considera que siempre queda dentro de los límites adecuados. Sus principales fuentes son sulfato de magnesio, sulfato de potasio y superfosfato (Marulanda, 1992; Castañeda, 1997; Barrios, 2004). Magnesio (Mg): Sus principales fuentes son sulfato de magnesio, es usado exclusivamente en hidroponía como fuente de magnesio debido a su solubilidad, bajo costo y accesibilidad. El nitrato de magnesio es más caro y difícil de conseguir en el mercado que el sulfato de magnesio (Marulanda, 1992; Barrios, 2004). Hierro (Fe): Tiene tres fuentes principales: sulfato ferroso donde la solución debe tener un pH menor de seis para disolver bien. Es la fuente más barata de hierro. El cloruro férrico, es más caro que el sulfato ferroso y difícil de conseguir. Los quelatos proporcionan hierro asimilable por períodos de tiempo más largos que el sulfato ferroso y previenen la precipitación de fósforo, su precio es elevado (Castañeda, 1997; Barrios, 2004). Manganeso (Mn): En la solución nutritiva, es proporcionado como sulfato, cloruro o quelatos de manganeso (Castañeda, 1997; Barrios, 2004). Boro (B): Se asimila como borato (BO_3)- y sus principales fuentes son el ácido bórico, y el bórax (tetraborato de sodio) (Castañeda, 1997; Barrios, 2004). Cobre (Cu): Sus principales fuentes son el sulfato y cloruro de cobre. Zinc (Zn): Se aporta a la solución como sulfato o cloruro de zinc. Molibdeno (Mo): Es requerido en pequeñas cantidades, se encuentra como impurezas en otros fertilizantes y por lo tanto no requiere de fuente adicional (Marulanda, 1992; Barrios, 2004).

2.9.2 Deficiencias y Toxicidad.

Una deficiencia o toxicidad es causada por un desorden fisiológico en la planta; la deficiencia se produce cuando uno de los elementos esenciales

no se encuentra en cantidades fisiológicamente suficientes y, la toxicidad, cuando se encuentra en cantidades mayores a las requeridas. La deficiencia o toxicidad produce síntomas que se pueden observar en los diferentes órganos de las plantas (hojas, tallos, raíces, frutos, etc.). Los síntomas son más o menos específicos para cada elemento, aunque algunas veces es difícil distinguir las diferencias. Además, todas las plantas no muestran el mismo síntoma para una deficiencia o toxicidad (Ávila y Valdivia, 2004).

Tabla 2: Síntomas de deficiencia y toxicidad de los elementos esenciales.

Elemento	Deficiencia	Toxicidad
Nitrógeno	Se reduce el crecimiento, las plantas generalmente se vuelven cloróticas especialmente las hojas más viejas. Las hojas más jóvenes permanecen verdes más tiempo. El tallo, los pecíolos y las superficies de las hojas del maíz y del tomate pueden volverse purpúreas.	Las plantas toman un color verde oscuro, con follaje abundante, pero a menudo con un sistema muy reducido de raíces. Las papas solo forman pequeños tubérculos y se retarda en la producción de flores y semillas
Fósforo	Las plantas suelen detener su desarrollo y a menudo toman un color verde oscuro. Existe una acumulación de pigmentos de antocianina. Los síntomas de deficiencia aparecen primero en las hojas maduras. A menudo se retrasa el desarrollo de la planta	Al principio no se muestra sintomatología; algunas veces, la deficiencia de cobre o zinc ocurre ante un exceso de fósforo
Potasio	Los síntomas son primeros visibles en las hojas más viejas. En las dicotiledóneas, estas hojas se vuelven inicialmente cloróticas, pero pronto aparecen lesiones necróticas esparcidas por toda su superficie. En muchas monocotiledóneas, los vértices y márgenes de las hojas se secan rápidamente	Normalmente no existe demasiada absorción de este elemento por las plantas. El exceso de potasio puede causar deficiencia de magnesio y posiblemente deficiencias de manganeso, zinc o hierro
Calcio	El desarrollo de los tallos suele quedar inhibido y los extremos de las raíces pueden morir. Las plantas jóvenes se ven afectadas antes que las más viejas, volviéndose irregulares y pequeñas, con márgenes del mismo tipo y moteado de las zonas necróticas	No existen síntomas visibles. Normalmente suele estar asociado con un exceso de carbonatos.
	Aparece una clorosis entre nervaduras de las hojas,	Existe poca información sobre los síntomas visual

Magnesio	desarrollándose en primer lugar, en las más viejas. La clorosis puede empezar en los márgenes de las hojas o en los vértices y progresar hacia su parte interna.	
Azufre	No suele encontrarse a menudo. Generalmente aparece un amarillamiento de las hojas, que suele ser visible, en primer lugar, en las hojas más jóvenes.	Existe una reducción en el crecimiento y tamaño de las hojas (estos síntomas a menudo son difíciles de observar en las hojas). Algunas veces, las zonas entre los nervios se vuelven amarillas y acaban por secarse.
Cloro	Hojas marchitas que posteriormente se vuelven cloróticas y necróticas; algunas veces aparece un color bronceado. El desarrollo de la raíz es pobre y esta engrosada en los extremos	Quemado de los bordes y extremos de las hojas y el desarrollo general es muy bajo.
Hierro	Aparece una clorosis entre las nervaduras muy pronunciadas, parecidas a la causada por la deficiencia de magnesio, con la diferencia de estar situada entre las más jóvenes	En las condiciones naturales no se evidencia a menudo. Después de pulverizaciones aparecen algunas veces puntos necróticos
Manganeso	Los síntomas iniciales a menudo son una clorosis de la zona entre las nervaduras de las hojas, tanto en jóvenes como viejas, según la especie. Posteriormente, pueden aparecer lesiones necróticas y caída de las hojas.	A veces aparece clorosis, existiendo una distribución irregular de la clorofila. Reducción en el crecimiento
Boro	Los síntomas varían según la especie. A menudo suelen morir los tallos y los meristemos apicales de la raíz. Los vértices de las raíces a menudo se ven descoloridos y se hinchan. Los tejidos suelen desintegrarse. Las hojas muestran síntomas variados, incluyendo el engrosamiento, brillantez, rizado, marchites y moteado clorótico.	Amarillamiento del vértice de las hojas es seguido por una necrosis progresiva de estas desde la zona basal hasta los márgenes y vértices.
Cobre	Esta deficiencia es rara en forma natural. Las hojas más jóvenes se vuelven comúnmente de color verde oscuro y se enrollan, frecuentemente aparece un moteado necrótico.	Desarrollo reducido seguido por síntomas de clorosis férrica. Acaparamiento, se reduce la formación de las ramas, engrosamiento anormal de la zona de las raíces.
Zinc	Reducción de la longitud de los entrenudos y del tamaño de las hojas. Los bordes de las hojas se distorsionan. Algunas veces aparece una clorosis entre las nervaduras	Se observa raramente. El exceso de zinc produce clorosis férrica en las plantas.
Molibdeno	A menudo se desarrolla una clorosis entre las nervaduras, primero en las hojas más viejas. A	Se observa raramente. Las hojas de tomate se vuelven amarillo rosado.

	veces las hojas se ahuecan con quemaduras en sus bordes.	
--	--	--

FUENTE: Ávila y Valdivia, 2004.

2.2.2. Hidroponía de cultivos.

Sistema de cultivo que no utiliza ningún anclaje sólido para instalar y sustentar el aparato radical, y por tanto se desarrollan totalmente e la propia solución nutritiva. El nombre de cultivo en agua puede inducir a error o ser equívoco, debido a que, si queremos hacer un cultivo correcto, siempre las raíces deben crecer con o en una solución nutritiva adecuada a tipo de cultivo y a las circunstancias medioambientales.

Cultivos sin suelo, etimología proviene de dos voces griegas. *Hidro*: agua, *pono*: labor, trabajo, esfuerzo (Miguel Urrestarazu Gavilán, 2015: Manual Práctico del Cultivo sin Suelo)

2.2.3. Invernadero.

Invernadero (o invernáculo) es un lugar cerrado, estático y accesible a pie que se destina a la horticultura, dotado habitualmente de una cubierta exterior translúcida de vidrio o de plástico, que permite el control de la temperatura, de la humedad y de otros factores ambientales, que se utiliza para favorecer el desarrollo de las plantas.

2.2.4. Cultivos forzados.

Cultivo en invernadero, aumentar beneficios, control de cultivos, polinizadores, mejorar condiciones, aumentar ganancias, microclima, producción agrícola, polinización. Cuando se desea aumentar la producción agrícola o impulsarla aún más, es cuando se debe implementar un cultivo forzado.

2.3. Definición de términos.

- **Invernadero:**

Es una construcción agrícola de estructura metálica, usada para el cultivo y/o protección de plantas, con cubierta de película plástica traslúcida que no permite el paso de la lluvia al interior y que tiene por objetivo reproducir o simular las condiciones climáticas más adecuadas para el crecimiento y desarrollo de las plantas cultivadas establecidas en su interior, con cierta independencia del medio exterior y cuyas dimensiones posibilitan el trabajo de las personas en el interior. Los invernaderos pueden contar con un cerramiento total de plástico en la parte superior y malla en los laterales.

- **Temperatura en invernaderos**

La temperatura idónea en invernadero varía en función del cultivo y sus estadios, o etapas de desarrollo en las que se encuentre. Generalmente, la temperatura mínima requerida para las plantas de invernadero es de 10-15°C, mientras que 30°C podría ser la Temperatura máxima. Una variación o diferencia de temperatura de 5 – 7°C entre las temperaturas diurnas y nocturnas suele resultar beneficiosa para las plantas. La temperatura del suelo es incluso más importante que la temperatura del aire en un invernadero (Temperatura del suelo por debajo de 7°C, las raíces crecen más despacio y no absorben fácilmente el agua ni los nutrientes). Se debe conseguir un suelo templado, para que las semillas germinen y para se desarrollen los esquejes de raíces. La temperatura ideal para la germinación de la mayoría de las semillas es 18-25°C. Una diferencia de 5-7°C entre las temperaturas diurnas y nocturnas suele resultar beneficiosa para las plantas

Caudal de agua: En dinámica de fluidos, caudal es la cantidad de fluido que circula a través de una sección del ducto (tubería, cañería,

oleoducto, río, canal) por unidad de tiempo. Normalmente se identifica con el flujo volumétrico o volumen que pasa por un área dada en la unidad de tiempo. Menos frecuentemente, se identifica con el flujo másico o masa que pasa por un área dada en la unidad de tiempo

- **Intervalo:**

Porción de tiempo o de espacio que hay entre dos hechos o dos cosas, generalmente de la misma naturaleza. Porción de tiempo o de espacio cuya extensión se expresa y en la cual sucede o se da una cosa.

- **Frecuencia:**

Es una magnitud que mide el número de repeticiones por unidad de tiempo de cualquier fenómeno o suceso periódico. Para calcular la frecuencia de un suceso, se contabilizan un número de ocurrencias de éste, teniendo en cuenta un intervalo temporal, y luego estas repeticiones se dividen por el tiempo transcurrido

- **Hidroponía:**

Método de cultivo industrial de plantas que en lugar de tierra utiliza únicamente soluciones acuosas con nutrientes químicos disueltos, o con sustratos estériles (arena, grava, vidrio molido...) como soporte de la raíz de las plantas. "la hidroponía resulta rentable por la escasa cantidad de nutrientes que se necesitan, y es muy útil en zonas especialmente áridas".

- **Cultivo forzado:**

Cultivo en invernadero, aumentar beneficios, control de cultivos, polinizadores, mejorar condiciones, aumentar ganancias, microclima, producción agrícola, polinización. Cuando se desea aumentar la producción agrícola o impulsarla aún más, es cuando se debe implementar un cultivo forzado.

- **Costo de producción:**

Los costos de producción son estimaciones monetarias de todos los gastos que se han hecho dentro de la empresa, para la elaboración de un bien. Estos gastos abarcan todo lo referente a la mano de obra, los costos de los materiales, así como todos los gastos indirectos que de alguna manera contribuyen a la fabricación de un bien,

I. BIENES					
1.1. EQUIPOS		Unidad medida	Cantidad	Costo Individual	Costo Parcial S/.
1.1.1	Manómetro de 3 bar	Unidad	1	50	50
1.1.2	Cámara fotográfica	Unidad	1	800	800
1.1.3	Electrobomba periférica de 0.5 HP	Unidad	4	200	800
1.1.4	Timer de 6 puntos	Unidad	2	250	500
1.1.5	Taladro eléctrico	Unidad	1	100	100
1.1.6	Peachímetro	Unidad	1	500	500
1.1.7	Conductivímetro	Unidad	1	500	500
1.1.8	Medidor de energía eléctrica	Unidad	4	80	320
SUB TOTAL					3570
1.2. MATERIALES CONSTRUCCION					
1.2.1	Varilla de acero 1/2 "	Unidad	4	27	108
1.2.2.	Varilla de acero 3/4 "	Unidad	2	18	36
1.2.3.	Tubos PVC 3"	Unidad	10	15	150
1.2.4.	Tapa PVC 3"	Unidad	40	3	120
1.2.5.	Manguera polietileno 16 mm	M	15	1	15
1.2.6.	Bidón de 80 lt	Unidad	1	40	40
1.2.7.	Electrodo soldadura	Kg	2	15	30
1.2.8.	Tapones 16 mm	Unidad	8	1.5	12
1.2.9.	Abrazaderas metálicas 16 mm	Unidad	10	1.5	15
1.2.10.	T polietileno 16 mm	Unidad	6	1.5	9
1.2.11.	Juego brocas tipo copa	Unidad	1	60	60
1.2.12.	Pegamento PVC 1/8 gl	Unidad	1	12	12
1.2.13.	Codos de luz 1/2 "	Unidad	20	0.2	4
1.2.14.	Micro tubos de 5 mm	M	10	0.5	5
1.2.15.	Bandeja almaciguera	Unidad	4	10	40
1.2.16.	Tecnoport de 1" espesor	Plancha	1	20	20
1.2.17.	Regadera	Unidad	1	20	20
1.2.18	Plástico negro de 1mm	ML	2	3	6

1.2.19.	Codo polietileno 16 mm	Unidad	6	1	6
SUB TOTAL					708
1.3. INSUMOS AGRICOLAS					
1.3.1.	Semillas de lechuga Var. Luanna	Sobre	1	8	8
1.3.2.	Arena lavada 3 a 5 mm	M 3	0.5	30	15
1.3.3.	Macro y micro nutrientes	Lt	2	20	40
SUB TOTAL					63
1.4. MATERIALES ESCRITORIO					
1.4.1.	Papel bond A-4	Millar	0.5	25	12.5
1.4.2.	Portaminas	Unidad	4	4	16
1.4.3.	Cuaderno tamaño oficio	Unidad	4	8	32
1.4.4.	Lapicero	Unidad	4	2	8
SUB TOTAL					68.5
1.5. OTROS MATERIALES					
1.5.1.	Lupa agronómica	Unidad	2	35	70
1.5.2.	Termómetro de máxima y mínima	Unidad	1	300	300
1.5.3.	Balde de 15 lt con medidor volumen	Unidad	2	20	40
SUB TOTAL					410
2. SERVICIOS					
2.1.	Espiralado	Unidad	6	3	18
2.2.	Impresión	Unidad	1000	0.1	100
2.3.	Impresión fotografía	Unidad	20	1.5	30
SUB TOTAL					148
COSTO TOTAL S/.					4967.5

- **Productividad:**

La productividad es un concepto que describe la capacidad o el nivel de producción por unidad de superficies de tierras cultivadas, de trabajo o de equipos industriales. De acuerdo a la perspectiva con la que se analice este término puede hacer referencia a diversas cosas.

- **PH:**

Coficiente que indica el grado de acidez o basicidad de una solución acuosa. "el pH neutro es 7: si el número es mayor, la solución, es básica, y si es menor, es ácida" Es una unidad de medida de alcalinidad o acidez de una solución, más específicamente el pH mide la cantidad de iones

de hidrógeno que contiene una solución determinada, el significado de su sigla es, potencial de hidrogeniones, el pH se ha convertido en una forma práctica de manejar cifras de alcalinidad, en lugar de otros métodos un poco más complicados.

- **Conductividad eléctrica:**

La conductividad eléctrica es la capacidad que tiene una sustancia o material para permitir el paso de corriente eléctrica a través de sí, es decir, de transportar electrones. Es lo contrario a la resistencia eléctrica

2.4. Hipótesis.

Hi: Las diferentes frecuencias de riego realizados por bombeo periférico en la producción hidropónica de lechuga (*Lactuca sativa* L.) tiene efectos positivos en el incremento de la producción y disminución del costo de producción.

Ho: Las diferentes frecuencias de riego realizados por bombeo periférico en la producción hidropónica de lechuga (*Lactuca sativa* L.) no tiene efectos positivos en el incremento de la producción y disminución del costo de producción.

2.5. Variables.

2.5.1. Variable independiente:

- Frecuencias de riego por bombeo

2.5.2. Variable dependiente:

- Efectos en la producción hidropónica de lechuga

Indicadores:

- Longitud de raíz
- Altura de planta
- Peso fresco
- Número de hojas
- Nivel de oxígeno en agua
- Contenido de sólidos solubles
- Costo de producción
- Rentabilidad
- Consumo de agua por campaña
- Tiempo de producción de lechuga
- Consumo de energía eléctrica

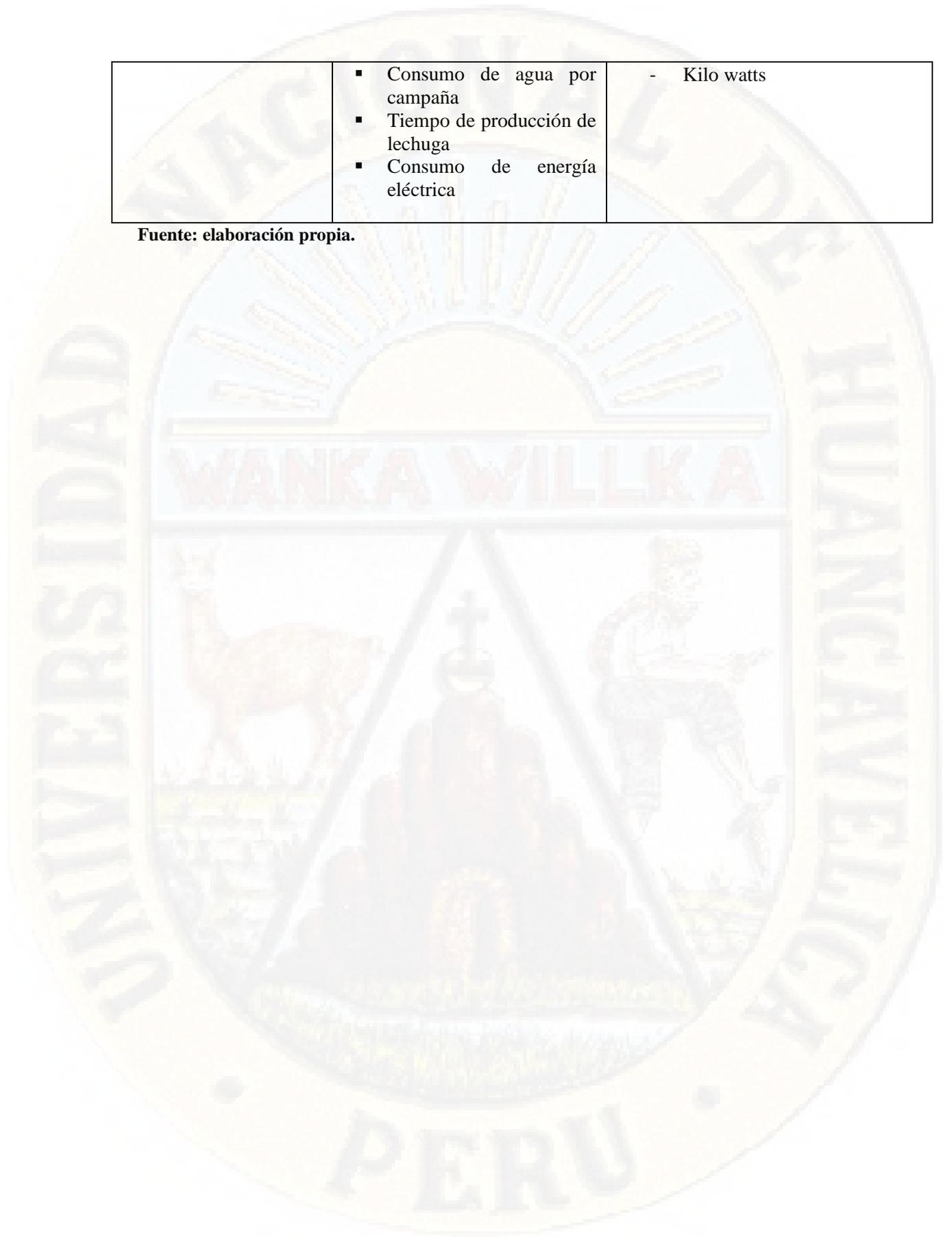
2.6. Operacionalización de variables.

Tabla 3: Operacionalización de las variables.

Variabes	Definición operativa	Indicadores/ unidad medida
➤ X: Frecuencias de riego por bombeo	Número de riegos efectuados por bombeo a nivel de los canales de cultivo del sistema hidropónico	<ul style="list-style-type: none">- Frecuencia de 30 minutos- Frecuencia de 60 minutos- Frecuencia de 120 minutos- Frecuencia de 180 minutos
➤ Y: Efectos en la producción hidropónica de lechuga	Efectos en: <ul style="list-style-type: none">▪ Longitud de raíz cada 7 DDT▪ Altura de planta▪ Peso fresco▪ Número de hojas▪ Nivel de oxígeno en agua▪ Contenido de sólidos solubles▪ Costo de producción▪ Rentabilidad▪ Caudal de circulación de agua	<ul style="list-style-type: none">- Centímetro de longitud- Contada- Centímetro- Gramos por planta- Contada- OD- Soles por planta- Índice rentabilidad- Litros por planta- Días

	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Consumo de agua por campaña ▪ Tiempo de producción de lechuga ▪ Consumo de energía eléctrica 	- Kilo watts
--	--	--------------

Fuente: elaboración propia.



CAPÍTULO III

3. Metodología de la investigación.

3.1. Ámbito temporal y espacial.

El trabajo de investigación se ejecutó en:

3.1.1. Ubicación política.

- Región : Huancavelica
- Departamento : Huancavelica
- Provincia : Acobamba
- Distrito : Acobamba
- Lugar : Común Era
- Ambiente : Invernadero de Cultivos hidropónicos y plantas ornamentales de la Facultad de Ciencias Agrarias – UNH.

3.1.2. Ubicación geográfica.

- Altitud : 3436 m.s.n.m.
- Latitud Sur : 12° 49' 27"
- Longitud Oeste : 74° 16' 75"

Fuente: SENAMHI Acobamba 2018

3.1.3. Factores Climáticos.

- Temperatura Promedio : 12 °C
- Humedad relativa : 60%
- Precipitación promedio anual : 750mm.

Fuente: SENAMHI Acobamba 2018.

3.2. Tipo de investigación.

El presente trabajo de investigación es aplicado.

3.3. Nivel de investigación.

El presente trabajo de investigación es experimental.

3.4. Población, muestra y muestreo.

3.4.1. Población.

- La población estuvo compuesto por 375 plantas de lechuga.

3.4.2. Muestra.

- El tamaño de la muestra fue de 03 plantas por unidad experimental.

3.4.3. Muestreo.

La elección de las plantas para realizar las mediciones de los datos en función de las variables de estudio se realizó al azar empleando para ello el sistema de balotas, para el cual se asignó un número a cada planta.

3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.

Las técnicas e instrumentos que se utilizaron en la recolección de datos para cada variable de estudio fueron:

3.5.1. Prendimiento de plántulas.

La siembra se realizó el 28/06/2019, la semilla de Lechuga variedad luanna fueron sembradas en una bandeja.



Figura 2: prendimiento de plántulas

Las semillas fueron colocadas dentro de la bandeja y regadas con agua, el conteo de germinación fue del 98% germinación de las plántulas.

3.5.2. Longitud de raíz.

Se realizó a los 07, 15, 23, 31 y 40 DDP, se seleccionó 3 lechuga por el sistema de balotas, para el cual se asignará un número a cada planta. por cada tratamiento y se midió desde la base inferior de la

planta (cuello) hasta el ápice del sistema radicular; las unidades se expresaron en cm.



Figura 3: longitud de raíz.

3.5.3. Altura de planta.

Se realizó a los 07, 15, 23, 31 y 40 DDP, se utilizaron las mismas plantas seleccionadas para la medición de la longitud de raíz; se procedió con la evaluación midiendo desde la base inferior de la planta (cuello) hasta la parte superior de la lechuga, ésta medida se expresó en cm.



Figura 4: Altura de planta.

3.5.4. Peso fresco.

se realizó a los 07, 15, 23, 31 y 40 DDP, utilizando las mismas plantas seleccionadas para la medición de la altura de planta se procedió con la evaluación pesando cada lechuga con una balanza electrónica de 1 g de precisión. Las medidas se promediaron entre las repeticiones del tratamiento evaluado.



Figura 5: peso fresco.

3.5.5. Número de hojas.

Se realizó a los 07, 15, 23, 31 y 40 DDP, luego de determinar el peso fresco de las plantas se procedió a contabilizar las hojas de las lechugas considerando solo a las que midan más de 6 cm de ancho y 6 cm de largo.

Diámetro de lechuga

Se realizó en el momento de la cosecha, haciendo uso de las plantas ya evaluadas en peso fresco, se midió con una cinta métrica y ésta medida se expresó en cm.

3.5.6. Consumo de agua por campaña.

El consumo de agua con la frecuencia de riego de tiempos de 90 y 120 minutos, con nutrientes fue de 61 y 66 litros de agua, mientras que en los tratamientos de frecuencia de riego de 30 y 60 minutos fueron de 47 y 52 litros

3.5.7. Consumo de energía eléctrica.

El consumo de energía por cada día fue 6 horas por motor de 0.37kw, por lo que la tasa tarifaria BT5B- residencial es de S/ 0.9132 nuevos soles. Teniendo un monto de S/60.82 nuevos soles.

3.6. Técnicas y procesamiento de análisis de datos.

Los datos registrados se tabularon y fueron analizados con análisis de varianza, asimismo se sometieron a la prueba de comparación de medias por tukey, para el cual se utilizó el software estadístico SPSS. Los resultados se presentan cuadros y en gráficos para una mejor interpretación.

CAPÍTULO IV

4. RESULTADOS Y DISCUSION

4.1. Resultados.

4.1.1. Altura de Planta.

A. Altura de planta a los 7 días después de la plantación

Tabla 4: Análisis de Varianza de Altura de Planta a los 7 DDP ANOVA.

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	7.583	3	2.528	7.583	.010
Within Groups	2.667	8	.333		
Total	10.250	11			

En el análisis de varianza se observa que el valor de la significación es menor a 0.05, razón por el cual se afirma que los tratamientos tuvieron comportamientos diferentes estadísticamente para la variable de altura de planta. Tab N° 04: Prueba de comparación múltiple de Tukey para la altura de planta a los 7 DDP.

Múltiple Comparisons

Tabla 5: Altura de Planta 7DDP Tukey HSD

(I) Frecuencia de Riego	(J) Frecuencia de Riego	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
		Lower Bound	Upper Bound	Lower Bound	Upper Bound	Lower Bound
Frecuencia de 30 Minutos	Frecuencia de 60 minutos	-.66667	.47140	.525	-2.1763	.8429
	Frecuencia de 90 minutos	1.66667(*)	.47140	.031	-3.1763	-.1571
	Frecuencia de 120 minutos	2.00000(*)	.47140	.012	-3.5096	-.4904
Frecuencia de 60 minutos	Frecuencia de 30 Minutos	.66667	.47140	.525	-.8429	2.1763
	Frecuencia de 90 minutos	-1.00000	.47140	.225	-2.5096	.5096
	Frecuencia de 120 minutos	-1.33333	.47140	.085	-2.8429	.1763
Frecuencia de 90 minutos	Frecuencia de 30 Minutos	1.66667(*)	.47140	.031	.1571	3.1763
	Frecuencia de 60 minutos	1.00000	.47140	.225	-.5096	2.5096
	Frecuencia de 120 minutos	-.33333	.47140	.892	-1.8429	1.1763
Frecuencia de 120 minutos	Frecuencia de 30 Minutos	2.00000(*)	.47140	.012	.4904	3.5096
	Frecuencia de 60 minutos	1.33333	.47140	.085	-.1763	2.8429
	Frecuencia de 90 minutos	.33333	.47140	.892	-1.1763	1.8429

* The mean difference is significant at the .05 level.

Tabla 6: Amplitud estudiantizada de Tukey para la variable Altura de Planta a los 7 DDP

Frecuencia de Riego	N	Subset for alpha = .05	
		2	1
	1		
Frecuencia de 30 Minutos	3	6.6667	
Frecuencia de 60 minutos	3	7.3333	7.3333
Frecuencia de 90 minutos	3		8.3333
Frecuencia de 120 minutos	3		8.6667
Sig.	.525	.085	

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

De acuerdo al método de Tukey, para la altura de planta a los 7 días después de la plantación los tratamientos de Frecuencia de riego de 90 y 120 minutos presentan tamaños similares y

constituyen la categoría superior, y los tratamientos de frecuencia de riego de 30 y 60 minutos de tamaños similares, forman parte de la categoría inferior.

B. Altura de planta a los 15 días después de la plantación

Tabla 7: Análisis de Varianza de Altura de Planta a los 15 DDP ANOVA

	Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	6.000	3	2.000	8.000	.009
Within Groups	2.000	8	.250		
Total	8.000	11			

En el análisis de varianza se observa que el valor de la significación es menor a 0.05, razón por el cual se afirma que los tratamientos tuvieron comportamientos diferentes estadísticamente para la variable de altura de planta.

Tabla 8: Prueba de comparación múltiple de Tukey para la altura de planta a los 15 DDP

(I) Frecuencia de Riego	(J) Frecuencia de Riego	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
		Lower Bound	Upper Bound	Lower Bound	Upper Bound	Lower Bound
Frecuencia de 30 Minutos	Frecuencia de 60 minutos	.00000	.40825	1.000	-1.3074	1.3074
	Frecuencia de 90 minutos	-1.00000	.40825	.144	-2.3074	.3074
	Frecuencia de 120 minutos	-1.66667(*)	.40825	.015	-2.9740	-.3593
Frecuencia de 60 minutos	Frecuencia de 30 Minutos	.00000	.40825	1.000	-1.3074	1.3074
	Frecuencia de 90 minutos	-1.00000	.40825	.144	-2.3074	.3074
	Frecuencia de 120 minutos	-1.66667(*)	.40825	.015	-2.9740	-.3593
Frecuencia de 90 minutos	Frecuencia de 30 Minutos	1.00000	.40825	.144	-.3074	2.3074
	Frecuencia de 60 minutos	1.00000	.40825	.144	-.3074	2.3074
	Frecuencia de 120 minutos	-.66667	.40825	.414	-1.9740	.6407
	Frecuencia de 30 Minutos	1.66667(*)	.40825	.015	.3593	2.9740

Frecuencia de 120 minutos	Frecuencia de 60 minutos	1.66667(*)	.40825	.015	.3593	2.9740
	Frecuencia de 90 minutos	.66667	.40825	.414	-.6407	1.9740

* The mean difference is significant at the .05 level.

Tabla 9: Amplitud estudiantizada de Tukey para la variable Altura de Planta a los 15 DDP

Frecuencia de Riego	N	Subset for alpha = .05	
	1	2	1
Frecuencia de 30 Minutos	3	10.3333	
Frecuencia de 60 minutos	3	10.3333	
Frecuencia de 90 minutos	3	11.3333	11.3333
Frecuencia de 120 minutos	3		12.0000
Sig.	.144	.414	

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

De acuerdo al método de Tukey, para la altura de planta a los 15 días después de la plantación los tratamientos de Frecuencia de riego de 90 y 120 minutos presentan tamaños similares y forma parte de la categoría superior, y los tratamientos de frecuencia de riego de 30 y 60 minutos de tamaños similares, forman parte de la categoría inferior.

C. Altura de planta a los 23 días después de la plantación

Tabla 10: Análisis de Varianza de Altura de Planta a los 23 DDP ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	19.583	3	6.528	19.583	.000
Within Groups	2.667	8	.333		
Total	22.250	11			

En el análisis de varianza se observa que el valor de la significación es menor a 0.05, razón por el cual se afirma que los tratamientos tuvieron comportamientos diferentes estadísticamente para la variable de altura de planta.

Tabla 11: Prueba de comparación múltiple de Tukey para la altura de planta a los 23 DDP

(I) Frecuencia de Riego	(J) Frecuencia de Riego	Mean Differenc e (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
		Lower Bound	Upper Bound	Lower Bound	Upper Bound	Lower Bound
Frecuencia de 30 Minutos	Frecuencia de 60 minutos	-.66667	.47140	.525	-2.1763	.8429
	Frecuencia de 90 minutos	- 2.66667(*))	.47140	.002	-4.1763	-1.1571
	Frecuencia de 120 minutos	- 3.00000(*))	.47140	.001	-4.5096	-1.4904
Frecuencia de 60 minutos	Frecuencia de 30 Minutos	.66667	.47140	.525	-.8429	2.1763
	Frecuencia de 90 minutos	- 2.00000(*))	.47140	.012	-3.5096	-.4904
	Frecuencia de 120 minutos	- 2.33333(*))	.47140	.005	-3.8429	-.8237
Frecuencia de 90 minutos	Frecuencia de 30 Minutos	2.66667(*))	.47140	.002	1.1571	4.1763
	Frecuencia de 60 minutos	2.00000(*))	.47140	.012	.4904	3.5096
	Frecuencia de 120 minutos	-.33333	.47140	.892	-1.8429	1.1763
Frecuencia de 120 minutos	Frecuencia de 30 Minutos	3.00000(*))	.47140	.001	1.4904	4.5096
	Frecuencia de 60 minutos	2.33333(*))	.47140	.005	.8237	3.8429
	Frecuencia de 90 minutos	.33333	.47140	.892	-1.1763	1.8429

* The mean difference is significant at the .05 level.

Tabla 12: Amplitud estudiantizada de Tukey para la variable Altura de Planta a los 23 DDP

Frecuencia de Riego	N	Subset for alpha = .05	
	1	2	1
Frecuencia de 30 Minutos	3	12.6667	
Frecuencia de 60 minutos	3	13.3333	
Frecuencia de 90 minutos	3		15.3333
Frecuencia de 120 minutos	3		15.6667
Sig.	.525	.892	

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

De acuerdo al método de Tukey, para la altura de planta a los 23 días después de la plantación los tratamientos de Frecuencia de riego de 90 y 120 minutos presentan tamaños similares y constituyen la categoría superior, y los tratamientos de frecuencia de riego de 30 y 60 minutos de tamaños similares, forman parte de la categoría inferior.

D. Altura de planta a los 31 días después de la plantación.

Tabla 13: Análisis de Varianza de Altura de Planta a los 31 DDP ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	21.667	3	7.222	14.444	.001
Within Groups	4.000	8	.500		
Total	25.667	11			

En el análisis de varianza se observa que el valor de la significación es menor a 0.05, razón por el cual se afirma que los tratamientos tuvieron comportamientos diferentes estadísticamente para la variable de altura de planta.

Tabla 14: Prueba de comparación múltiple de Tukey para la altura de planta a los 7 DDP

(I) Frecuencia de Riego	(J) Frecuencia de Riego	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
Frecuencia de 30 Minutos	Frecuencia de 60 minutos	-.33333	.57735	.936	-2.1822	1.5155
	Frecuencia de 90 minutos	2.66667(*)	.57735	.007	-4.5155	-.8178
	Frecuencia de 120 minutos	3.00000(*)	.57735	.004	-4.8489	-1.1511
Frecuencia de 60 minutos	Frecuencia de 30 Minutos	.33333	.57735	.936	-1.5155	2.1822
	Frecuencia de 90 minutos	2.33333(*)	.57735	.016	-4.1822	-.4845

	Frecuencia de 120 minutos	-2.66667(*)	.57735	.007	-4.5155	-.8178
Frecuencia de 90 minutos	Frecuencia de 30 Minutos	2.66667(*)	.57735	.007	.8178	4.5155
	Frecuencia de 60 minutos	2.33333(*)	.57735	.016	.4845	4.1822
	Frecuencia de 120 minutos	-.33333	.57735	.936	-2.1822	1.5155
Frecuencia de 120 minutos	Frecuencia de 30 Minutos	3.00000(*)	.57735	.004	1.1511	4.8489
	Frecuencia de 60 minutos	2.66667(*)	.57735	.007	.8178	4.5155
	Frecuencia de 90 minutos	.33333	.57735	.936	-1.5155	2.1822

* The mean difference is significant at the .05 level.

Tabla 15: Amplitud estudiantizada de Tukey para la variable Altura de Planta a los 31 DDP

Frecuencia de Riego	N	Subset for alpha = .05	
	1	2	1
Frecuencia de 30 Minutos	3	15.6667	
Frecuencia de 60 minutos	3	16.0000	
Frecuencia de 90 minutos	3		18.3333
Frecuencia de 120 minutos	3		18.6667
Sig.		.936	.936

Means for groups in homogeneous subsets are displayed. a Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

De acuerdo al método de Tukey, para la altura de planta a los 31 días después de la plantación los tratamientos de Frecuencia de riego de 90 y 120 minutos presentan tamaños similares y constituyen la categoría superior, y los tratamientos de frecuencia de riego de 30 y 60 minutos de tamaños similares, forman parte de la categoría inferior.

E. Altura de planta a los 40 días después de la plantación

Tabla 16: Análisis de Varianza de Altura de Planta a los 40 DDP ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	69.583	3	23.194	34.792	.000

Within Groups	5.333	8	.667		
Total	74.917	11			

En el análisis de varianza se observa que el valor de la significación es menor a 0.05, razón por el cual se afirma que los tratamientos tuvieron comportamientos diferentes estadísticamente para la variable de altura de planta.

Tabla 17: rueba de comparación múltiple de Tukey para la altura de planta a los 40 DDP

(I) Frecuencia de Riego	(J) Frecuencia de Riego	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
		Lower Bound	Upper Bound	Lower Bound	Upper Bound	Lower Bound
Frecuencia de 30 Minutos	Frecuencia de 60 minutos	-.66667	.66667	.754	-2.8016	1.4682
	Frecuencia de 90 minutos	- 3.66667(*)	.66667	.003	-5.8016	-1.5318
	Frecuencia de 120 minutos	- 6.00000(*)	.66667	.000	-8.1349	-3.8651
Frecuencia de 60 minutos	Frecuencia de 30 Minutos	.66667	.66667	.754	-1.4682	2.8016
	Frecuencia de 90 minutos	- 3.00000(*)	.66667	.009	-5.1349	-.8651
	Frecuencia de 120 minutos	- 5.33333(*)	.66667	.000	-7.4682	-3.1984
Frecuencia de 90 minutos	Frecuencia de 30 Minutos	3.66667(*)	.66667	.003	1.5318	5.8016
	Frecuencia de 60 minutos	3.00000(*)	.66667	.009	.8651	5.1349
	Frecuencia de 120 minutos	- 2.33333(*)	.66667	.033	-4.4682	-.1984
Frecuencia de 120 minutos	Frecuencia de 30 Minutos	6.00000(*)	.66667	.000	3.8651	8.1349
	Frecuencia de 60 minutos	5.33333(*)	.66667	.000	3.1984	7.4682
	Frecuencia de 90 minutos	2.33333(*)	.66667	.033	.1984	4.4682

* The mean difference is significant at the .05 level.

Tabla 18 : Amplitud estudiantizada de Tukey para la variable Altura de Planta a los 40 DDP

Frecuencia de Riego	N	Subset for alpha = .05		
	1	2	3	1
Frecuencia de 30 Minutos	3	18.3333		
Frecuencia de 60 minutos	3	19.0000		
Frecuencia de 90 minutos	3		22.0000	
Frecuencia de 120 minutos	3			24.3333
Sig.		.754	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

De acuerdo al método de Tukey, para la altura de planta a los 40 días después de la plantación el tratamiento de Frecuencia de riego de 120 minutos presenta el tamaño mayor y forma parte de la categoría superior, el tratamiento Frecuencia de riego de 90 minutos constituye la categoría intermedia y los tratamientos de frecuencias de riego de 30 y 60 minutos de tamaños similares, forman parte de la categoría inferior.

4.1.2. Longitud de raíz.

A. Longitud de raíz a los 7 días después de la plantación

Tabla 19: Análisis de Varianza de Longitud de Raíz a los 7 DDP

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	1.667	3	.556	.833	.512
Within Groups	5.333	8	.667		
Total	7.000	11			

En el análisis de varianza se observa que el valor de la significación es mayor a 0.05, razón por el cual se afirma que los tratamientos tuvieron comportamientos similares

estadísticamente para la variable de longitud de raíz a los 7 días después de la plantación.

Tabla 20: Prueba de comparación múltiple de Tukey para la longitud de raíz a los 7 DDP

(I) Frecuencia de Riego	(J) Frecuencia de Riego	Mean Differenc e (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
		Lower Bound	Upper Bound	Lower Bound	Upper Bound	Lower Bound
Frecuencia de 30 Minutos	Frecuencia de 60 minutos	-.33333	.66667	.957	-2.4682	1.8016
	Frecuencia de 90 minutos	-.66667	.66667	.754	-2.8016	1.4682
	Frecuencia de 120 minutos	-1.00000	.66667	.480	-3.1349	1.1349
Frecuencia de 60 minutos	Frecuencia de 30 Minutos	.33333	.66667	.957	-1.8016	2.4682
	Frecuencia de 90 minutos	-.33333	.66667	.957	-2.4682	1.8016
	Frecuencia de 120 minutos	-.66667	.66667	.754	-2.8016	1.4682
Frecuencia de 90 minutos	Frecuencia de 30 Minutos	.66667	.66667	.754	-1.4682	2.8016
	Frecuencia de 60 minutos	.33333	.66667	.957	-1.8016	2.4682
	Frecuencia de 120 minutos	-.33333	.66667	.957	-2.4682	1.8016
Frecuencia de 120 minutos	Frecuencia de 30 Minutos	1.00000	.66667	.480	-1.1349	3.1349
	Frecuencia de 60 minutos	.66667	.66667	.754	-1.4682	2.8016
	Frecuencia de 90 minutos	.33333	.66667	.957	-1.8016	2.4682

Tabla 21: Amplitud estudiantizada de Tukey para la variable Longitud de Raíz a los 7 DDP

Frecuencia de Riego	N	Subset for alpha = .05
	1	1
Frecuencia de 30 Minutos	3	9.0000
Frecuencia de 60 minutos	3	9.3333
Frecuencia de 90 minutos	3	9.6667
Frecuencia de 120 minutos	3	10.0000
Sig.		.480

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

De acuerdo al método de Tukey, para la altura de planta a los 7 días después de la plantación se observa que todos los tratamientos de Frecuencia de riego: 30, 60, 90 y 120 minutos presentan tamaños similares.

B. Longitud de raíz a los 15 días después de la plantación

Tabla 22: Análisis de Varianza de Longitud de Raíz a los 15 DDP ANOVA

	Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	9.667	3	3.222	2.148	.172
Within Groups	12.000	8	1.500		
Total	21.667	11			

En el análisis de varianza se observa que el valor de la significación es mayor a 0.05, razón por el cual se afirma que los tratamientos tuvieron comportamientos similares estadísticamente para la variable de longitud de raíz a los 15 días después de la plantación.

Tabla 23: Prueba de comparación múltiple de Tukey para la longitud de raíz a los 15 DDP

(I) Frecuencia de Riego	(J) Frecuencia de Riego	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval		
		Lower Bound	Upper Bound	Lower Bound	Upper Bound	Lower Bound	
Frecuencia de 30 Minutos	Frecuencia de 60 minutos	-.33333	1.00000	.986	-3.5357	2.8690	
	Frecuencia de 90 minutos	-.66667	1.00000	.907	-3.8690	2.5357	
	Frecuencia de 120 minutos	-2.33333	1.00000	.169	-5.5357	.8690	
Frecuencia de 60 minutos	Frecuencia de 30 Minutos	.33333	1.00000	.986	-2.8690	3.5357	
	Frecuencia de 90 minutos	-.33333	1.00000	.986	-3.5357	2.8690	
	Frecuencia de 120 minutos	-2.00000	1.00000	.264	-5.2024	1.2024	
Frecuencia de 90 minutos	Frecuencia de 30 Minutos	.66667	1.00000	.907	-2.5357	3.8690	
	Frecuencia de 60 minutos	.33333	1.00000	.986	-2.8690	3.5357	

	Frecuencia de 120 minutos	-1.66667	1.00000	.398	-4.8690	1.5357
Frecuencia de 120 minutos	Frecuencia de 30 Minutos	2.33333	1.00000	.169	-.8690	5.5357
	Frecuencia de 60 minutos	2.00000	1.00000	.264	-1.2024	5.2024
	Frecuencia de 90 minutos	1.66667	1.00000	.398	-1.5357	4.8690

Tabla 24: Amplitud estudiantizada de Tukey para la variable Longitud de Raíz a los 15 DDP

Frecuencia de Riego	N	Subset for alpha = .05
	1	1
Frecuencia de 30 Minutos	3	15.3333
Frecuencia de 60 minutos	3	15.6667
Frecuencia de 90 minutos	3	16.0000
Frecuencia de 120 minutos	3	17.6667
Sig.		.169

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.
a Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

De acuerdo al método de Tukey, para la altura de planta a los 15 días después de la plantación se observa que todos los tratamientos de Frecuencia de riego: 30, 60, 90 y 120 minutos presentan tamaños similares.

C. Longitud de raíz a los 23 días después de la plantación

Tabla 25: Análisis de Varianza de Longitud de Raíz a los 23 DDP ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	38.917	3	12.972	12.972	.002
Within Groups	8.000	8	1.000		
Total	46.917	11			

En el análisis de varianza se observa que el valor de la significación es menor a 0.05, razón por el cual se afirma que los tratamientos tuvieron comportamientos diferentes

estadísticamente para la variable de longitud de raíz a los 23 días después de la plantación.

Tabla 26: Prueba de comparación múltiple de Tukey para la longitud de raíz a los 23 DDP

(I) Frecuencia de Riego	(J) Frecuencia de Riego	Mean Differenc e (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
					Upper Bound	Lower Bound
Frecuencia de 30 Minutos	Frecuencia de 60 minutos	-1.00000	.81650	.630	-3.6147	1.6147
	Frecuencia de 90 minutos	- 3.66667(*)	.81650	.009	-6.2814	-1.0520
	Frecuencia de 120 minutos	- 4.33333(*)	.81650	.003	-6.9480	-1.7186
Frecuencia de 60 minutos	Frecuencia de 30 Minutos	1.00000	.81650	.630	-1.6147	3.6147
	Frecuencia de 90 minutos	- 2.66667(*)	.81650	.046	-5.2814	-.0520
	Frecuencia de 120 minutos	- 3.33333(*)	.81650	.015	-5.9480	-.7186
Frecuencia de 90 minutos	Frecuencia de 30 Minutos	3.66667(*)	.81650	.009	1.0520	6.2814
	Frecuencia de 60 minutos	2.66667(*)	.81650	.046	.0520	5.2814
	Frecuencia de 120 minutos	-.66667	.81650	.845	-3.2814	1.9480
Frecuencia de 120 minutos	Frecuencia de 30 Minutos	4.33333(*)	.81650	.003	1.7186	6.9480
	Frecuencia de 60 minutos	3.33333(*)	.81650	.015	.7186	5.9480
	Frecuencia de 90 minutos	.66667	.81650	.845	-1.9480	3.2814

* The mean difference is significant at the .05 level.

Tabla 27: Amplitud estudiantizada de Tukey para la variable Longitud de Raíz a los 23 DDP

Frecuencia de Riego	N	Subset for alpha = .05	
		1	2
Frecuencia de 30 Minutos	3	19.3333	
Frecuencia de 60 minutos	3	20.3333	
Frecuencia de 90 minutos	3		23.0000

Frecuencia de 120 minutos	3		23.6667
Sig.		.630	.845

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

De acuerdo al método de Tukey, para la Longitud de Raíz a los 23 días después de la plantación se observa que los tratamientos de Frecuencia de riego: 90 y 120 minutos presentan tamaños similares y forman parte de la categoría superior, mientras que los tratamientos de frecuencias de riego: 30 y 60 minutos constituyen la categoría inferior.

D. Longitud de raíz a los 31 días después de la plantación

Tabla 28: Análisis de Varianza de Longitud de Raíz a los 31 DDP ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	70.917	3	23.639	18.911	.001
Within Groups	10.000	8	1.250		
Total	80.917	11			

En el análisis de varianza se observa que el valor de la significación es menor a 0.05, razón por el cual se afirma que los tratamientos tuvieron comportamientos diferentes estadísticamente para la variable de longitud de raíz a los 31 días después de la plantación.

Tabla 29: Prueba de comparación múltiple de Tukey para la longitud de raíz a los 31 DDP

(I) Frecuencia de Riego	(J) Frecuencia de Riego	Mean Differenc e (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
Frecuencia de 30 Minutos	Frecuencia de 60 minutos	-1.66667	.91287	.329	-4.5900	1.2567
	Frecuencia de 90 minutos	4.33333(*)	.91287	.006	-7.2567	-1.4100

	Frecuencia de 120 minutos	-6.33333(*)	.91287	.001	-9.2567	-3.4100
Frecuencia de 60 minutos	Frecuencia de 30 Minutos	1.66667	.91287	.329	-1.2567	4.5900
	Frecuencia de 90 minutos	-2.66667	.91287	.074	-5.5900	.2567
	Frecuencia de 120 minutos	-4.66667(*)	.91287	.004	-7.5900	-1.7433
Frecuencia de 90 minutos	Frecuencia de 30 Minutos	4.33333(*)	.91287	.006	1.4100	7.2567
	Frecuencia de 60 minutos	2.66667	.91287	.074	-.2567	5.5900
	Frecuencia de 120 minutos	-2.00000	.91287	.205	-4.9233	.9233
Frecuencia de 120 minutos	Frecuencia de 30 Minutos	6.33333(*)	.91287	.001	3.4100	9.2567
	Frecuencia de 60 minutos	4.66667(*)	.91287	.004	1.7433	7.5900
	Frecuencia de 90 minutos	2.00000	.91287	.205	-.9233	4.9233

* The mean difference is significant at the .05 level.

Tabla 30: mplitud estudiantizada de Tukey para la variable Longitud de Raíz a los 31 DDP

Frecuencia de Riego	N	Subset for alpha = .05			
		1	2	3	1
Frecuencia de 30 Minutos	3	23.3333			
Frecuencia de 60 minutos	3	25.0000	25.0000		
Frecuencia de 90 minutos	3			27.6667	27.6667
Frecuencia de 120 minutos	3				29.6667
Sig.			.329	.074	.205

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

De acuerdo al método de Tukey, para la Longitud de Raíz a los 31 días después de la plantación se observa que el tratamiento de Frecuencia de riego: 120 minutos forma parte de la categoría superior, mientras que los tratamientos de frecuencias de riego: 30 y 60 minutos constituyen la categoría inferior, asimismo, el tratamiento frecuencia de riego 90 minutos constituye la categoría intermedia.

E. Longitud de raíz a los 40 días después de la plantación

Tabla 31: Análisis de Varianza de Longitud de Raíz a los 40 DDP ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	56.250	3	18.750	18.750	.001
Within Groups	8.000	8	1.000		
Total	64.250	11			

En el análisis de varianza se observa que el valor de la significación es menor a 0.05, razón por el cual se afirma que los tratamientos tuvieron comportamientos diferentes estadísticamente para la variable de longitud de raíz a los 40 días después de la plantación.

Tabla 32: Prueba de comparación múltiple de Tukey para la longitud de raíz a los 40 DDP

(I) Frecuencia de Riego	(J) Frecuencia de Riego	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval		
					Lower Bound	Upper Bound	Lower Bound
		-1.00000	.81650	.630	-3.6147	1.6147	
Frecuencia de 30 Minutos	Frecuencia de 60 minutos						
	Frecuencia de 90 minutos	4.00000(*)	.81650	.005	-6.6147	-1.3853	
	Frecuencia de 120 minutos	5.33333(*)	.81650	.001	-7.9480	-2.7186	
Frecuencia de 60 minutos	Frecuencia de 30 Minutos	1.00000	.81650	.630	-1.6147	3.6147	
	Frecuencia de 90 minutos	3.00000(*)	.81650	.026	-5.6147	-.3853	
	Frecuencia de 120 minutos	4.33333(*)	.81650	.003	-6.9480	-1.7186	
Frecuencia de 90 minutos	Frecuencia de 30 Minutos	4.00000(*)	.81650	.005	1.3853	6.6147	
	Frecuencia de 60 minutos	3.00000(*)	.81650	.026	.3853	5.6147	
	Frecuencia de 120 minutos	-1.33333	.81650	.414	-3.9480	1.2814	
Frecuencia de 120 minutos	Frecuencia de 30 Minutos	5.33333(*)	.81650	.001	2.7186	7.9480	

	Frecuencia de 60 minutos	4.33333(*)	.81650	.003	1.7186	6.9480
	Frecuencia de 90 minutos	1.33333	.81650	.414	-1.2814	3.9480

* The mean difference is significant at the .05 level.

Tabla 33: Amplitud estudiantizada de Tukey para la variable Longitud de Raíz a los 40 DDP

Frecuencia de Riego	N	Subset for alpha = .05	
		1	2
Frecuencia de 30 Minutos	3	28.6667	
Frecuencia de 60 minutos	3	29.6667	
Frecuencia de 90 minutos	3		32.6667
Frecuencia de 120 minutos	3		34.0000
Sig.		.630	.414

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

De acuerdo al método de Tukey, para la Longitud de Raíz a los 40 días después de la plantación se observa que los tratamientos de Frecuencia de Riego: 90 y 120 minutos forman parte de la categoría superior, mientras que los tratamientos de frecuencias de riego: 30 y 60 minutos constituyen la categoría inferior.

4.1.3. Número de Hojas.

A. Número de hojas por planta a los 7 días después de la plantación

Tabla 34: Análisis de Varianza de Número de Hojas por Planta a los 7 DDP ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.250	3	.083	.250	.859
Within Groups	2.667	8	.333		
Total	2.917	11			

En el análisis de varianza se observa que el valor de la significación es mayor a 0.05, razón por el cual se afirma que los tratamientos tuvieron comportamientos similares

estadísticamente para la variable de Número de Hojas por Planta a los 7 días después de la plantación.

Tabla 35: Prueba de comparación múltiple de Tukey para el Número de Hojas por Planta a los 7 DDP

(I) Frecuencia de Riego	(J) Frecuencia de Riego	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
		Lower Bound	Upper Bound	Lower Bound	Upper Bound	Lower Bound
Frecuencia de 30 Minutos	Frecuencia de 60 minutos	.00000	.47140	1.000	-1.5096	1.5096
	Frecuencia de 90 minutos	.00000	.47140	1.000	-1.5096	1.5096
	Frecuencia de 120 minutos	-.33333	.47140	.892	-1.8429	1.1763
Frecuencia de 60 minutos	Frecuencia de 30 Minutos	.00000	.47140	1.000	-1.5096	1.5096
	Frecuencia de 90 minutos	.00000	.47140	1.000	-1.5096	1.5096
	Frecuencia de 120 minutos	-.33333	.47140	.892	-1.8429	1.1763
Frecuencia de 90 minutos	Frecuencia de 30 Minutos	.00000	.47140	1.000	-1.5096	1.5096
	Frecuencia de 60 minutos	.00000	.47140	1.000	-1.5096	1.5096
	Frecuencia de 120 minutos	-.33333	.47140	.892	-1.8429	1.1763
Frecuencia de 120 minutos	Frecuencia de 30 Minutos	.33333	.47140	.892	-1.1763	1.8429
	Frecuencia de 60 minutos	.33333	.47140	.892	-1.1763	1.8429
	Frecuencia de 90 minutos	.33333	.47140	.892	-1.1763	1.8429

Tabla 36: Amplitud estudiantizada de Tukey para la variable Número de Hojas Planta a los 7 DDP

Frecuencia de Riego	N	Subset for alpha = .05
	1	1
Frecuencia de 30 Minutos	3	5.3333
Frecuencia de 60 minutos	3	5.3333
Frecuencia de 90 minutos	3	5.3333
Frecuencia de 120 minutos	3	5.6667
Sig.		.892

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

De acuerdo al método de Tukey, para el Número de Hojas por Planta a los 7 días después de la plantación se observa que todos los tratamientos de Frecuencia de Riego: 30, 60, 90 y 120 minutos presentaron valores similares.

B. Número de hojas por planta a los 15 días después de la plantación.

Tabla 37: Análisis de Varianza de Número de Hojas por Planta a los 15 DDP ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	6.000	3	2.000	6.000	.019
Within Groups	2.667	8	.333		
Total	8.667	11			

En el análisis de varianza se observa que el valor de la significación es menor a 0.05, razón por el cual se afirma que los tratamientos tuvieron comportamientos diferentes estadísticamente para la variable de Número de Hojas por Planta a los 15 días después de la plantación.

Tabla 38: Prueba de comparación múltiple de Tukey para el Número de Hojas por Planta a los 15 DDP

(I) Frecuencia de Riego	(J) Frecuencia de Riego	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval		
					Lower Bound	Upper Bound	Lower Bound
Frecuencia de 30 Minutos	Frecuencia de 60 minutos	-.66667	.47140	.525	-2.1763	.8429	
	Frecuencia de 90 minutos	1.66667(*)	.47140	.031	-3.1763	-.1571	
	Frecuencia de 120 minutos	1.66667(*)	.47140	.031	-3.1763	-.1571	
Frecuencia de 60 minutos	Frecuencia de 30 Minutos	.66667	.47140	.525	-.8429	2.1763	
	Frecuencia de 90 minutos	-1.00000	.47140	.225	-2.5096	.5096	
	Frecuencia de 120 minutos	-1.00000	.47140	.225	-2.5096	.5096	

Frecuencia de 90 minutos	Frecuencia de 30 Minutos	1.66667(*)	.47140	.031	.1571	3.1763
	Frecuencia de 60 minutos	1.00000	.47140	.225	-.5096	2.5096
	Frecuencia de 120 minutos	.00000	.47140	1.000	-1.5096	1.5096
Frecuencia de 120 minutos	Frecuencia de 30 Minutos	1.66667(*)	.47140	.031	.1571	3.1763
	Frecuencia de 60 minutos	1.00000	.47140	.225	-.5096	2.5096
	Frecuencia de 90 minutos	.00000	.47140	1.000	-1.5096	1.5096

* The mean difference is significant at the .05 level.

Tabla 39: Amplitud estudiantizada de Tukey para la variable Número de Hojas Planta a los 7 DDP

Frecuencia de Riego	N	Subset for alpha = .05	
	1	2	1
Frecuencia de 30 Minutos	3	6.3333	
Frecuencia de 60 minutos	3	7.0000	7.0000
Frecuencia de 90 minutos	3		8.0000
Frecuencia de 120 minutos	3		8.0000
Sig.		.525	.225

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

De acuerdo al método de Tukey, para el Número de Hojas por Planta a los 15 días después de la plantación se observa que los tratamientos de Frecuencia de Riego: 90 y 120 minutos presentaron valores similares y forman parte de la categoría mayor. Mientras que los tratamientos frecuencia de riego: 30 y 60 minutos constituyen la categoría inferior.

C. Número de hojas por planta a los 23 días después de la plantación

Tabla 40: Análisis de Varianza de Número de Hojas por Planta a los 23 DDP ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	16.250	3	5.417	6.500	.015

Within Groups	6.667	8	.833		
Total	22.917	11			

En el análisis de varianza se observa que el valor de la significación es menor a 0.05, razón por el cual se afirma que los tratamientos tuvieron comportamientos diferentes estadísticamente para la variable de Número de Hojas por Planta a los 23 días después de la plantación.

Tabla 41: Prueba de comparación múltiple de Tukey para el Número de Hojas por Planta a los 23 DDP

(I) Frecuencia de Riego	(J) Frecuencia de Riego	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
					Lower Bound	Upper Bound
Frecuencia de 30 Minutos	Frecuencia de 60 minutos	-.66667	.74536	.808	-3.0536	1.7202
	Frecuencia de 90 minutos	-2.00000	.74536	.104	-4.3869	.3869
	Frecuencia de 120 minutos	- 3.00000(*)	.74536	.016	-5.3869	-.6131
Frecuencia de 60 minutos	Frecuencia de 30 Minutos	.66667	.74536	.808	-1.7202	3.0536
	Frecuencia de 90 minutos	-1.33333	.74536	.344	-3.7202	1.0536
	Frecuencia de 120 minutos	-2.33333	.74536	.055	-4.7202	.0536
Frecuencia de 90 minutos	Frecuencia de 30 Minutos	2.00000	.74536	.104	-.3869	4.3869
	Frecuencia de 60 minutos	1.33333	.74536	.344	-1.0536	3.7202
	Frecuencia de 120 minutos	-1.00000	.74536	.565	-3.3869	1.3869
Frecuencia de 120 minutos	Frecuencia de 30 Minutos	3.00000(*)	.74536	.016	.6131	5.3869
	Frecuencia de 60 minutos	2.33333	.74536	.055	-.0536	4.7202
	Frecuencia de 90 minutos	1.00000	.74536	.565	-1.3869	3.3869

* The mean difference is significant at the .05 level.

Tabla 42: Amplitud estudiantizada de Tukey para la variable Número de Hojas Planta a los 23 DDP

Frecuencia de Riego	N	Subset for alpha = .05	
	1	2	1
Frecuencia de 30 Minutos	3	8.6667	
Frecuencia de 60 minutos	3	9.3333	9.3333
Frecuencia de 90 minutos	3	10.6667	10.6667
Frecuencia de 120 minutos	3		11.6667
Sig.		.104	.055

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

De acuerdo al método de Tukey, para el Número de Hojas por Planta a los 23 días después de la plantación se observa que los tratamientos de Frecuencia de Riego: 60, 90 y 120 minutos presentaron valores similares y forman parte de la categoría mayor. Mientras que el tratamiento frecuencia de riego: 30 minutos constituye la categoría inferior.

D. Número de hojas por planta a los 31 días después de la plantación

Tabla 43: Análisis de Varianza de Número de Hojas por Planta a los 31 DDP ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	22.000	3	7.333	4.000	.052
Within Groups	14.667	8	1.833		
Total	36.667	11			

En el análisis de varianza se observa que el valor de la significación es ligeramente mayor a 0.05, razón por el cual se afirma que los tratamientos tuvieron comportamientos casi similares estadísticamente para la variable de Número de Hojas por Planta a los 31 días después de la plantación.

Tabla 44: Prueba de comparación múltiple de Tukey para el Número de Hojas por Planta a los 23 DDP

(I) Frecuencia de Riego	(J) Frecuencia de Riego	Mean Differenc e (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
					Lower Bound	Upper Bound
Frecuencia de 30 Minutos	Frecuencia de 60 minutos	-1.00000	1.10554	.803	-4.5403	2.5403
	Frecuencia de 90 minutos	-2.00000	1.10554	.336	-5.5403	1.5403
	Frecuencia de 120 minutos	- 3.66667(*))	1.10554	.043	-7.2070	-.1263
Frecuencia de 60 minutos	Frecuencia de 30 Minutos	1.00000	1.10554	.803	-2.5403	4.5403
	Frecuencia de 90 minutos	-1.00000	1.10554	.803	-4.5403	2.5403
	Frecuencia de 120 minutos	-2.66667	1.10554	.152	-6.2070	.8737
Frecuencia de 90 minutos	Frecuencia de 30 Minutos	2.00000	1.10554	.336	-1.5403	5.5403
	Frecuencia de 60 minutos	1.00000	1.10554	.803	-2.5403	4.5403
	Frecuencia de 120 minutos	-1.66667	1.10554	.476	-5.2070	1.8737
Frecuencia de 120 minutos	Frecuencia de 30 Minutos	3.66667(*))	1.10554	.043	.1263	7.2070
	Frecuencia de 60 minutos	2.66667	1.10554	.152	-.8737	6.2070
	Frecuencia de 90 minutos	1.66667	1.10554	.476	-1.8737	5.2070

* The mean difference is significant at the .05 level.

Tabla 45: Amplitud estudiantizada de Tukey para la variable Número de Hojas Planta a los 31 DDP

Frecuencia de Riego	N	Subset for alpha = .05	
		2	1
	1		
Frecuencia de 30 Minutos	3	11.6667	
Frecuencia de 60 minutos	3	12.6667	12.6667
Frecuencia de 90 minutos	3	13.6667	13.6667
Frecuencia de 120 minutos	3		15.3333
Sig.		.336	.152

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

De acuerdo al método de Tukey, para el Número de Hojas por Planta a los 31 días después de la plantación se observa que los tratamientos de Frecuencia de Riego: 60, 90 y 120 minutos presentaron valores similares y forman parte de la categoría mayor. Mientras que el tratamiento frecuencia de riego: 30 minutos constituye la categoría inferior.

E. Número de hojas por planta a los 40 días después de la plantación

Tabla 46: Análisis de Varianza de Número de Hojas por Planta a los 40 DDP
ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	46.917	3	15.639	10.426	.004
Within Groups	12.000	8	1.500		
Total	58.917	11			

En el análisis de varianza se observa que el valor de la significación es menor a 0.05, razón por el cual se afirma que los tratamientos tuvieron comportamientos diferentes estadísticamente para la variable de Número de Hojas por Planta a los 40 días después de la plantación.

Tabla 47: Prueba de comparación múltiple de Tukey para el Número de Hojas por Planta a los 40 DDP

(I) Frecuencia de Riego	(J) Frecuencia de Riego	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
		Lower Bound	Upper Bound	Lower Bound	Upper Bound	Lower Bound
Frecuencia de 30 Minutos	Frecuencia de 60 minutos	-1.66667	1.00000	.398	-4.8690	1.5357
	Frecuencia de 90 minutos	3.33333(*)	1.00000	.042	-6.5357	-1.1310
	Frecuencia de 120 minutos	5.33333(*)	1.00000	.003	-8.5357	-2.1310

Frecuencia de 60 minutos	Frecuencia de 30 Minutos	1.66667	1.00000	.398	-1.5357	4.8690
	Frecuencia de 90 minutos	-1.66667	1.00000	.398	-4.8690	1.5357
	Frecuencia de 120 minutos	-3.66667(*)	1.00000	.026	-6.8690	-.4643
Frecuencia de 90 minutos	Frecuencia de 30 Minutos	3.33333(*)	1.00000	.042	.1310	6.5357
	Frecuencia de 60 minutos	1.66667	1.00000	.398	-1.5357	4.8690
	Frecuencia de 120 minutos	-2.00000	1.00000	.264	-5.2024	1.2024
Frecuencia de 120 minutos	Frecuencia de 30 Minutos	5.33333(*)	1.00000	.003	2.1310	8.5357
	Frecuencia de 60 minutos	3.66667(*)	1.00000	.026	.4643	6.8690
	Frecuencia de 90 minutos	2.00000	1.00000	.264	-1.2024	5.2024

* The mean difference is significant at the .05 level.

Tabla 48: Amplitud estudiantizada de Tukey para la variable Número de Hojas Planta a los 40 DDP

Frecuencia de Riego	N	Subset for alpha = .05		
	1	2	3	1
Frecuencia de 30 Minutos	3	14.3333		
Frecuencia de 60 minutos	3	16.0000	16.0000	
Frecuencia de 90 minutos	3		17.6667	17.6667
Frecuencia de 120 minutos	3			19.6667
Sig.		.398	.398	.264

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

De acuerdo al método de Tukey, para el Número de Hojas por Planta a los 40 días después de la plantación se observa que los tratamientos de Frecuencia de Riego: 90 y 120 minutos presentaron valores similares y forman parte de la categoría mayor. Mientras que el tratamiento frecuencia de riego: 60 minutos constituye la categoría intermedia y el tratamiento

frecuencia de riego de 30 minutos constituye la categoría inferior.

4.1.4. Peso de planta.

A. Peso de planta a los 7 días después de la plantación

Tabla 49: Análisis de Varianza de Peso de Planta a los 7 DDP ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.026	3	.009	2.991	.096
Within Groups	.024	8	.003		
Total	.050	11			

En el análisis de varianza se observa que el valor de la significación es mayor a 0.05, razón por el cual se afirma que los tratamientos tuvieron comportamientos similares estadísticamente para la variable de Peso de Planta a los 7 días después de la plantación.

Tabla 50: Prueba de comparación múltiple de Tukey para el Peso de Planta a los 7 DDP

(I) Frecuencia de Riego	(J) Frecuencia de Riego	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
Frecuencia de 30 Minutos	Frecuencia de 60 minutos	-.02333	.04435	.950	-.1653	.1187
	Frecuencia de 90 minutos	-.00667	.04435	.999	-.1487	.1353
	Frecuencia de 120 minutos	-.11667	.04435	.112	-.2587	.0253
Frecuencia de 60 minutos	Frecuencia de 30 Minutos	.02333	.04435	.950	-.1187	.1653
	Frecuencia de 90 minutos	.01667	.04435	.981	-.1253	.1587
	Frecuencia de 120 minutos	-.09333	.04435	.230	-.2353	.0487
Frecuencia de 90 minutos	Frecuencia de 30 Minutos	.00667	.04435	.999	-.1353	.1487

	Frecuencia de 60 minutos	-.01667	.04435	.981	-.1587	.1253
	Frecuencia de 120 minutos	-.11000	.04435	.138	-.2520	.0320
Frecuencia de 120 minutos	Frecuencia de 30 Minutos	.11667	.04435	.112	-.0253	.2587
	Frecuencia de 60 minutos	.09333	.04435	.230	-.0487	.2353
	Frecuencia de 90 minutos	.11000	.04435	.138	-.0320	.2520

Tabla 51: Amplitud estudiantizada de Tukey para la variable Peso por Planta a los 7 DDP

Frecuencia de Riego	N	Subset for alpha = .05
	1	1
Frecuencia de 30 Minutos	3	1.1167
Frecuencia de 90 minutos	3	1.1233
Frecuencia de 60 minutos	3	1.1400
Frecuencia de 120 minutos	3	1.2333
Sig.		.112

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

De acuerdo al método de Tukey, para el Peso por Planta a los 7 días después de la plantación se observa que todos los tratamientos de Frecuencia de Riego: 30, 60, 90 y 120 minutos presentaron valores similares.

B. Peso de planta a los 15 días después de la plantación

Tabla 52: Análisis de Varianza de Peso de Planta a los 15 DDP ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	12.275	3	4.092	6.476	.016
Within Groups	5.054	8	.632		
Total	17.329	11			

En el análisis de varianza se observa que el valor de la significación es menor a 0.05, razón por el cual se afirma que los tratamientos tuvieron comportamientos diferentes estadísticamente para la variable de Peso de Planta a los 15 días después de la plantación.

Tabla 53: Prueba de comparación múltiple de Tukey para el Peso de Planta a los 15 DDP

(I) Frecuencia de Riego	(J) Frecuencia de Riego	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
Frecuencia de 30 Minutos	Frecuencia de 60 minutos	-.79333	.64898	.631	-2.8716	1.2849
	Frecuencia de 90 minutos	-1.22000	.64898	.308	-3.2983	.8583
	Frecuencia de 120 minutos	-2.77667(*)	.64898	.012	-4.8549	-.6984
Frecuencia de 60 minutos	Frecuencia de 30 Minutos	.79333	.64898	.631	-1.2849	2.8716
	Frecuencia de 90 minutos	-.42667	.64898	.910	-2.5049	1.6516
	Frecuencia de 120 minutos	-1.98333	.64898	.061	-4.0616	.0949
Frecuencia de 90 minutos	Frecuencia de 30 Minutos	1.22000	.64898	.308	-.8583	3.2983
	Frecuencia de 60 minutos	.42667	.64898	.910	-1.6516	2.5049
	Frecuencia de 120 minutos	-1.55667	.64898	.155	-3.6349	.5216
Frecuencia de 120 minutos	Frecuencia de 30 Minutos	2.77667(*)	.64898	.012	.6984	4.8549
	Frecuencia de 60 minutos	1.98333	.64898	.061	-.0949	4.0616
	Frecuencia de 90 minutos	1.55667	.64898	.155	-.5216	3.6349

* The mean difference is significant at the .05 level.

Tabla 54: Amplitud estudiantizada de Tukey para la variable Peso por Planta a los 15 DDP

Frecuencia de Riego	N	Subset for alpha = .05	
	1	2	1
Frecuencia de 30 Minutos	3	4.5400	
Frecuencia de 60 minutos	3	5.3333	5.3333
Frecuencia de 90 minutos	3	5.7600	5.7600
Frecuencia de 120 minutos	3		7.3167
Sig.		.308	.061

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

De acuerdo al método de Tukey, para el Peso por Planta a los 15 días después de la plantación se observa que los tratamientos de Frecuencia de Riego: 60, 90 y 120 minutos presentaron valores similares estadísticamente y forman parte de la categoría superior. Mientras que el tratamiento frecuencia de riego 30 minutos ocupa la categoría inferior.

C. Peso de planta a los 23 días después de la plantación

Tabla 55: Análisis de Varianza de Peso de Planta a los 23 DDP ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	614.635	3	204.878	32.222	.000
Within Groups	50.867	8	6.358		
Total	665.502	11			

En el análisis de varianza se observa que el valor de la significación es menor a 0.05, razón por el cual se afirma que los tratamientos tuvieron comportamientos diferentes estadísticamente para la variable de Peso de Planta a los 23 días después de la plantación.

Tabla 56: Prueba de comparación múltiple de Tukey para el Peso de Planta a los 23 DDP

(I) Frecuencia de Riego	(J) Frecuencia de Riego	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
Frecuencia de 30 Minutos	Frecuencia de 60 minutos	-4.06333	2.05886	.273	-10.6565	2.5299
	Frecuencia de 90 minutos	-5.04667	2.05886	.144	-11.6399	1.5465
	Frecuencia de 120 minutos	-18.97667(*)	2.05886	.000	-25.5699	-12.3835
Frecuencia de 60 minutos	Frecuencia de 30 Minutos	4.06333	2.05886	.273	-2.5299	10.6565
	Frecuencia de 90 minutos	-.98333	2.05886	.962	-7.5765	5.6099
	Frecuencia de 120 minutos	14.91333(*)	2.05886	.000	-21.5065	-8.3201

Frecuencia de 90 minutos	Frecuencia de 30 Minutos	5.04667	2.05886	.144	-1.5465	11.6399
	Frecuencia de 60 minutos	.98333	2.05886	.962	-5.6099	7.5765
	Frecuencia de 120 minutos	-13.93000(*)	2.05886	.001	-20.5232	-7.3368
Frecuencia de 120 minutos	Frecuencia de 30 Minutos	18.97667(*)	2.05886	.000	12.3835	25.5699
	Frecuencia de 60 minutos	14.91333(*)	2.05886	.000	8.3201	21.5065
	Frecuencia de 90 minutos	13.93000(*)	2.05886	.001	7.3368	20.5232

* The mean difference is significant at the .05 level.

Tabla 57: Amplitud estudiantizada de Tukey para la variable Peso por Planta a los 23 DDP

Frecuencia de Riego	N	Subset for alpha = .05	
	1	2	1
Frecuencia de 30 Minutos	3	19.1733	
Frecuencia de 60 minutos	3	23.2367	
Frecuencia de 90 minutos	3	24.2200	
Frecuencia de 120 minutos	3		38.1500
Sig.		.144	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

De acuerdo al método de Tukey, para el Peso por Planta a los 23 días después de la plantación se observa que el tratamiento de Frecuencia de Riego: 120 minutos ocupa la categoría superior. Mientras que los tratamientos frecuencias de riego: 30, 60 y 90 minutos forman parte de la categoría inferior, con valores similares estadísticamente.

D. Peso de planta a los 31 días después de la plantación

Tabla 58: Análisis de Varianza de Peso de Planta a los 31 DDP ANOVA

	Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	2463.468	3	821.156	8.581	.007
Within Groups	765.590	8	95.699		

Total	3229.058	11			
-------	----------	----	--	--	--

En el análisis de varianza se observa que el valor de la significación es menor a 0.05, razón por el cual se afirma que los tratamientos tuvieron comportamientos diferentes estadísticamente para la variable de Peso de Planta a los 31 días después de la plantación.

Tabla 59: Prueba de comparación múltiple de Tukey para el Peso de Planta a los 31

DDP

(I) Frecuencia de Riego	(J) Frecuencia de Riego	Mean Differenc e (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
Frecuencia de 30 Minutos	Frecuencia de 60 minutos	-3.74667	7.98744	.964	-29.3253	21.8319
	Frecuencia de 90 minutos	-18.88667	7.98744	.162	-44.4653	6.6919
	Frecuencia de 120 minutos	- 36.32333(*)	7.98744	.008	-61.9019	-10.7447
Frecuencia de 60 minutos	Frecuencia de 30 Minutos	3.74667	7.98744	.964	-21.8319	29.3253
	Frecuencia de 90 minutos	-15.14000	7.98744	.302	-40.7186	10.4386
	Frecuencia de 120 minutos	- 32.57667(*)	7.98744	.015	-58.1553	-6.9981
Frecuencia de 90 minutos	Frecuencia de 30 Minutos	18.88667	7.98744	.162	-6.6919	44.4653
	Frecuencia de 60 minutos	15.14000	7.98744	.302	-10.4386	40.7186
	Frecuencia de 120 minutos	-17.43667	7.98744	.207	-43.0153	8.1419
Frecuencia de 120 minutos	Frecuencia de 30 Minutos	36.32333(*)	7.98744	.008	10.7447	61.9019
	Frecuencia de 60 minutos	32.57667(*)	7.98744	.015	6.9981	58.1553
	Frecuencia de 90 minutos	17.43667	7.98744	.207	-8.1419	43.0153

* The mean difference is significant at the .05 level.

Tabla 60: Amplitud estudiantizada de Tukey para la variable Peso por Planta a los 31 DDP

Frecuencia de Riego	N	Subset for alpha = .05	
	1	2	1
Frecuencia de 30 Minutos	3	72.1533	
Frecuencia de 60 minutos	3	75.9000	
Frecuencia de 90 minutos	3	91.0400	91.0400
Frecuencia de 120 minutos	3		108.4767
Sig.		.162	.207

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

De acuerdo al método de Tukey, para el Peso por Planta a los 31 días después de la plantación se observa que el tratamiento de Frecuencia de Riego: 120 minutos ocupa la categoría superior. Mientras que los tratamientos frecuencias de riego: 30, 60 y 90 minutos forman parte de la categoría inferior, con valores similares estadísticamente

E. Peso de planta a los 40 días después de la plantación

Tabla 61: Análisis de Varianza de Peso de Planta a los 40 DDP ANOVA

	Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	7281.130	3	2427.043	14.676	.001
Within Groups	1323.018	8	165.377		
Total	8604.148	11			

En el análisis de varianza se observa que el valor de la significación es menor a 0.05, razón por el cual se afirma que los tratamientos tuvieron comportamientos diferentes estadísticamente para la variable de Peso de Planta a los 31 días después de la plantación.

Tabla 62: Prueba de comparación múltiple de Tukey para el Peso de Planta a los 31 DDP

	(J) Frecuencia de Riego	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
		Lower Bound	Upper Bound	Lower Bound	Upper Bound	Lower Bound
Frecuencia de 30 Minutos	Frecuencia de 60 minutos	-8.46333	10.50007	.850	-42.0883	25.1616
	Frecuencia de 90 minutos	-47.29667(*)	10.50007	.009	-80.9216	-13.6717
	Frecuencia de 120 minutos	-57.82667(*)	10.50007	.003	-91.4516	-24.2017
Frecuencia de 60 minutos	Frecuencia de 30 Minutos	8.46333	10.50007	.850	-25.1616	42.0883
	Frecuencia de 90 minutos	-38.83333(*)	10.50007	.025	-72.4583	-5.2084
	Frecuencia de 120 minutos	-49.36333(*)	10.50007	.007	-82.9883	-15.7384
Frecuencia de 90 minutos	Frecuencia de 30 Minutos	47.29667(*)	10.50007	.009	13.6717	80.9216
	Frecuencia de 60 minutos	38.83333(*)	10.50007	.025	5.2084	72.4583
	Frecuencia de 120 minutos	-10.53000	10.50007	.752	-44.1549	23.0949
Frecuencia de 120 minutos	Frecuencia de 30 Minutos	57.82667(*)	10.50007	.003	24.2017	91.4516
	Frecuencia de 60 minutos	49.36333(*)	10.50007	.007	15.7384	82.9883
	Frecuencia de 90 minutos	10.53000	10.50007	.752	-23.0949	44.1549

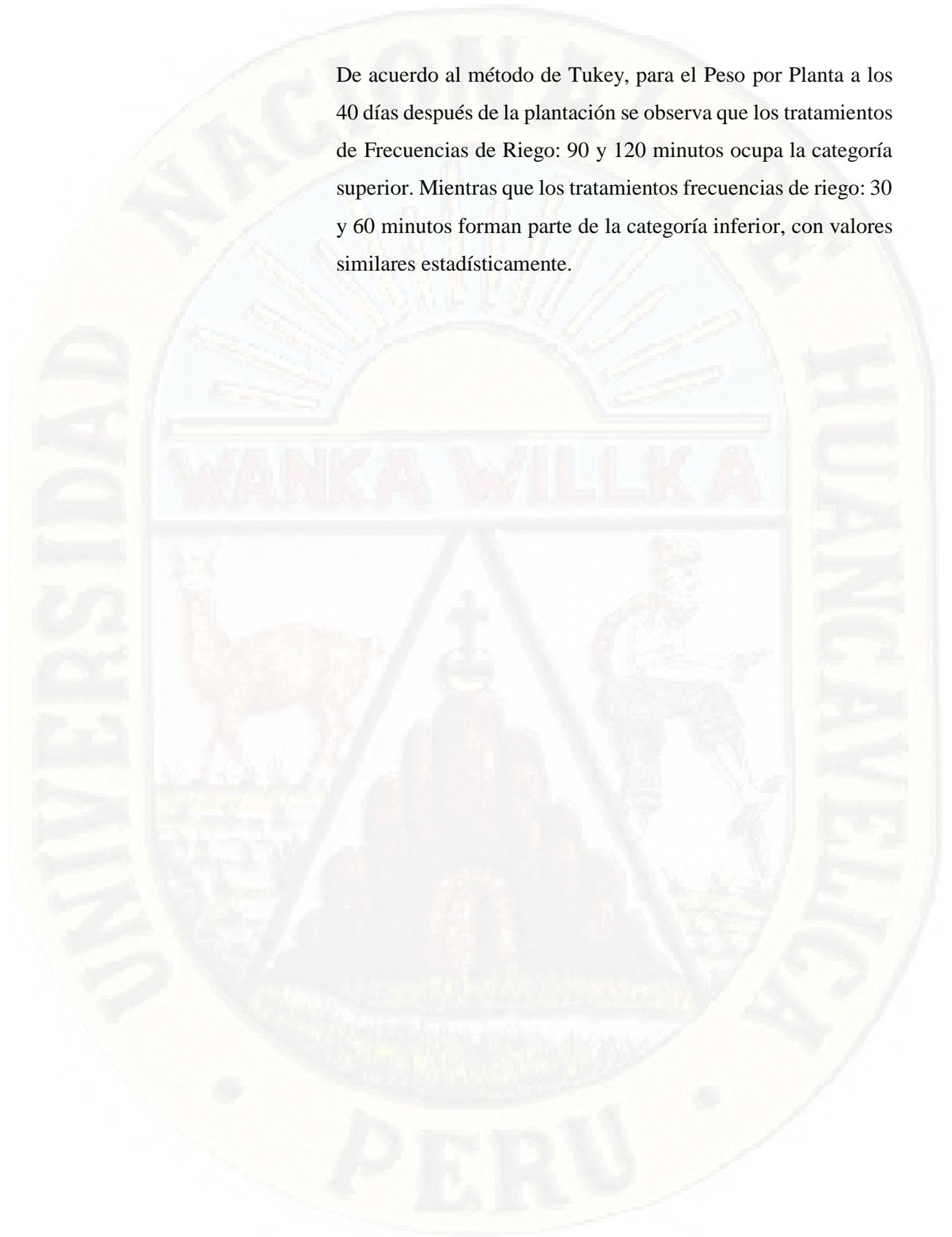
* The mean difference is significant at the .05 level.

Tabla 63: Amplitud estudiantizada de Tukey para la variable Peso por Planta a los 40 DDP

Frecuencia de Riego	N	Subset for alpha = .05	
	1	2	1
Frecuencia de 30 Minutos	3	94.8467	
Frecuencia de 60 minutos	3	103.3100	
Frecuencia de 90 minutos	3		142.1433
Frecuencia de 120 minutos	3		152.6733
Sig.		.850	.752

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

De acuerdo al método de Tukey, para el Peso por Planta a los 40 días después de la plantación se observa que los tratamientos de Frecuencias de Riego: 90 y 120 minutos ocupa la categoría superior. Mientras que los tratamientos frecuencias de riego: 30 y 60 minutos forman parte de la categoría inferior, con valores similares estadísticamente.



4.2. DISCUSIÓN.

Los resultados obtenidos en el estudio muestran que todos los tratamientos en los primeros siete días después de la plantación presentaron valores similares estadísticamente para todas las variables de estudio, debido al estadio inicial de crecimiento.

Sin embargo, a partir de los 15 días después de la plantación de las plántulas de lechuga en los canales cultivo los valores de las mediciones de las variables de estudio han ido cambiando y diferenciándose entre los tratamientos. Se han observado que los tratamientos con frecuencias e intervalos de riego mayores en tiempo: 90 y 120 minutos, presentaron mayores valores y los mejores rendimientos, con respecto a las frecuencias de riego de menor duración. Resultados que se deben fundamentalmente a la mayor oxigenación del agua. Es decir que a mayor circulación en tiempo del agua con nutrientes se lograba mayor oxigenación el cual permite que las plantas se desarrollen mejor, además se evita que sufra los efectos de la mayor temperatura, es decir que a mayor recirculación del agua en tiempo y volumen, se reducía el aumento de la temperatura y la mayor oxigenación del agua, evitando además, la eutrofización del mismo, el cual es un fenómeno que afecta negativamente en el desarrollo y crecimiento de las plantas de lechuga. Por otra parte, al haberse realizado el trabajo en condiciones de invernadero, con temperatura promedio de 19 grados centígrados, se ha logrado que el crecimiento sea más rápido, obteniéndose que las plantas logren su máximo tamaño aptas para cosecha a los 43 días después de haberse plantado en los canales de cultivo del módulo hidropónico, siendo mucho menor el tiempo de cosecha en relación a una producción de lechugas al aire libre, en el cual es de aproximadamente 90 días.

Con relación al consumo de agua en todo el ciclo de desarrollo de las plantas de lechuga, se tuvo mayor consumo de agua con la frecuencia de

riego de tiempos de 90 y 120 minutos, lo que guarda relación con la obtención de mayor tamaño de las plantas cosechada, en cuyos casos el consumo de agua con nutrientes fue de 61 y 66 litros de agua, mientras que en los tratamientos de frecuencia de riego de 30 y 60 minutos fueron de 47 y 52 litros, para la producción de 150 lechugas por tratamiento. Para la nutrición de las plantas se utilizaron soluciones nutritivas A (macro nutrientes) y B (micronutrientes) cuyas dosis fueron de 5 ml y 2 ml por litro de agua.

4.3. CONCLUSIONES

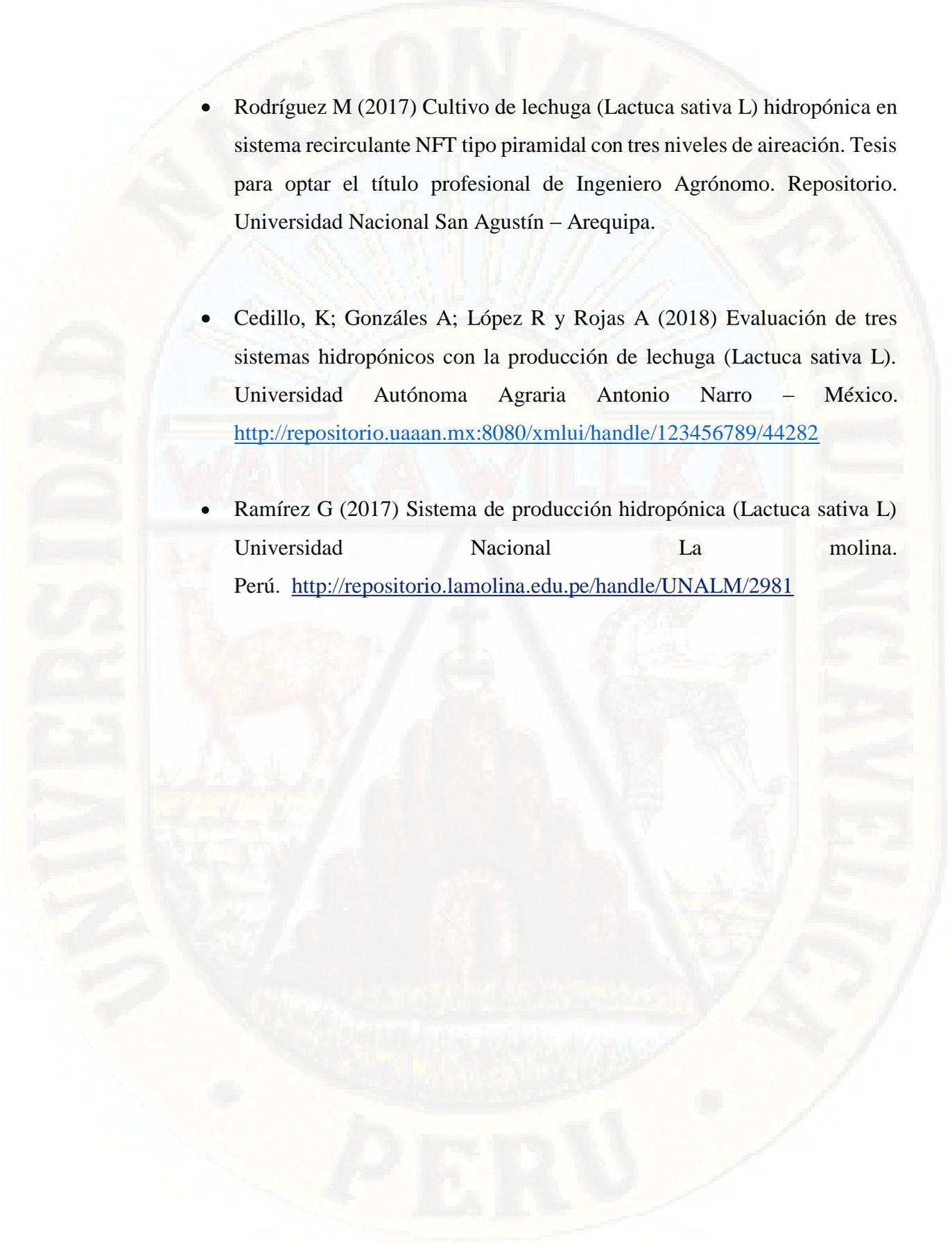
- Las frecuencias de riego en el sistema de producción hidropónica del cultivo de lechugas, influyen en el crecimiento y desarrollo de las plantas.
- Las frecuencias de riego de 90 y 120 minutos de duración en recirculación del agua con el mismo tiempo de intervalos, presentaron los mejores rendimientos de lechugas, con mayor tamaño y peso; las frecuencias de riego de menor tiempo presentaron menor tamaño y peso.
- El consumo de agua fue mayor en los tratamientos cuyas frecuencias de riego fueron de 90 y 120 minutos de duración.
- El costo de consumo de energía eléctrica por cada electrobomba de 0.5 HP que accionaba la circulación del agua en cada tratamiento fue de 18 soles, para la producción de 150 lechugas.
- El costo de producción de las lechugas hidropónicas al inicio de la producción es elevado debido al costo inicial del módulo hidropónico y al consumo de energía eléctrica, sin embargo, este se reduce en cada campaña de producción, asimismo, con el aumento de canales de cultivo y el mayor número de plantas.

4.4. RECOMENDACIONES

- Realizar réplicas de la investigación con otros cultivos hortícolas de hoja, a fin de poder observar los efectos y relacionarlos con la experiencia de producción en campo abierto.
- Difundir y promover el uso de la tecnología de producción hidropónica de cultivos, como propuesta de agricultura urbana y rural, a través de los actores de desarrollo del sector agrario de la provincia de Acobamba.

4.5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

- Chiara D; Herrera L; Vargas P (2017) Cultivo hidropónico de espinaca mediante técnica NFT e invernadero para control de variables ambientales. Revista de la Universidad Ricardo Palma. Lima – Perú.
- Rodríguez G, (2018) evaluación de la dinámica del agua y nutrientes en la producción de culantro coyote (*Eryngium foetidum*) bajo dos ambientes diferentes y dos soluciones nutritivas en un sistema hidropónica. Tesis para optar el grado profesional de Ingeniero Agrónomo. Escuela de Agronomía de la Universidad de Costa Rica.
- Mendoza A, (2017) Cultivo de lechuga (*Lactuca sativa* L) hidropónica en sistema recirculante NFT tipo piramidal con tres niveles de aireación. Tesis de pre grado para optar el título profesional de Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa. Perú.
- Grandez N. (2018) Rendimiento productivo de lechuga (*Lactuca sativa* L. var. Bohemia) en tres sistemas hidropónicos bajo condiciones de Pucallpa. Tesis de pregrado. Universidad Nacional de Ucayali. Perú.
- Barbado J Galván, García y Rodríguez. (2008) Lechuga. Cultivos de hoja. Uruguay.
- Maroto B, Miguel G, Baixauli S. (2000) La Lechuga y la Escarola. Caja Rural Valencia. Fundación. Ediciones Mundi Prensa.
- Urrestarazu M, (2015) Manual práctico del cultivo sin suelo. Madrid. España.
- Zevallos S (2008) Manual de Horticultura para el Perú. Ediciones Manfer. Barcelona España.

- 
- Rodríguez M (2017) Cultivo de lechuga (*Lactuca sativa* L) hidropónica en sistema recirculante NFT tipo piramidal con tres niveles de aireación. Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Agrónomo. Repositorio. Universidad Nacional San Agustín – Arequipa.
 - Cedillo, K; Gonzáles A; López R y Rojas A (2018) Evaluación de tres sistemas hidropónicos con la producción de lechuga (*Lactuca sativa* L). Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro – México. <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/handle/123456789/44282>
 - Ramírez G (2017) Sistema de producción hidropónica (*Lactuca sativa* L) Universidad Nacional La Molina. Perú. <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/2981>

4.6. APÉNDICE.

DATOS ORIGINALES

Altura de planta a los 7 DDP en cm

ALTURA DE PLANTA			
T1	T2	T3	T4
8	8	7.5	8
9	8	9	7
6	7	8	6

Altura de planta a los 15 DDP en cm

ALTURA DE PLANTA			
T1	T2	T3	T4
10	10	9	10
11	11	10	12
10	9	11	10

Altura de planta a los 15 DDP en cm

ALTURA DE PLANTA			
T1	T2	T3	T4
20	20	20	19
18	21	19	18
15	18	18	20

Altura de planta a los 40 DDP en cm

ALTURA DE PLANTA			
T1	T2	T3	T4
17	15	16	15
16	14	15	17
16	16	17	18

Longitud de Raíz a los 7 DDP en Cm

LONGITUD DE RAIZ A LOS 7 DDP			
T1	T2	T3	T4

12	11	9	11
11	10	10	8
10.5	9	12	9

Longitud de Raíz a los 15 DDP en Cm

LONGITUD DE RAIZ 15 DDP			
T1	T2	T3	T4
22	18	22	17
18	16	20	19
17	20	17	17

Longitud de Raíz a los 24 DDP en Cm

LONGITUD DE RAIZ			
T1	T2	T3	T4
23	28	26	28
20	26	24	24
25	25	22	24

Longitud de Raíz a los 40 DDP en Cm

LONGITUD DE RAIZ			
T1	T2	T3	T4
35	34	27	30
34	30	34	33
27	31	33	29

Número de hojas a los 7 DDP

NUMERO DE HOJAS			
T1	T2	T3	T4
6	4	5	5
5	6	6	6
6	5	4	5

Número de hojas a los 15 DDP

NUMERO DE HOJAS			
T1	T2	T3	T4
8	7	8	8
6	8	6	7
7	7	8	9

Número de hojas a los 24 DDP

NUMERO DE HOJAS			
T1	T2	T3	T4
11	10	9	12
9	10	10	9
8	8	9	9

Número de hojas a los 40 DDP

NUMERO DE HOJAS			
T1	T2	T3	T4
14	12	13	12
12	13	12	13
12	11	14	11

Peso de planta a los 7 DDP en gramos

PESO DE PLANTA			
T1	T2	T3	T4
1.1	1.2	1.1	0.98
1.09	1.08	1.19	0.95
1.16	1.14	1.08	1.02

Peso de planta a los 15 DDP en gramos

PESO DE PLANTA			
T1	T2	T3	T4
3.6	7.81	6.52	4.3
3.47	5.63	7.6	3.55
5.15	7.22	6.4	6.15

Peso de planta a los 24 DDP en gramos

PESO DE PLANTA			
T1	T2	T3	T4
21.52	20.3	23.14	39.63
13.01	28.11	25.12	36.7
12.6	21	24.4	38.12

Peso de planta a los 40 DDP en gramos

PESO DE PLANTA			
T1	T2	T3	T4
76.5	69.6	89.9	52.2
76.2	72.3	76.5	66.9
120.5	66.4	108.2	79.22

MATRIZ DE CONSISTENCIA

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES / INDICADORES	METODOLOGIA
<p>P. general</p> <p>¿Cuál es el efecto de diferentes frecuencias de riego realizados por bombeo periférico en la producción hidropónica de lechuga (<i>Lactuca sativa</i> L) y su costo de producción en condiciones de invernadero en Acobamba?</p>	<p>O. General</p> <p>Determinar el efecto de diferentes intervalos de riego realizados por bombeo periférico en la producción hidropónica de lechuga (<i>Lactuca sativa</i>) y su costo de producción en condiciones de invernadero.</p> <p>O. específicos</p> <p>Oe.1 Determinar el efecto de diferentes frecuencias de riego realizados por bombeo periférico en el rendimiento</p> <p>Oe.2. Determinar el costo de producción de lechugas hidropónicas.</p> <p>Oe.3. Medir el volumen de agua consumido por las plantas de lechuga en el periodo de desarrollo.</p>	<p>H. General:</p> <p>Las diferentes frecuencias de riego realizados por bombeo periférico en la producción hidropónica de lechuga (<i>Lactuca sativa</i> L.) tiene efectos positivos en el incremento de la producción y disminución del costo de producción.</p>	<p>Variable independiente:</p> <p>X1: Frecuencias de riego por bombeo</p> <hr/> <p>Variable dependiente:</p> <p>Y1. Efectos en la producción hidropónica de lechuga:</p> <p>Indicadores:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Longitud de raíz cada 7 DDT ▪ Número de raíces secundarias cada 7 DDT ▪ Altura de planta ▪ Peso fresco ▪ Número de hojas ▪ Nivel de oxígeno en agua ▪ Contenido de sólidos solubles ▪ Costo de producción ▪ Rentabilidad ▪ Caudal de circulación de agua ▪ Consumo de agua por campaña ▪ Tiempo de producción de lechuga ▪ Consumo de energía eléctrica 	<p>► Tipo de investigación Aplicada</p> <p>► Nivel de investigación Experimental</p> <p>► Método Método científico</p> <p>► Diseño investigación Experimental Diseño de Bloques completamente al azar.</p>

PANEL FOTOGRÁFICO







