RIDaNaM
REPOSITORIO INSTITUCIONAL DIGITAL
DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE MISIONES

UNIVERSIDAD NACIONAL DE MISIONES

FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES

Universidad Nacional de Misiones. Facultad de Ciencias Forestales. Ingeniería Agronómica

Estudiante
Rodolfo Ronald Rojas

Efecto del caudal de riego en dos variedades de lechuga (*Lactuca sativa* L.) cultivadas en sistemas hidropónicos NFT en la provincia de Misiones, Argentina

Trabajo integrador final presentado para obtener el título de "Ingeniero Agrónomo"

Orientador
Ing. Facundo Ernesto Ramos Hentz
Co-Orientador
Ing. Ricardo Ariel Bernardo Buchweis

Diciembre 2024

Eldorado (Misiones, Argentina)

Esta obra está licenciado bajo Licencia Creative Commons (CC) Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional. https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/

rid.unam.edu.ar

UNIVERSIDAD NACIONAL DE MISIONES

FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES

TRABAJO INTEGRADOR FINAL

Ingeniería Agronómica

Efecto del caudal de riego en dos variedades de lechuga (*Lactuca sativa* L.) cultivadas en sistemas hidropónicos NFT en la provincia de Misiones, Argentina

Estudiante
ROJAS, Rodolfo Ronald

Orientador
Ing. RAMOS HENTZ, Facundo Ernesto

Co-orientador
Ing. BUCHWEIS, Ricardo Ariel Bernardo

Eldorado Argentina

Diciembre de 2024

Autor ROJAS, Ronald Rodolfo: Estudiante de Ingeniería Agronómica, Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Nacional de Misiones. Bertoni N° 124, Eldorado, Misiones, Argentina. C.P. 3380. *Email:* ronaldrojas210@gmail.com

Orientador Ing. RAMOS HENTZ, Facundo Ernesto: Docente de la carrera de Ingeniería Agronómica de la Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Nacional de Misiones. Bertoni N° 124, Eldorado, Misiones, Argentina. C.P. 3380. *Email:* ramoshentz@gmail.com.

Co-orientador Ing. BUCHWEIS, Ricardo Ariel Bernardo: Docente de la carrera de Ingeniería Agronómica de la Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Nacional de Misiones. Bertoni N° 124, Eldorado, Misiones, Argentina. C.P. 3380. *Email:* arielribuc@gmail.com.

ÍNDICE DE CONTENIDO

RESUMEN 4
SUMMARY 5
1 INTRODUCCIÓN 6
2 Hipótesis 8
3 Objetivos 8
3.1 Objetivo general 8
3.2 Objetivos específicos 8
4 MATERIALES Y MÉTODOS 9
4.1 Especie bajo estudio 9
4.2 Área de estudio 9
4.3 Presupuesto físico 10
4.4 Metodología de trabajo 12
4.5 Formulación de la solución nutritiva 13
4.6 Diseño del experimento y variables a evaluar 14
4.7 Análisis y procesamiento de datos 16
5 RESULTADOS Y DISCUSIÓN 16
5.1.1 Diámetro de roseta 16
5.1.2 Altura de la planta 18
5.1.3 Peso de la planta 20
6 CONCLUSIONES 23
7 BIBLIOGRAFÍA 25
8 ANEXO 27

LISTA DE TABLAS

Tabla 1: Clasificación taxonómica de la lechuga. 9
Tabla 2: Elementos para la construcción de la estructura, mesadas y sistema de riego. 10
Tabla 3: Elementos necesarios para la solución nutritiva,la siembra y las mediciones. 11
Tabla 4: Fertilizantes utilizados en la formulación de la solución nutritiva. 13
Tabla 5: Variedades de lechuga con sus respectivos caudales y repeticiones. 15
Tabla 6: Análisis de variancia para la variable Diámetro de roseta de la planta (cm). 16
Tabla 7: Análisis de variancia para la variable altura de la planta (cm). 18
Tabla 8: Análisis de variancia para la variable peso de la planta (gramos). 20

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Comparación entre las variedades *Psique* e *Isabela* respecto a la variable diámetro de roseta (cm) de *Lactuca sativa* L. 17
Figura 2: Comparación entre los caudales de riego respecto a la variable diámetro de roseta (cm) de *Lactuca sativa* L. 18
Figura 3: Comparación entre las variedades *Psique* e *Isabela* respecto a las variable altura de la planta (cm) de *Lactuca sativa* L. 19
Figura 4: Comparación entre los caudales de riego respecto a la variable Altura de la planta de *Lactuca sativa* L. 20
Figura 5: Comparación entre las variedades *Psique* e *Isabela* respecto a la variable peso de la planta (gramos) *Lactuca sativa* L. 21
Figura 6: Comparación entre los caudales de riego respecto al peso de la planta (gramos) de *Lactuca sativa* L. 22

RESUMEN

La hidroponía surgió como una nueva tecnología que posibilita la obtención de productos de calidad, contribuyendo al aumento en la eficiencia de las áreas de cultivo y los recursos empleados. De esta manera, representa una metodología de cultivo considerada sostenible, especialmente aquellos sistemas en donde el agua circula a través de perfiles NFT (técnica de lámina de nutrientes) alimentando a las raíces de las plantas, siendo luego recolectada y redistribuida constantemente evitando desperdicio de agua e insumos agrícolas. Siguiendo este lineamiento, se plantea como objetivo del presente trabajo evaluar el efecto de tres caudales de riego (Q1:1 l min^{-1}, Q2:1,5 l min^{-1} y Q3:2,3 l min^{-1}) en un sistema de NFT sobre las variables bajo estudio de dos variedades de *Lactuca sativa* L., y determinar el efecto sobre éstas variedades de los parámetros diámetro de roseta, altura de la planta y el peso. Las variedades de lechuga utilizadas en el ensayo corresponden a *psique* e *isabela* de la marca comercial Sakata. Como resultado de la realización del presente trabajo, se obtiene información para mejorar la productividad del cultivo de lechuga en sistemas hidropónicos, teniendo en cuenta que a través de este ensayo se conoce que la variedad *psique* presentó una mejor respuesta en los distintos parámetros estudiados. Además, se hallaron diferencias estadísticamente significativas en los caudales de riego sobre los efectos en los parámetros estudiados, destacando los caudales Q2 y Q3 en comparación con el Q1.

Palabras clave: cultivo, hidroponía, producción, sostenible.

SUMMARY

Hydroponics has emerged as an innovative technology that facilitates the production of quality products, contributing to increased efficiency in cultivation areas and resource use. Thus, it represents a sustainable cultivation methodology, particularly in systems where water circulates through NFT profiles (Nutrient Film Technique), feeding,plant roots which is then continuously collected and redistributed to avoid water waste and agricultural inputs. Following this framework, the objective of this study is to evaluate the effect of three irrigation flow rates (Q1: 1 l/min, Q2: 1,5 l/min, and Q3: 2,3 l/min) in an NFT system on the variables under study for two varieties of Lactuca sativa L. and to determine the effect of these flow rates on the parameters of rosette diameter (RD), plant height (H), and weight (W). The lettuce varieties used in the trial correspond to Psique and Isabela from the commercial brand Sakata. As a result of this work, valuable information was obtained to improve the productivity of lettuce cultivation in hydroponic systems.The Psique variety demonstrated superior performance across the evaluated parameters. Furthermore, statistically significant differences were observed among the irrigation flow rates, with Q2 and Q3 outperforming Q1 in their effects on the studied variables.

Keywords: crop, hydroponics, production, sustainable.

1 INTRODUCCIÓN

De acuerdo con estimaciones de las Naciones Unidas, la población mundial para el año 2.050 aumentará aproximadamente a 9.7 billones de personas (Worldometer, 2024). Ante este incremento poblacional, la demanda de productos de origen agrícola, como es el caso de alimentos, tendrá un aumento del 60-70 % (COLLADO, 2020). La agricultura tendrá que incrementar la producción de alimentos para garantizar la seguridad alimentaria de la población (FAO, 2009).

Ante este panorama abordado previamente, el sector agrícola tiene el reto de incrementar el rendimiento de los cultivos (FAO, 2021); sin embargo, esto implica ejercer una mayor presión sobre los recursos agrícolas como el agua, ya que la agricultura utiliza el 72 % del total de agua dulce disponible para consumo humano a nivel mundial, lo que aumenta la competencia por el agua con los sectores urbanos e industrias (UNESCO 2023).

En este contexto, las tecnologías sostenibles y las prácticas emergentes revolucionan la forma en que se aborda la conservación del agua y el desarrollo sostenible. Desde la implementación de tecnologías de tratamiento de agua innovadoras hasta la promoción de prácticas agrícolas sostenibles como la hidroponía (SÁNCHEZ, 2024).

En la búsqueda de mejores técnicas de la producción agrícola tradicional que permitan el aumento de la producción y calidad, empleando la menor superficie posible, reduciendo la carga química y el impacto ambiental, surge como una alternativa la hidroponía (CUSSI CRUZ, 2018). Éste término deriva de la combinación de las palabras griegas HIDRO (agua) y PONOS (labor o trabajo) lo cual significa “trabajo en agua” (ERRECART, 2011).

La producción hidropónica constituye un método que permite el manejo del agua de manera eficiente, por evitar y disminuir la pérdida dentro del sistema (MAMANI GONZÁLES, 2022). El consumo de agua en un cultivo hidropónico es un 80 % inferior en comparación con el cultivo en suelo. Esta significativa reducción se debe a la ausencia de percolación profunda en el sistema hidropónico, así como a la disminución de la transpiración, que se logra al llevar a cabo el cultivo en estructuras cerradas con un alto nivel de humedad relativa (BELTRANO y GIMENEZ, 2015).

Una de las hortalizas de mayor consumo y que se adapta favorablemente en el sistema hidropónico es la lechuga, *Lactuca sativa L*. (MAMANI GONZÁLES, 2022). Ésta es una planta anual herbácea (AYRES LAPORTA, 2023), en donde las variedades tempranas presentan un ciclo de 50-60 días y las de término medio, entre 70-80 días (QUINTERO, 1977). Poseen tallo corto (2 a 5 cm de longitud) es de consistencia carnosa, sobre el cual se insertan las hojas. Según la variedad

botánica y el cultivar las hojas pueden formar o no la cabeza y presentar variaciones en cuanto a la forma, número, dimensiones y color de las mismas (AYRES LAPORTA, 2023).

Una planta de lechuga consume en general entre 50 a 60 litros de agua durante todo su ciclo cuando es cultivada en suelo, en tanto que bajo el sistema NFT el consumo se reduce a 75-100 ml por día, lo que resulta en 4 a 6 litros de agua en todo el ciclo de producción (CHOCATA GALLEGO, 2023).

En Argentina, la superficie cultivada de lechuga es de aproximadamente 15.000 hectáreas, generando una producción anual de aproximadamente 300.000 toneladas (SCARPATTI, 2023). Una de las variedades más utilizadas en el mercado Argentino es la denominada *Isabela-SAKATA* (LÓPEZ BILBAO y FREZZALA, 2022), la cual se destaca por su flexibilidad para la cosecha, con gran volumen y atractivo, cuyo ciclo medio total es de 63 días. La coloración verde brillante que posee le confiere calidad visual para el mercado fresco. Además, se adapta a condiciones tropicales, con lo cual ofrece mayor seguridad en el cultivo (SAKATA, en línea).

En tanto que, actualmente existe una variedad de lechuga adaptada exclusivamente para la producción en sistemas hidropónicos que son las plantas de la variedad *psique*, son precoces, de alto rendimiento. Son altamente tolerantes al manchado de puntas y al alargamiento precoz, esto posibilita tener una cosecha uniforme a los 50 días en promedio (SAKATA, en línea).

La mismas, son cultivadas principalmente en el sistema Nutrient Film Technique (NFT) (SAVVAS y GRUDA, 2018), en donde sus requerimientos hídricos y nutricionales son cubiertos por medio del suministro de agua y solución nutritiva (BELTRANO y GIMENEZ, 2015). La solución nutritiva empleada en dichos sistemas es específica para cada cultivo ya que contiene todos los elementos esenciales que posibilitan el crecimiento y desarrollo de los mismos (RESH, 2006).

En búsqueda de lograr aumentar la productividad y el cuidado del medio ambiente a través de la incorporación de tecnología e innovación en los sistemas productivos hortícolas, se buscó en este trabajo la eficiencia del caudal del riego y la correcta elección de variedades por parte del productor, analizando el efecto de tres caudales de riego (Q1:1 l min^{-1}, Q2:1,5 l min^{-1} y Q3:2,3 l min^{-1}) en un sistema hidropónico NFT empleando las variedades de lechuga mencionadas anteriormente, determinando cuál de ellas es la más aconsejable para producir en nuestra región, lo cual es importante para el manejo por las condiciones climáticas, principalmente de elevadas temperaturas desde primavera hasta el verano.

2 Hipótesis

Los distintos caudales de riego en sistemas hidropónicos NFT influye en el diámetro de roseta, la altura de las plantas y el peso en dos variedades de lechuga (*Lactuca sativa* L.), *Psique* e *Isabela*.

3 Objetivos

3.1 Objetivo general

Determinar el efecto de tres caudales de riego, en un sistema hidropónico NFT sobre las variables bajo estudio de dos variedades de *Lactuca sativa* L.

3.2 Objetivos específicos

Evaluar el efecto de los diferentes caudales en la variedad *psique* sobre los parámetros diámetro de roseta, altura de las plantas y peso.

Evaluar el efecto de los diferentes caudales en la variedad *isabela* sobre los parámetros el diámetro de roseta, altura de las plantas y peso.

Establecer el caudal óptimo de riego y la variedad que brinda mayores rendimientos en el sistema hidropónico NFT.

4 MATERIALES Y MÉTODOS

4.1 Especie bajo estudio

La clasificación taxonómica de la lechuga se presenta en la Tabla 1 (BOELCKE, 1981).

Tabla 1: Clasificación taxonómica de la lechuga.

Reino	**Plantae**
División	**Angiosperma**
Clase	**Dicotiledónea**
Orden	**Campanulales**
Familia	**Asteraceae**
Subfamilia	**Cichorioideas**
Género	***Lactuca***
Especie	***L. sativa* L.**
Nombre vulgar	**Lechuga**

4.2 Área de estudio

El ensayo se realizó en el módulo hidropónico que pertenece a la Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad Nacional de Misiones, ubicado en la ciudad de Eldorado, Calle Bertoni N° 124, provincia de Misiones. Dicho modulo, se encuentra a 26º 24’00” de latitud sur y 54º 38’ 00” de longitud oeste.

Las instalaciones del módulo hidropónico consisten en un invernadero modelo Climma, cuya estructura es de acero galvanizado de 8 metros de ancho por 16 metros de largo, que en total cubre una superficie de 128 m^2; el mismo está orientado en sentido E-O. La cobertura plástica es de polietileno de 150 micrones de espesor.

En su interior, el invernáculo cuenta con una mesada de germinación denominada maternidad, la cual posee un sistema de riego individual constituido por un tanque de 150 litros y una bomba sumergible de 105w. Además de dicha mesada, se encuentran seis mesadas más con sistema NFT, cada una de 6 metros de largo y con una pendiente del 8%. Dos de ellas están destinadas para cultivos de hortalizas de hojas menores, una mesada destinada a etapa intermedia o fase 1 y tres mesadas para fase 2 o etapa final.

El sistema de riego entre las 6 mesadas es común, el mismo consta de un tanque de 1.100 litros de capacidad en el cual se diluye la solución nutritiva que es distribuida entre todas las mesadas mediante una bomba autocebante de ¾ de HP.

4.3 Presupuesto físico

Los insumos y equipamientos que se utilizarán a lo largo del desarrollo del proyecto se detallan en la Tabla 2, que corresponden a la construcción del invernadero y de las mesadas, incluyendo el sistema de riego.

Tabla 2: Elementos para la construcción de la estructura, mesadas y sistema de riego.

Detalle	Unidad	Cantidad
Estructura de metal para invernadero de 8 m x 16 m	Unidad	1
Techo para invernadero 150 mic.	Rollo	1
Pared para invernadero 100 mic.	Rollo	1
Zócalo 100 mic.	Rollo	1
Perfil NFT fase 1	Unidad	13
Perfil NFT fase 2	Unidad	21
Madera	Metro	60
Inyectores	Unidad	34
Bomba autocebante	Unidad	1
Bomba sumergible	Unidad	1
Caño PVC	Metro	30
Caños ppn	Metro	30
Lona bicapa	M^2	4
Tanque 1100 lts.	Unidad	1
Tanque 150 lts.	Unidad	1

La Tabla 3 contiene los componentes necesarios para la elaboración de la solución nutritiva y para el control de sus parámetros, así como también los que se emplearán en la siembra y en la medición de las variables que se analizarán.

Tabla 3: Elementos necesarios para la solución nutritiva,la siembra y las mediciones.

Detalle	Unidad	Cantidad
Nitrato de Calcio	g	756
Monofosfato de Amonio	g	35
Monofosfato de Potasio	g	164
Sulfato de Magnesio	g	198
Nitrato de Potasio	g	668
H_3BO_3	g	1.854
Sulfato de Manganeso	g	0.845
Molibdato de Amonio	g	0.12
Sulfato de Cobre	g	0.187
Sulfato de Zinc	g	1.16
Hierro Quelatado (6%)	g	40
Ácido fosfórico	g	Cantidad necesaria
Hidróxido de potasio	g	Cantidad necesaria
Contenedores plásticos	Unidad	3
Balanza de precisión	Unidad	1
Termómetro	Unidad	1
pH-metro y conductivímetro	Unidad	1
Timer analógico	Unidad	2
Semilla peletizada de lechuga var. *psique*	Unidad	238
Semilla peletizada de lechuga var. *isabela*	Unidad	238
Placa de espuma fenólica	Unidad	2
Cinta métrica	Unidad	1

4.4 Metodología de trabajo

El periodo comprendido entre la siembra y la cosecha corresponde a un ciclo productivo de la lechuga. La siembra de ambas variedades se realizó en placas de espuma fenólica cuyas dimensiones son de 1,9 x 1,9 x 2 cm, cada placa una con 345 unidades (troqueladas), que permanecieron en la mesada de maternidad por un periodo de 14 días. Transcurrido dicho periodo, los plantines fueron trasplantados a la mesada de etapa intermedia por el lapso de 21 días. Luego, se las reubicaron en la mesada de etapa final o fase 2 por 21 días nuevamente donde fueron cosechadas.

Durante los 21 días que las dos variedades de lechugas se encontraron en fase 2 fueron sometidas a tratamientos (T) que consistieron en tres diferentes caudales de riego en las dos variedades de lechuga. El primer caudal se corresponde con 1 l min^{-1} (Q1), el segundo con 1,5 l min^{-1} (Q2) y el tercero con 2,3 l min^{-1} (Q3). En todos los casos se trabajó con un mismo valor de conductividad eléctrica y de pH, el ensayo se realizó en los meses de primavera.

Cada caudal se aplicó a 24 plantas de cada variedad, con tres repeticiones por tratamiento. Por lo tanto, se trabajó con un total de 432 plantas en todo el ensayo. Las repeticiones de los tratamientos correspondieron a tres ciclos del cultivo por cada variedad y en cada nivel de caudal de riego.

En cuanto a las mediciones de las variables, las mismas se hicieron al momento de la cosecha de las plantas y se fueron registrando los datos obtenidos en una planilla de campo.

Se realizaron monitoreos en forma diaria en las mesadas para detectar plagas y enfermedades en el cultivo. Sin embargo, sólo se determinó cual es el agente causal y se llevó un registro de ello sin realizar algún tipo de control sobre la misma en ninguno de los tratamientos o repeticiones.

4.5 Formulación de la solución nutritiva

La solución nutritiva empleada durante la fase intermedia y final del ciclo de la lechuga, en ambas variedades a evaluar, es la misma para cada uno de los tres tratamientos a aplicar en este ensayo. Dicha solución nutritiva estará conformada por los fertilizantes detallados en la Tabla 4.

Tabla 4: Fertilizantes utilizados en la formulación de la solución nutritiva.

Macronutrientes	Gramos/1000 l.
Nitrato de calcio	756
Monofosfato de Amonio	35
Monofosfato de Potasio	164
Sulfato de Magnesio	198
Nitrato de Potasio	668
Micronutrientes	**Gramos/1.000 l.**
H_3BO_3	1,854
Sulfato de Manganeso	0,845
Molibdato de Amonio	0,12
Sulfato de Cobre	0,187
Sulfato de Zinc	1,16
Hierro Quelatado (6%)	40

En la etapa de maternidad se empleó la solución preparada de la misma manera que para las fases 1 y 2 pero diluida al 50%, ya que la concentración normal puede dañar los cotiledones en la germinación, quedando las concentraciones reducidas a la mitad de la solución que se empleará durante las fases posteriores.

Para la preparación de la solución nutritiva empleada en el riego, se realizó primero la solución madre, empleando tres contenedores plásticos rotulados, que contienen la solución con los nutrientes concentrados, que luego se incorporaron al tanque del sistema hidropónico. Dichas soluciones se designan como solución A, B y C. Se prepararon a una concentración de 300 veces, debido a que se puedan utilizar cantidades de peso de los nutrientes en valores medibles con una balanza de precisión. Una vez listas las soluciones A, B y C, se procedió a diluir en el tanque del sistema de riego. Para la capacidad del mismo, de 1.100 litros, se empleó 3,66 litros de cada una de las soluciones madre.

Los controles conductividad eléctrica y pH de la solución se realizaron en forma diaria mediante la realización de mediciones empleando un ph-metro y un conductivímetro. Controlando dichos parámetros dos veces al día, una vez por la mañana y otra por la tarde. Para mantener la correcta oxigenación del agua la instalación hidráulica cuenta con un retorno al tanque. En cuanto la conductividad eléctrica se mantuvo entre 1,4 y 1,7 dS m^{-1} y el pH entre 5,5 y 6,5.

Las correcciones del valor del pH se realzaron utilizando ácido fosfórico o caso contrario hidróxido de potasio, en cantidades necesarias hasta llegar al pH adecuado.

Los riegos fueron realizados en forma automática, mediante la implementación de un timer analógico. Los intervalos del riego fueron de 15 minutos durante el día y por la noche sólo se implementaron 4 momentos de riego, siendo los mismos a las 22, 1, 3 y 5 horas.

4.6 Diseño del experimento y variables a evaluar

Las condiciones de homogeneidad ambiental dentro del invernadero e incluso en la mesada de cultivo permiten que se utilice el diseño completamente aleatorizado (DCA), bifactorial.

Los tratamientos aplicados a cada una de las variedades a evaluar, las cuales son *psique* e *isabela*, corresponden a los caudales de 1 l min^{-1} (Q1), 1,5 l min^{-1} (Q2) y 2,3 l min^{-1} (Q3). Los tratamientos se distribuyeron de la siguiente forma:

- T1: variedad *isabela* y Q = 1 l min^{-1}
- T2: variedad *psique* y Q = 1 l min^{-1}
- T3: variedad *isabela* y Q = 1,5 l min^{-1}
- T4: variedad *psique* y Q = 1,5 l min^{-1}
- T5: variedad *isabela* y Q = 2,3 l min^{-1}
- T6: variedad *psique* y Q = 2,3 l min^{-1}

A dichos tratamientos se aplicaron 3 repeticiones, esquema que se detalla en la Tabla 5. El Factor A es el caudal de riego y el Factor B es la variedad de la especie con la que se trabajará en el ensayo.

Tabla 5: Variedades de lechuga con sus respectivos caudales y repeticiones.

Repetición	**Tratamientos**		
	Q1 (1 l min^{-1})	**Q2 (1,5 l min^{-1})**	**Q3 (2,3 l min^{-1})**
R1	Psique	Psique	Psique
	Isabela	Isabela	Isabela
R2	Psique	Psique	Psique
	Isabela	Isabela	Isabela
R3	Psique	Psique	Psique
	Isabela	Isabela	Isabela

El modelo estadístico matemático empleado es el de efectos mixto para un DCA, expresado en la siguiente ecuación: $Yijk = \mu + \alpha i + \beta j + (\alpha\beta)ij + \varepsilon ijk$ (1)

Dónde: Yijk es la respuesta observada en el i-ésimo tratamiento y la j-ésima repetición; μ es la media general; αi es el efecto del nivel i del factor A (caudal de riego); βj efecto del nivel j del factor B (variedad de la especie); $(\alpha\beta)ij$ es el efecto de la interacción entre el nivel (i) del factor A y el nivel (j) del factor B; y εijk es el término del error aleatorio.

En cuanto a las variables bajo estudio, éstas son el diámetro de roseta (DR), la altura de la planta (H) y el peso (P). Las variables DR y H se medirán con cinta métrica. El DR comprende la distancia entre los bordes de las hojas más externas de la planta (cm); H está determinada por la distancia entre el cuello de la planta y el borde de la hoja más sobresaliente del conjunto de hojas (cm). En tanto que P, se obtiene pesando la planta al ser cosechada, utilizando una balanza (g).

La toma de datos del DR, H y P se realizó en las 24 plantas de cada unidad experimental por cada una de las variedades. Todos los datos de las variables de interés (DR, H y P) fueron registrados en planillas impresas especialmente diseñadas para la realización de éste ensayo. Además, incluyeron los valores medidos de pH, CE, presencia de plagas y/o enfermedades en el cultivo y otras observaciones que se consideren de importancia para analizar el ensayo. Los datos fueron procesados con el software InfoStat (DI RIENZO *et al*., 2018).

4.7 Análisis y procesamiento de datos

Primeramente se realizó la de la unidad experimental para luego poder comparar los efectos de los diferentes tratamientos. El diámetro de roseta (DR), la altura de la planta (H) y el peso (P) se obtuvieron como lo expresan las siguientes fórmulas:

$$DR = \frac{\sum_n^i dr}{\mathrm{n}} \qquad H = \frac{\sum_n^i h}{\mathrm{n}} \qquad P = \frac{\sum_n^i p}{\mathrm{n}} \qquad (2)$$

En donde DR es el resultado de la sumatoria de los diámetros de roseta de las unidades muestrales medidas (dr) dividido el número de las plantas medidas (n), expresado en centímetros cm. En tanto, la altura de la planta corresponde a la altura promedio al realizarse la sumatoria de las alturas de las unidades muestrales medidas (h) dividido la cantidad total de las mismas (n), también expresadas en centímetros cm. El P se obtuvo del promedio de la sumatoria de todos los pesos individuales (p) dividido la cantidad total de plantas medidas (n), expresado en gramos.

Se analizaron los datos de las mediciones realizadas a través de la estadística inferencial mediante un análisis de variancia tradicional (ANOVA) teniendo en cuenta el modelo de efectos fijos de los factores caudal de Riego (l min^{-1}) y variedades. Para evaluar si existen diferencias significativas de los diferentes tratamientos se llevaron a cabo pruebas de comparación de medias de Tukey, teniendo en cuenta un nivel de significancia del 5 % a fin de identificar diferencias estadísticamente significativas entre las medias de los diferentes tratamientos.

5 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1.1 Diámetro de roseta

Tabla 6: Análisis de variancia para la variable Diámetro de roseta de la planta (cm).

Variable	N	R2	R2 Aj	CV	
Diámetro de roseta (cm)	18	0,83	0,76	5,08	
F.V.	**SC**	**gl**	**CM**	**F**	**p-valor**
Modelo	150,99	5	30,2	11,87	0,0003
Caudal L/Min	56,55	2	28,27	11,12	0,0019
Variedad	88,89	1	88,89	34,95	<0,0001
Caudal L/Min*Variedad	5,55	2	2,78	1,09	0,3667
Error	30,52	12	2,54		
Total	181,51	17			

En el análisis de varianza (ANOVA) realizado sobre el efecto entre las variedades, se estableció un p-valor menor a 0.0001, lo que indica que la diferencia entre las variedades es estadísticamente significativa (Tabla 6).

En el estudio de comparación de múltiples rangos de Tukey, la variedad *Psique* presenta un diámetro de roseta promedio de 33,64 cm, posicionándose significativamente por encima de la variedad *Isabela*, que muestra un diámetro promedio de 29,07 cm con una diferencia de 3,97 cm en términos de desarrollo de roseta (Figura 1), estando en línea con lo que Klein y Chern (2017) indican sobre la importancia de evaluar diferentes variedades en sistemas hidropónicos.

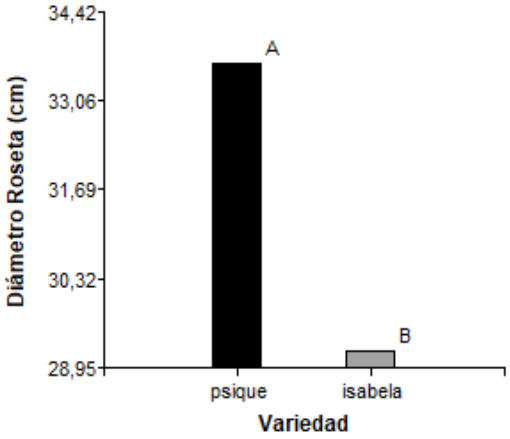

Figura 1: Comparación entre las variedades *Psique* e *Isabela* respecto a la variable diámetro de roseta (cm) de *Lactuca sativa* L.

En el análisis de varianza (ANOVA) realizado sobre el efecto de los caudales de riego (1,00, 1,50 y 2,30 l min^{-1}) en el diámetro de la roseta, se obtuvo un p-valor de 0,0019 (Tabla 6), lo que indica un efecto estadísticamente significativo en el diámetro de la roseta (cm). Esto sugiere que las diferencias en los caudales de riego influyen de manera significativa en el desarrollo de la planta, concordando con los hallazgos de Khan y Siddiqui (2013), quienes encontraron que la cantidad de agua disponible en sistemas hidropónicos afecta el crecimiento y rendimiento de las plantas.

En el estudio de comparación de múltiples rangos de Tukey, realizado al nivel de significancia α=0,05, reveló que los caudales de 1,50 l min^{-1} y 2,30 l min^{-1} presentan un diámetro de roseta promedio que no difiere significativamente entre sí, indicando que ambos caudales son efectivos para promover el crecimiento de la roseta. Sin embargo, el caudal de 1,00 l min^{-1} mostró un diámetro de roseta promedio significativamente menor (Figura 2), coincidiendo con Rincón

(2019), que señala que flujos adecuados de solución nutritiva son cruciales para maximizar la producción en cultivos hidropónicos.

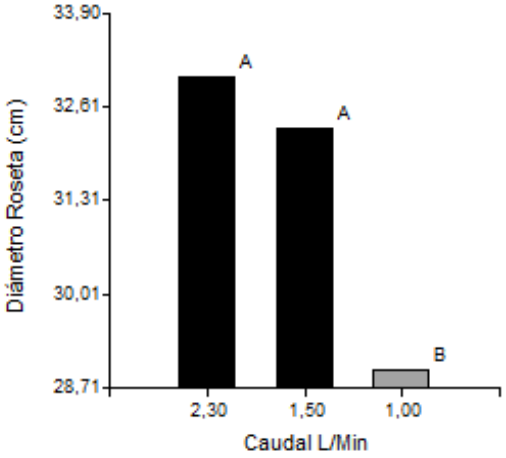

Figura 2: Comparación entre los caudales de riego respecto a la variable diámetro de roseta (cm) de *Lactuca sativa* L.

En el caso de la interacción entre variedad y caudal el ANOVA resultó en un p-valor de 0,3667 indicando que no hubo diferencia estadísticamente significativa (Tabla 6)

5.1.2 Altura de la planta

Tabla 7: Análisis de variancia para la variable altura de la planta (cm).

Variable	N	R2	R2 Aj	CV	
Altura planta (cm)	18	0,94	0,91	2,25	
F.V.	**SC**	**gl**	**CM**	**F**	**p-valor**
Modelo	52,9	5	10,58	35,4	< 0,0001
Caudal L/Min	2,94	2	1,47	4,92	0,0275
Variedad	48,35	1	48,35	161,76	< 0,0001
Caudal L/Min*Variedad	1,61	2	0,8	2,69	0,1084
Error	3,59	12	0,3		
Total	56,48	17			

En el análisis de varianza realizado sobre el efecto de variedades sobre la altura de las plantas se determinó un p-valor inferior a 0,0001, lo que señala que la discrepancia entre ellas tiene diferencias estadísticas significativas (Tabla 7).

Según la prueba de Tukey la variedad *Psique* exhibe una media de altura de 25,95 cm, situándose por encima de la variedad *Isabela*, que tiene una media de altura de 22,68 cm. Esta diferencia de 3,27 cm señala que Psique presenta un crecimiento superior, lo cual apunta a su mayor potencial de producción (Figura 3). Según Hernández y Lawler (2020), las variaciones en el crecimiento de las plantas pueden estar influenciadas por la genética de las variedades, así como por factores ambientales y de manejo, lo que respalda la observación de un rendimiento superior en *Psique*.

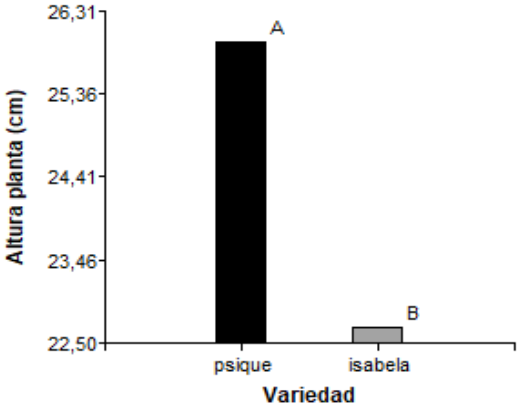

Figura 3: Comparación entre las variedades *Psique* e *Isabela* respecto a las variable altura de la planta (cm) de *Lactuca sativa* L.

En el análisis de varianza realizado sobre el efecto de los caudales de riego (1,00, 1,50 y 2,30 l min^{-1}) en la altura de la planta indicó un p-valor de 0,0275 (Tabla 7), lo que señala un efecto estadísticamente significativo en la altura de la planta (cm).

En el estudio de comparación de variedades utilizando la prueba de Tukey ($\alpha = 0,05$), el caudal de 1,5 l min^{-1} alcanzó una altura que no difiere significativamente del peso promedio del caudal de 2,3 l min^{-1}, ya que ambos comparten la letra "AB". Esto indica que ambos caudales otorgan condiciones de riego adecuadas, el mismo se diferenció del caudal de 1 l min^{-1} en el cual hubo menor crecimiento en altura (figura 4).

Esto sugiere que las diferencias en los caudales de riego tienen un impacto en el crecimiento de la altura de las plantas, reforzando la idea de que un caudal insuficiente limita el desarrollo de la planta, sosteniendo la necesidad de considerar altas tasas de riego para optimizar el crecimiento de las plantas (Gruda, 2016).

En el caso de la interacción entre variedad y caudal el ANOVA resultó en un p-valor de 0,1084 indicando que no hubo diferencia estadísticamente significativa (Tabla 7).

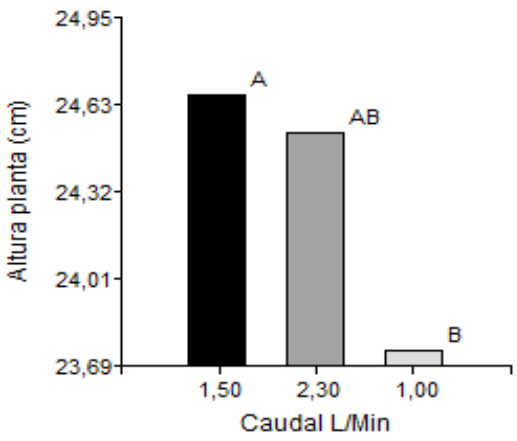

Figura 4: Comparación entre los caudales de riego respecto a la variable Altura de la planta de *Lactuca sativa* L.

5.1.3 Peso de la planta

Tabla 8: Análisis de variancia para la variable peso de la planta (gramos).

Variable	N	R2	R2 Aj	CV	
Peso de la planta	18	0,89	0,84	3,13	
F.V.	**SC**	**gl**	**CM**	**F**	**p-valor**
Modelo	6670,37	5	1334,07	18,9	< 0,0001
Caudal L/Min	1470,86	2	735,43	10,42	0,0024
Variedad	5191,81	1	5191,81	73,55	< 0,0001
Caudal L/Min*Variedad	7,7	2	3,85	0,05	0,9471
Error	847,11	12	70,59		
Total	7517,48	17			

En el análisis de varianza sobre el efecto de las variedades sobre el peso de la planta estableció un p-valor menor a 0,0001 lo que implica que la diferencia entre las variedades es estadísticamente significativa (Tabla 8).

La variedad *Psique* tiene un peso promedio 285,09 gramos, lo que la posiciona significativamente por encima de la variedad *Isabela*, que presenta un peso promedio de 251,12 gramos con una diferencia entre ambas de 33,97 gramos indicando que *Psique* es más productiva (Figura 5).

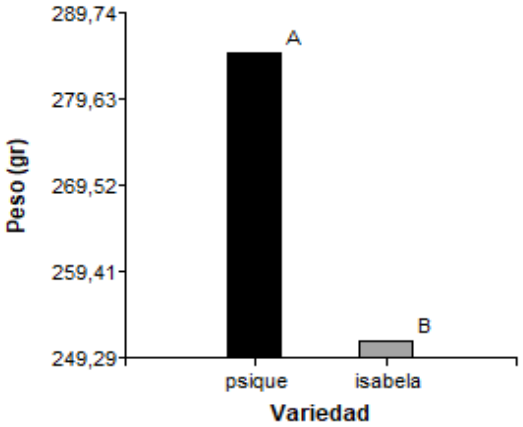

Figura 5: Comparación entre las variedades *Psique* e *Isabela* respecto a la variable peso de la planta (gramos) *Lactuca sativa* L.

En el análisis de varianza (ANOVA) sobre el efecto de tres caudales de riego (1,00, 1,50 y 2,30 l min^{-1}) en el peso promedio de las plantas, expresado en gramos, se obtuvo un p-valor de 0,0024, lo que indica un efecto estadísticamente significativo en el peso de las plantas (tabla 8).

En el estudio de comparación de variedades utilizando la prueba de Tukey (α = 0,05) reveló que los caudales de 1,50 l min^{-1} y 2,30 l min^{-1} no presentan diferencias significativas entre sí, dado que ambas categorías comparten la misma letra "A". Sin embargo, se observó una diferencia estadísticamente significativa entre los caudales de 1,00 l min^{-1} y los caudales más altos (1,50 y 2,30 l min^{-1}), lo cual indica que una mayor disponibilidad de solución nutritiva resulta en un aumento considerable del peso de la planta (Figura 6).

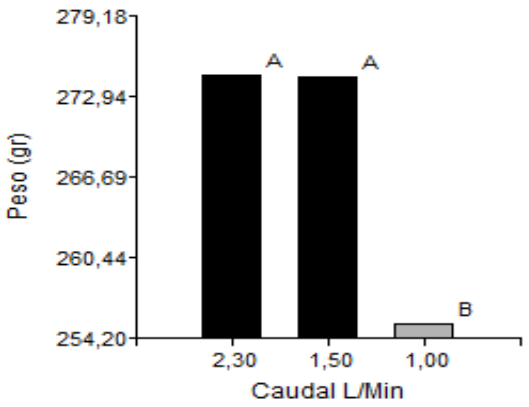

Figura 6: Comparación entre los caudales de riego respecto al peso de la planta (gramos) de *Lactuca sativa* L.

En cuanto a la interacción entre variedad y caudal el ANOVA resultó en un p-valor de 0,9471 indicando que no hubo diferencia estadísticamente significativa (Tabla 8).

Los resultados obtenidos en este trabajo muestran una diferencia estadísticamente significativa entre variedades en cuanto al diámetro de roseta, altura y peso de las plantas. Teniendo en cuenta que las variedades de lechuga crespas pueden variar relativamente las medias de producción, influenciada por diferentes componentes externos como el ambiente, además del componente interno como la genética, argumentando la discrepancia entre las variedades del ensayo (SANTOS et al. 2009).

Los rendimientos, tal y como los resultados encontrados evidencian, son significativamente distintos en los cultivos al variar los caudales de solución nutritiva. El tratamiento correspondiente al flujo volumétrico de 1 l min^{-1} resultó en un rendimiento más bajo en las variables observadas en comparación con los caudales de 1,5 y 2,3 l min^{-1}. Esto se corresponde con lo indicado en RODRIGUEZ (2013), que destaca que la razón de caudales para los sistemas NFT se encuentra entre 1 y 4 l min^{-1}, considerando como flujo volumétrico recomendado de 2 l min^{-1}, recomendado para garantizar un adecuado suministro de agua, nutrientes y oxígeno a las raíces, que coincidiría con lo obtenido, ya que con un caudal de 1,5 l min^{-1}se desarrolla de manera óptima por no haber diferencia con el caudal de 2,3 l min^{-1}.

La reducción del rendimiento correspondiente al caudal de 1 l min^{-1}se podría explicar por una posible insuficiencia de oxígeno y nutrientes, tal y como menciona Resh (2001), apoyando la idea de que en los primeros estadios de desarrollo el caudal moderado es suficiente para las raíces jóvenes, pero que a medida que las plantas son más grandes, el aumento del flujo es vital para

gestionar el incremento del volumen radicular sin poner en riesgo el oxígeno. La falta de ajuste del caudal en las etapas avanzadas del cultivo podría haber limitado el potencial productivo en este tratamiento.

Por otro lado, el rendimiento superior alcanzado en los tratamientos de 1,5 l min^{-1} y 2,3 l min^{-1} se encuentra dentro de lo expuesto por Raviv y Lieth (2008) cuando subrayan que la solución nutritiva debe ser mantenida en una lámina fina, que idealmente no debería superar los 5 mm, para llevar a cabo el proceso de aireación de las raíces y así evitar el riesgo de anegamiento. Este equilibrio parece garantizarse en estos caudales, lo que permite alcanzar un crecimiento uniforme y un buen aprovechamiento de los recursos.

Además, los resultados del experimento corroboran la idea planteada por Urrestarazu (2005) donde afirma que una adecuada gestión del caudal en cultivos como el de la lechuga en la que se proporciona agua, nutrientes y oxígeno continuamente evita el estrés hídrico, maximizando el rendimiento y la calidad del cultivo. La observación de un mayor rendimiento en el caso de los caudales superiores también da a entender que dichos valores son mayores que los que deberían aplicarse en las condiciones específicas del sistema aplicado en el presente estudio.

Si bien se observó en el estudio que el efecto de las interacciones entre los niveles del factor caudal y las distintas variedades no fueron significativas, se obtuvieron mayores valores promedios en cuanto a las variables estudiadas en los tratamientos de las combinaciones de la variedad *psique* con los caudales de 1,5 l min^{-1} y 2,3 l min^{-1} debido a la adición de los efectos de las variables independientes (anexo figuras 1, 2, y 3).

6 CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos en este estudio confirman la hipótesis planteada al inicio de la investigación, siendo que los distintos caudales de riego en sistemas hidropónicos NFT ejercen una influencia significativa en el diámetro de roseta, la altura de las plantas y el peso de las variedades de lechuga *Psique* e *Isabela*.

Se observó que los caudales de 1,5 y 2,3 l min^{-1} promovieron un mayor crecimiento vegetativo en comparación con el caudal de 1 l min^{-1}, lo que sugiere que un suministro adecuado de agua es crucial para optimizar el rendimiento del cultivo. Además, la variedad *Psique* demostró una superioridad consistente en todos los parámetros evaluados, indicando una mayor adaptabilidad al sistema hidropónico y a las condiciones ambientales del ensayo.

Aunque no se encontraron interacciones significativas entre el caudal y la variedad, los resultados obtenidos permiten concluir que ambos factores ejercen un efecto independiente sobre el crecimiento de las plantas.

Adicionalmente, durante los monitoreos periódicos se observó que, con un caudal de 1 l/min, ambas variedades presentaron quema en los bordes de las hojas, lo que representa un aspecto negativo en la búsqueda de calidad del producto final, además de los rendimientos del cultivo. También se registró una mayor incidencia de insectos (trips) en las plantas sometidas al caudal más bajo, lo que evidencia un impacto negativo en la sanidad del cultivo asociado a una gestión deficiente del riego. En conjunto, estos hallazgos destacan la relevancia de un manejo adecuado del caudal de riego y la elección de variedades adaptadas para garantizar una producción hidropónica eficiente y de alta calidad.

7 BIBLIOGRAFÍA

AYRES LAPORTA, J. I. 2023. Crecimiento y consumo de nutrientes de lechuga y rúcula en sistema hidropónico NFT. Facultad de Agronomía. Universidad de la República. Montevideo, Uruguay. 114 pp.

BELTRANO, J.; Giménez, D. O. 2015. *Cultivo en hidroponía.* Editorial de la Universidad de La Plata. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. Universidad Nacional de La Plata. Buenos Aires, Argentina. 181 pp.

BOELCKE, O. 1981. *Plantas vasculares de la Argentina nativas y exóticas*. (2da ed.). Editorial Hemisferio Sur S.A. Buenos Aires, Argentina. 176 pp.

CUSSI CRUZ, M. 2018. Determinación del caudal mínimo de riego para la producción óptima de lechuga (*Lactuca sativa* L.) en un sistema N.F.T. en la ciudad de El Alto, La Paz. Facultad de Agronomía. Universidad Mayor de San Andrés. La Paz, Bolivia. 155 pp.

CHOCATA GALLEGO, L. A. 2023. Implementación de un módulo de producción de lechuga (*Lactuca Sativa* L.) variedad isabela bajo el sistema hidropónico mix recirculante Nft, localidad de Sapecho. Facultad de Agronomía. Universidad Mayor de San Andrés. La Paz, Bolivia. 132 pp.

COLLADO, A. (2020). La agricultura del futuro: cambios y desafíos. Comisión Económica para América Latina

CONNOR, RICHARD; MILETTO, MICHELA. Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos 2023: UNESCO

DI RIENZO, J. A., Casanoves, F., Balzarini, M. G., González, L., Tablada, M., Robledo, C. W. 2018. InfoStat, versión 2018, Grupo InfoStat FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.

ERRECART, N. A. 2011. Contenido de nitratos, oxalatos, vitamina C y grado de aceptación en Cultivo sin suelo de espinaca vs. Cultivo egn suelo. Facultad de Cs. Médicas. Universidad FASTA. Buenos Aires, Argentina. 112 pp.

FURLANI 1999. Cultivo hidropônico de plantas. IAC, Campinas, 52 p. Boletim Técnico 180.

GRUDA, N. (2016). "Soilless Culture: A Way to Produce Healthy Plants and Food". Soil & Water Issues in Hydroponics, 1(1), 205-217.

HERNÁNDEZ, S., & LAWLER, S. R. (2020). "Evaluating Lettuce Growth Performance Under Controlled Environment Agriculture". Agronomy Journal, 112(5), 2121-2130.

KHAN, M. A., & SIDDIQUI, I. (2013). "Effect of Irrigation Levels on Growth, Yield and Water Use Efficiency of Lettuce Under Hydroponic Culture". American Journal of Plant Sciences, 4(3), 542-547.

KLEIN, T. A., & CHERN, G. (2017). "Comparative Growth Analysis of Different Lettuce Varieties in Hydroponic Systems". Horticultural Science, 52(3), 321-325.

LÓPEZ BILBAO, M. L.; FREZZALA, D. 2022. Lechuga. Ediciones INTA. Buenos Aires, Argentina. 83 pp.p

MAMANI GONZÁLES, J. M. 2022. Efecto del caudal en el rendimiento de cuatro variedades de lechuga (*Lactuca sativa* L.) en el sistema hidropónico NFT (Nutrient Film Tecnique) en la estación experimental Patacamaya. Facultad de Agronomía. Universidad Mayor de San Andrés. La Paz, Bolivia. 155 pp.

NICOLÁS SCARPATTI, 2023. Informe de lechuga. Ministerio de economía de la Nación

QUINTERO, J. J. 1997. La lechuga. [s.n.]. Publicaciones de Extensión Agraria. Ministerio de Agricultura. Madrid, España. 20 pp.

RESH, H. M. 2006. Cultivos hidropónicos. (5ta ed.) Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España.

RAVIV M. AND H. LIETH. 2008. Soilless culture theory and practice. Editorial Elsevier. EEUU, CA.

RINCON, J. (2019). "The Effect of Nutrient Solution Flow Rates on Plant Growth in Hydroponics". Journal of Plant Nutrition, 42(12), 1465-1478.

RODRÍGUEZ, D. A. 2013. Producción de hortalizas en sistemas NFT. Universidad Agraria la Molina, Perú.

SAKATA extraido del 9 de julio del 2024 de: https://www.sakata.com.br/es/hortalizas/hojas/lechuga/crespa/psique

SAKATA. Extraído el 9 de julio de 2024, de: https://www.sakata.com.br/es/hortalizas/hojas/lechuga/crespa/isabela.

SÁNCHEZ, V., 2024) Conservación del agua y las tecnologías sostenibles: estudios sobre las tecnologías y prácticas emergentes para el desarrollo sostenible y la conservación de ecosistemas.

SANTOS, C. L. et al. 2009 Desempenho de cultivares de alface tipo crespa sob altas temperaturas em Cáceres - MT. Agrarian,

SAVVAS, D., y Gruda, N. 2018. Application of soilless culture technologies in the modern greenhouse industry. European Journal of Horticultural Science, Vol. 83(5): 280- 293.

UNFPA (fondo de población de la Naciones Unidas) extraído el 11 de octubre del 2024 de:https://www.unfpa.org/es/tendencias-demogr%C3%A1ficas#readmore-expand

URRESTARAZU, G. M. 2005. Manual de cultivo sin suelo. Tercera edición. Editorial Mundi Prensa.

WORLDOMETER, 2024 extraído el 11 de octubre del 2024

https://www.worldometers.info/world-population/world-population-projections/

8 ANEXO

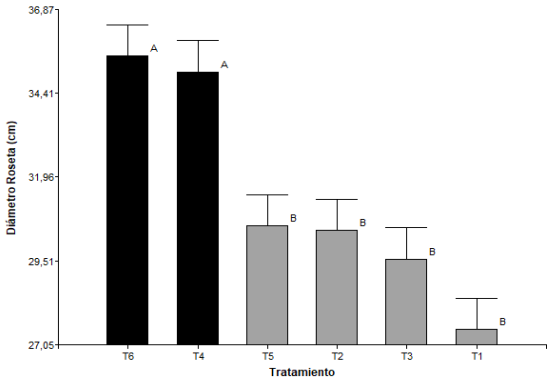

Figura 1: Diámetro promedio de las rosetas de *Lactuca sativa* L. para los diferentes tratamientos.

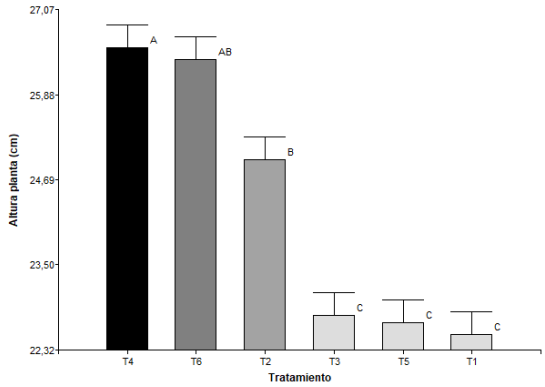

Figura 2: Altura promedio de las plantas de *Lactuca sativa* L. para los diferentes tratamientos.

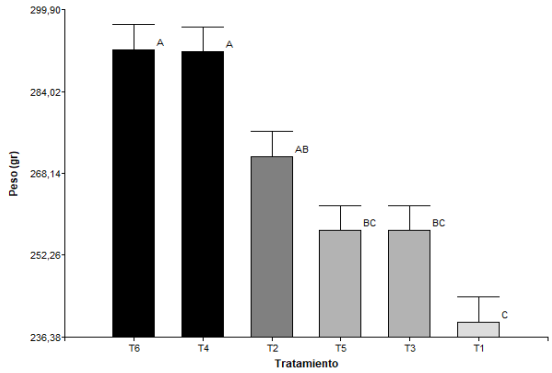

Figura 3: Peso promedio de la planta de *Lactuca sativa* L. para los diferentes tratamientos**.**

RIDUNaM
REPOSITORIO INSTITUCIONAL DIGITAL
DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE MISIONES

Formulario de autorización de depósito de tesis/trabajo integrador final en la Comunidad Ciencias Agrarias del RIDUNaM (Repositorio Institucional Digital de la UNaM)

Por intermedio de la presente, el abajo firmante, AUTOR del trabajo integrador final (grado) titulado **"Efecto del caudal de riego en dos variedades de lechuga (*Lactuca sativa* L.) en sistemas hidropónicos NFT en Misiones Argentina."** da FE de la autoría y originalidad de la obra mencionada, que fue dirigido por Ing. RAMOS HENTZ Facundo Ernesto e Ing. BUCHWEIS Ricardo Ariel Bernardo, presentada y defendida en la Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad Nacional de Misiones (FCF-UNaM), el 20/12/2024, Acta N° 183861, con el fin de obtener el título de **Ingeniero Agrónomo**.

Tildar según corresponda
[ ] Tesis de Posgrado
[ ] Doctorado [ ] Maestría [ ] Trabajo Final Integrador
[X] **Tesis de Grado**

Derechos patrimoniales
Como autor, expreso mi conformidad en cuanto a la cesión gratuita de los derechos de reproducción y circulación de esta obra, en forma NO EXCLUSIVA, a la Facultad de Ciencias Forestales-UNaM. Dicha reproducción y circulación se podrá realizar, una o varias veces, en cualquier soporte, para todo el mundo, con fines sociales, educativos y científicos.
En virtud del carácter no exclusivo de esta cesión, el autor podrá reproducir y comunicar libremente la tesis o trabajo final integrador, a través de los medios que estime oportunos.

Condiciones de acceso en línea
[**X**] Autorizo el depósito de la tesis o trabajo final integrador en forma inmediata
[ ] Autorizo el depósito del documento con embargo por el plazo de _____ meses a partir de la defensa de la misma.

Condiciones de uso de la tesis/TFI
Será puesta a disposición pública bajo las siguientes condiciones de uso:

	(BY) Atribución — Debe reconocer los créditos de la obra de la manera especificada por el autor o el licenciante (pero no de una manera que sugiera que tiene su apoyo o que apoyan el uso que hace de su obra).
	(NC) No Comercial — No puede utilizar esta obra para fines comerciales.
	(SA) Permite trabajos derivados — Siempre que se mantenga la misma licencia.
BY NC SA	**Reconocimiento – NoComercial – CompartirIgual (by-nc-sa):** No se permite un uso comercial de la obra original ni de las posibles obras derivadas, la distribución de las cuales se debe hacer con una licencia igual a la que regula la obra original.

Referencias:
CC (Licencias Creative Commons).
BY (Atribución).
NC (No comercial).
SA (Compartir igual).

RIDUNaM
REPOSITORIO INSTITUCIONAL DIGITAL
DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE MISIONES

Dados personales (llenar un cuadro por cada autor)

Apellido y Nombres	ROJAS, Rodolfo Ronald
Teléfono/Celular	+54 9 3751 61-2371
Correo electrónico	ronald.rojas@fcf.unam.edu.ar

Se firma la presente en la Ciudad de Eldorado, Misiones a los 20 días del mes de diciembre de 2024.

Firma	DNI: 37110923	Rojas Rodolfo Ronald
	Tipo y N° Documento	Aclaración