



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE CIENCIAS
AGROPECUARIAS



CARRERA DE AGRONOMÍA

“Aplicación de la Electrocultura en el cultivo de Lechuga (*Lactuca sativa*)”

DOCUMENTO FINAL DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN COMO
REQUISITO PARA OBTENER EL GRADO DE INGENIERO AGRÓNOMO

Autor:

Santiago Giovanni García Hernández

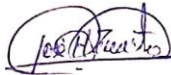
Tutor:

Ing. José Hernán Zurita Vásquez, Mg.

CEVALLOS, 2024

“Aplicación de la Electrocultura en el cultivo de Lechuga (Lactuca sativa)”

REVISADO POR:



Ing. José Hernán Zurita Vásquez, Mg. (TUTOR)

TUTOR APROBADO POR LOS MIEMBROS DE CALIFICACIÓN:



Ing. Núñez Torres Oscar Patrieio, PhD
PRESIDENTE DE TRIBUNAL

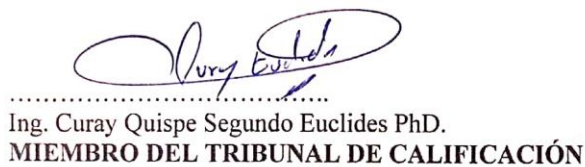
Fecha

31-07-2024



Ing. Mg. Santana Mayorga Rita Cumandá
MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE CALIFICACIÓN

31-07-2024

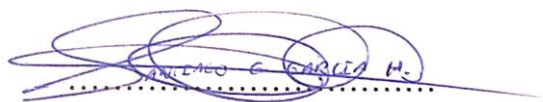


Ing. Curay Quispe Segundo Euclides PhD.
MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE CALIFICACIÓN

31-07-2024

AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN

El suscrito, Santiago Giovanni García Hernández, portador de cédula de ciudadanía número: 1850074137, libre y voluntariamente declaro que el Informe Final del Proyecto de investigación titulado: “**Aplicación de la Electrocultura en el cultivo de Lechuga (*Lactuca sativa*)**” es original, auténtico y personal. En tal virtud, declaro que el contenido es de mi sola responsabilidad legal y académica, excepto donde se indican las fuentes de información consultadas.



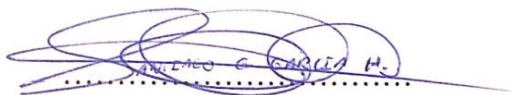
Santiago Giovanni García Hernández

DERECHO DE AUTOR

Al presentar este Informe Final del Proyecto de Investigación titulado “**Aplicación de la Electrocultura en el cultivo de Lechuga (*Lactuca sativa*)**” como uno de los requisitos previos para la obtención del título de grado de Ingeniero Agrónomo, en la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Ambato, autorizo a la Biblioteca de la Facultad, para que este documento esté disponible para su lectura, según las normas de la Universidad.

Estoy de acuerdo en que se realice cualquier copia de este Informe Final, dentro de las regulaciones de la Universidad, siempre y cuando esta reproducción no suponga una ganancia económica potencial.

Sin perjuicio de ejercer mi derecho de autor, autorizo a la Universidad Técnica de Ambato la publicación de este Informe Final, o de parte de él.



Santiago Giovanni García Hernández

DEDICATORIA

Dedico este proyecto de investigación a aquellas personas que me inspiraron con su ejemplo de perseverancia y pasión por el conocimiento. A mi familia, cuyo amor y apoyo incondicional fueron mi roca en momentos de duda y cansancio. A mis profesores y mentores, cuya sabiduría y orientación guiaron mis pasos en este camino de descubrimiento intelectual. A mis amigos, cuya complicidad y ánimo fueron un bálsamo en las horas de trabajo solitario. A todas las personas que de una forma u otra contribuyeron con su tiempo, sus ideas o su experiencia a enriquecer este proyecto. Que este trabajo sea un modesto tributo a su generosidad y una contribución significativa al avance del conocimiento en este campo. Gracias por acompañarme en esta emocionante aventura de aprendizaje y crecimiento.

AGRADECIMIENTO

Quiero comenzar expresando mi profundo agradecimiento a Dios, cuya guía y fortaleza han sido la luz que ha iluminado cada paso de este camino académico. Su amor incondicional y su gracia han sido mi sustento y motivación en los momentos más desafiantes.

Agradezco de corazón a mi familia por su apoyo incondicional y por ser mi fuente constante de amor, aliento y comprensión. A mis padres, Mónica Hernández y Segundo García quienes me han enseñado el valor del esfuerzo y la perseverancia, y cuyo sacrificio y dedicación han hecho posible que hoy pueda llegar a este momento tan especial. A mi hermana Verónica García quien siempre me ha apoyado y que ha estado conmigo en las buenas y en las malas.

Al Ing. Hernán Zurita, mi tutor de tesis, al Ing. Luciano Valle que me ayudó con el análisis estadístico para este proyecto de investigación, a la Ing. Rita Santa que me ha apoyado mucho en este trayecto y con el préstamo de equipos para la toma de datos, al ing. Segundo Curay quien me ha ayudado en este proyecto de investigación, al Ing. Juan Yáñez que me ayudo con la adquisición del alambre de cobre para la realización de las antenas y a todos los ingenieros y profesores que he tenido la oportunidad de conocerlos a lo largo de este trayecto, quiero extender mi más sincero agradecimiento por su orientación experta, paciencia y dedicación durante todo el proceso de investigación. Sus consejos sabios y su compromiso han sido fundamentales para el éxito de este proyecto.

A mis amigos y compañeros de estudios, gracias por su amistad, apoyo mutuo y por compartir conmigo momentos memorables que han enriquecido mi experiencia académica. Quiero agradecer de todo corazón a la señorita Estefanía Rojano quien me ayudó mucho con un espacio de terreno para la realización de este proyecto de investigación.

Finalmente, a todas las personas que participaron como sujetos de estudio y colaboradores en la recolección de datos, les agradezco profundamente por su participación y generosidad. Este logro no hubiera sido posible sin la guía de Dios, el amor de mi familia y el apoyo de todos los que han estado a mi lado. A todos ustedes, mi más sincero agradecimiento por formar parte de este importante capítulo de mi vida académica.

ÍNDICE GENERAL

AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN3

DERECHO DE AUTOR4

DEDICATORIA5

AGRADECIMIENTO6

RESUMEN10

ABSTRACT11

CAPÍTULO I12

INTRODUCCIÓN12

MARCO TEÓRICO13

1.2. Objetivos15

1.2.1. Objetivo General:15

1.2.2. Objetivos Específicos:15

CAPÍTULO II16

METODOLOGÍA16

2.1. Ubicación del ensayo16

2.2. Caracterización del lugar.16

2.3 Equipos y Materiales17

2.3.1. Equipos17

2.3.2. Materiales17

2.3.3. Material Oficina17

2.4. Factores de Estudio:18

2.4.1. Factor 1: Material Eléctrico18

2.4.2. Factor 2: Número de Antenas18

TRATAMIENTOS18

2.5. MANEJO DEL EXPERIMENTO18

2.5.1. *Preparación del terreno*18

2.5.2. *Realización de la Antenas*18

2.5.3. *Adquisición de plántulas*19

2.5.4. *Aplicación de los tratamientos*19

2.5.5. *Riego del cultivo*19

2.5.6. *Manejo de malezas*19

2.6. DISEÑO EXPERIMENTAL19

2.6.1. *Unidad experimental*19

2.6.2. Esquema del diseño o unidad experimental	20
2.7. Variables respuesta	21
2.7.1. Altura de planta en la cosecha (cm)	21
2.7.2. Peso del repollo en el momento de la cosecha	21
2.7.3. Diámetro del repollo en el momento de la cosecha	21
2.7.4. Días a la cosecha	22
2.7.5. Contenido de clorofila y nitrógeno	22
2.7.6. Conductividad eléctrica del suelo	22
CAPÍTULO III	22
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	22
3.1. Análisis y discusión de resultados	22
3.3.1. Altura de la planta en el momento de la cosecha (cm)	22
3.3.2. Peso del repollo en el momento de la cosecha	23
3.3.3. Diámetro del repollo en el momento de la cosecha	25
3.3.4. Días a la cosecha	26
3.3.5. Contenido de clorofila y nitrógeno	26
3.3.6. Conductividad eléctrica del suelo	28
CAPÍTULO IV	29
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	30
4.1. CONCLUSIONES	30
4.2. RECOMENDACIONES	30
BIBLIOGRAFIA	30
ANEXOS	35
ANEXO DE FOTOGRAFIAS	38

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Tratamientos18

Tabla 2. Prueba de Tukey al 5% para la variable altura de planta a la cosecha23

Tabla 3. Prueba de Tukey al 5% para la variable peso del repollo de planta a la cosecha24

Tabla 4. Prueba de Tukey al 5% para la variable diámetro del repollo de planta a la cosecha25

Tabla 5. Prueba de Tukey al 5% para la variable contenido de clorofila26

Tabla 6. Prueba de Tukey al 5% para la variable contenido de nitrógeno27

Tabla 7. Variable conductividad eléctrica del suelo28

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación Parroquia Unamuncho16

Figura 2. Distribución del diseño experimental20

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía 1. Preparación del terreno38

Fotografía 2. Realización de los surcos38

Fotografía 3. Realización de las antenas39

Fotografía 4. Adquisición de plántulas39

Fotografía 5. Trasplante de las lechugas al terreno40

Fotografía 6. Aplicación de los tratamientos40

Fotografía 7. Riego del cultivo41

Fotografía 8. Manejo de malezas41

Fotografía 9. Riego del cultivo42

Fotografía 10. Repollo de la lechuga42

Fotografía 11. Toma de datos43

RESUMEN

La presente investigación fue realizada en los predios del sector de Unamuncho del cantón Ambato, provincia de Tungurahua, con el propósito de aplicar la Electrocultura en la Lechuga (*Lactuca sativa*), utilizando antenas realizadas manualmente con material de alambre de cobre y alambre de aluminio galvanizado. Se realizó un diseño de bloques completos al azar con cinco tratamientos en tres repeticiones. Para el registro de datos fueron obtenidos mediante un DBCA y con la prueba de Tukey al 5%, observando las siguientes variables: Altura de la planta en el momento de la cosecha (cm), contenido de clorofila y nitrógeno, días a la cosecha, peso del repollo a la cosecha, diámetro del repollo a la cosecha, conductividad eléctrica del suelo, registrando los siguientes resultados: Los tratamientos realizados en el proyecto de investigación M1A1, M1A2 (alambre de cobre) y M2A1, M2A1 (alambre de aluminio galvanizado) son muy efectivas a comparación del Testigo que ha tenido un bajo rendimiento. En la altura de planta el tratamiento que más destacó fue M1A2, con una altura de 18.04 cm; en el peso del repollo el tratamiento que más destacó fue M1A2, con un peso de 1341.67 g; en el diámetro del repollo a la cosecha el tratamiento que sobresalió fue M1A2, con un diámetro de 19.13 cm; en el contenido de clorofila se obtuvo que el tratamiento M1A1, con un promedio de 24.95, fue el que más destaca de todos los tratamientos y del testigo; en el contenido de nitrógeno el que más sobresalió M1A1, con un promedio de 8.03; con respecto a la conductividad eléctrica del suelo se obtuvo que los tratamientos M1A1 y M1A2 tienen un promedio de 30.28, los tratamientos M2A1y M2A2 estuvieron con un promedio de 32.61 y el Testigo con un promedio de 21.14.

Palabras clave: Lechuga, Electrocultura, antenas, aluminio, cobre, alambre nitrógeno, clorofila.

ABSTRACT

The present investigation was carried out on the premises of the Unamuncho sector of the Ambato canton, province of Tungurahua, with the purpose of applying Electroculture in Lettuce (*Lactuca sativa*), using antennas made manually with copper wire material and galvanized aluminum wire. . A randomized complete block design was carried out with five treatments in three repetitions. To record data, they were obtained using a DBCA and with the Tukey test at 5%, observing the following variables: Height of the plant at the time of harvest (cm), chlorophyll and nitrogen content, days to harvest, weight of cabbage at harvest, diameter of cabbage at harvest, electrical conductivity of the soil, recording the following results: The treatments carried out in the research project M1A1, M1A2 (copper wire) and M2A1, M2A1 (galvanized aluminum wire) They are very effective compared to the Witness who has had a poor performance. In plant height, the treatment that stood out the most was M1A2, with a height of 18.04 cm; In the weight of cabbage, the treatment that stood out the most was M1A2, with a weight of 1341.67 g; In the diameter of the cabbage at harvest, the treatment that stood out was M1A2, with a diameter of 19.13 cm; In the chlorophyll content, it was found that the M1A1 treatment, with an average of 24.95, was the one that stands out the most of all the treatments and the control; In the nitrogen content, M1A1 stood out the most, with an average of 8.03; With respect to the electrical conductivity of the soil, it was obtained that treatments M1A1 and M1A2 have an average of 30.28, treatments M2A1 and M2A2 had an average of 32.61 and the Control had an average of 21.14.

Keywords: Lettuce, Electroculture, antennas, aluminum, copper, nitrogen wire, chlorophyll.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

La lechuga (*Lactuca sativa*) es una hortaliza que a lo largo de los años ha llegado a ser consumida en nuestro país, esto se da por su alto nivel nutritivo; sin embargo, en los últimos años se ha visto que para producir este cultivo se ha utilizado en mayor escala los productos químicos y esto ha generado que su uso en la agricultura cause daños en el medio ambiente, bajo rendimiento, pocas alternativas para el desarrollo del cultivo de la lechuga, etc.

Con el fin de mejorar la producción y rendimiento de dicho cultivo se ha planteado una de las alternativas que podrían llegar a incrementar todos los factores necesarios para alcanzar una agricultura de bajos costos al igual que incrementar el rendimiento del cultivo de lechuga, mejorando la calidad y dejando de usar excesivamente los agroquímicos.

La Electrocultura es una tecnología de gestión agrícola que utiliza el campo magnético toroidal de la Tierra y la electricidad atmosférica para mejorar la salud de los cultivos y, por lo tanto, aumentar la productividad de los mismos **Agroflow et al. (2023)**. Con el objetivo cambiar, el potencial eléctrico de las plantas y del suelo puede aumentar la permeabilidad de las membranas celulares de las plantas, facilitando la absorción de nutrientes y la fotosíntesis.

MARCO TEÓRICO

Acerca de la lechuga se consume durante todo el año, por lo que siempre hay una gran demanda de este producto. Es una planta rica en provitaminas, contiene 94,8% de agua, 1,2% de proteínas, 0,2% de grasas y 2,9% de carbohidratos. El cultivo de lechuga contiene altas dosis de vitaminas A, B, C y E, además de minerales. La lechuga cultivada (*Lactuca sativa L.*) es una planta anual que pertenece a la familia de las Asteraceae. La duración del cultivo desde la siembra hasta la cosecha suele darse de 5 a 60 días para las variedades de maduración temprana y de 70 a 80 días para las variedades de maduración tardía **Quintero et al. (S.F.)**.

La lechuga es una verdura de hoja y se puede comer casi fresca. En los últimos años, su importancia ha aumentado debido a la diversidad de tipos de cultivares, incluidos Batavia, lechuga suave, lechuga romana, mini hojas tiernas y lechugas de hoja lisa y corona en diferentes tonos de verde, rojo y morado. La principal forma de presentación es la ensalada, como parte integral de la comida rápida como sándwiches, hamburguesas, hot dogs y como guarnición de especialidades de restaurantes **Sativa et al. (S.F.)**

Antecedentes investigativos

Con respecto a unos estudios que se han realizado sobre los efectos de las corrientes eléctricas en las plantas y algunas de sus respuestas funcionales están bien establecidas. Bosé demostró que varios tipos de estimulación eléctrica causan efectos mecánicos mensurables, como la contracción de las células pulvinares de *Mimosa pudica*, provocando el desplazamiento de las hojas hacia abajo. También observó que los shocks de "ruptura" del cátodo y de "formación" del ánodo aceleraban el crecimiento, mientras que el crecimiento del cátodo y la ruptura del ánodo lo desaceleraban **Krueger, Kotaka, & Andriese, et al. (1962)**.

La posibilidad de mejorar la productividad agrícola mediante el uso de electricidad atmosférica ha sido motivo de controversia durante unos 200 años. Durante los siglos XVIII y XIX se hicieron varios intentos de acelerar el crecimiento de las plantas mediante diversos tratamientos eléctricos, de los cuales quizás el más popular se basaba en el uso de conductores aéreos para "recolectar" la electricidad atmosférica y transmitirla a cables en el suelo debajo del cultivo. Sin embargo, la coherencia en el diseño experimental no comenzó a surgir hasta la introducción de la técnica de "descarga artificial desde arriba" en 1885 por K.S. Lemström, profesor de Física de la Universidad de Helsingfors en Finlandia. La aplicación de esta técnica proporcionó la primera evidencia real de su potencial importancia económica, y a Lemström se le puede atribuir la introducción lógica del término "elektrokultur" (posteriormente anglicanizado como "electro-cultura") **SIDAWAY et al. (1975).**

El electrocultivo es una técnica agrícola que utiliza energía eléctrica o electromagnética para estimular el crecimiento de las plantas y mejorar la salud del suelo, lo que resulta en un mayor rendimiento de los cultivos **Skiver et al. (2023)**. Esto quiere decir que la Electrocultura es una buena metodología de agricultura para el crecimiento y germinación de las plantas ya que las corrientes eléctricas ayudan para estimular el fácil y rápido crecimiento de la planta, por ejemplo, en la cebada la maduración se aceleró en 12 días.

La tecnología de semillas en el contexto actual y el uso de métodos físicos para aumentar el rendimiento de las plantas ofrecen muchas ventajas frente a los tratamientos tradicionales basados en el uso de productos químicos. Los efectos de los tratamientos físicos sobre la viabilidad de las semillas involucran múltiples niveles, que van desde aspectos de la estructura morfológica hasta cambios en la expresión genética, las proteínas o el metabolismo **(Araujo et al., 2016)**.

El uso de campos magnéticos como tratamiento físico para aumentar la germinación de semillas y emergencia de plántulas es uno de los métodos seguros y razonables en los sistemas de producción agrícolas (**Digbal et al., 2016 & Golbaz and kaviani, 2019**). Como resultado tenemos que el uso de los campos magnéticos o electromagnéticos es de gran ayuda para estimular un buen y mejor rendimiento de germinación de las semillas como también de los cultivos.

Con respecto a un experimento realizado se pudo evaluar los efectos del tratamiento con iones de aire en plantas de tomate (*Lycopersicon esculentum* P. Miller) desde los siguientes aspectos: (1) crecimiento y salud, (2) rendimiento y calidad del fruto, (3) factores económicos. Las plantas fueron cultivadas por un productor comercial de invernadero (G.H.) utilizando técnicas de cultivo sin suelo. Se instalaron ionizadores y emisores de aire, exponiendo 864 plantas a un flujo negativo de iones de aire de alta densidad, mientras que 576 plantas se cultivaron en áreas con relativamente pocos iones. Se utilizaron procedimientos operativos normales, con algunas modificaciones, para el cultivo de plantas, alimentación/riego y control ambiental **Yamaguchi & Krueger et al. (1983)**.

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo General:

- Aplicar la Electrocultura en el cultivo de Lechuga (*Lactuca sativa*)

1.2.2. Objetivos Específicos:

- Determinar el material eléctrico adecuado para la Electrocultura en el cultivo de Lechuga
- Establecer el número de antenas por m² en el cultivo de Lechuga

Precipitación

En la parroquia de Unamuncho se registra una precipitación anual de 485 mm (**GAD Unamuncho, 2020**).

Agua Riego

La parroquia de Unamuncho utiliza el agua de riego que proviene del canal Latacunga-Salcedo-Ambato (**Amán, 2020**).

2.3 Equipos y Materiales

2.3.1. Equipos

Voltmetro

Balanza Digital

Clorophyll Meter GYJ-B

2.3.2. Materiales

Alambre de aluminio galvanizado

Alambre de cobre

Piolas

Plántulas de Lechuga

Etiquetas

Flexómetro

Cinta Métrica

2.3.3. Material Oficina

Computadora

Celular (cámara fotográfica).

Libreta

Esfero

Regla

2.4. Factores de Estudio:

2.4.1. Factor 1: Material Eléctrico

Alambre Cobre M1

Alambre Aluminio Galvanizado M2

2.4.2. Factor 2: Número de Antenas

Una x m2 A1

Dos x m2 A2

Testigo

TRATAMIENTOS

Tabla 1.

Tratamientos

Tratamiento	Simbología	Descripción
1	M1A1	Alambre de cobre 1xm ²
2	M1A2	Alambre de cobre 2xm ²
3	M2A1	Alambre galvanizado 1xm ²
4	M2A2	Alambre galvanizado 2xm ²
5	Testigo	

2.5. MANEJO DEL EXPERIMENTO

2.5.1. Preparación del terreno

En la preparación del terreno se realizaron labores culturales como, limpieza del terreno, riego y realización de surcos. Estos se realizaron con azadones de manera uniforme y con precisión para tener una buena distancia entre plántulas. Las plántulas de lechuga se hicieron a una distancia de 30x30 cm.

2.5.2. Realización de la Antenas

Las antenas se realizaron de la siguiente forma: con una medida de 50 cm de un palo de escoba se realizó las antenas de alambre de cobre y las antenas de alambre galvanizado los cuales se los enrollaron en el palo de escoba y en forma espiral.

2.5.3. Adquisición de plántulas

Se compraron las plántulas necesarias para el trabajo de investigación (300 plántulas).

2.5.4. Aplicación de los tratamientos

Después de haber realizado el trasplante se colocó las antenas realizadas de alambre de cobre y aluminio galvanizado y se ubicaron de acuerdo al diseño experimental planteado.

2.5.5. Riego del cultivo

El riego en la Lechuga se realizó cada 8 días utilizando el método de gravedad con la finalidad de mantener el suelo húmedo.

2.5.6. Manejo de malezas

La limpieza de malezas se realizó a los 15 días después de haber realizado el trasplante y también cuando el cultivo lo requiera.

2.6. DISEÑO EXPERIMENTAL

Se realizó un diseño de bloques completos al azar DBCA con arreglo factorial $2 \times 2 + 1$ con 3 repeticiones. Para las variables que llegaron a ser significativas se aplicó la prueba de Tukey al 5%.

2.6.1. Unidad experimental

La unidad experimental que se realizó se la hizo de la siguiente manera:

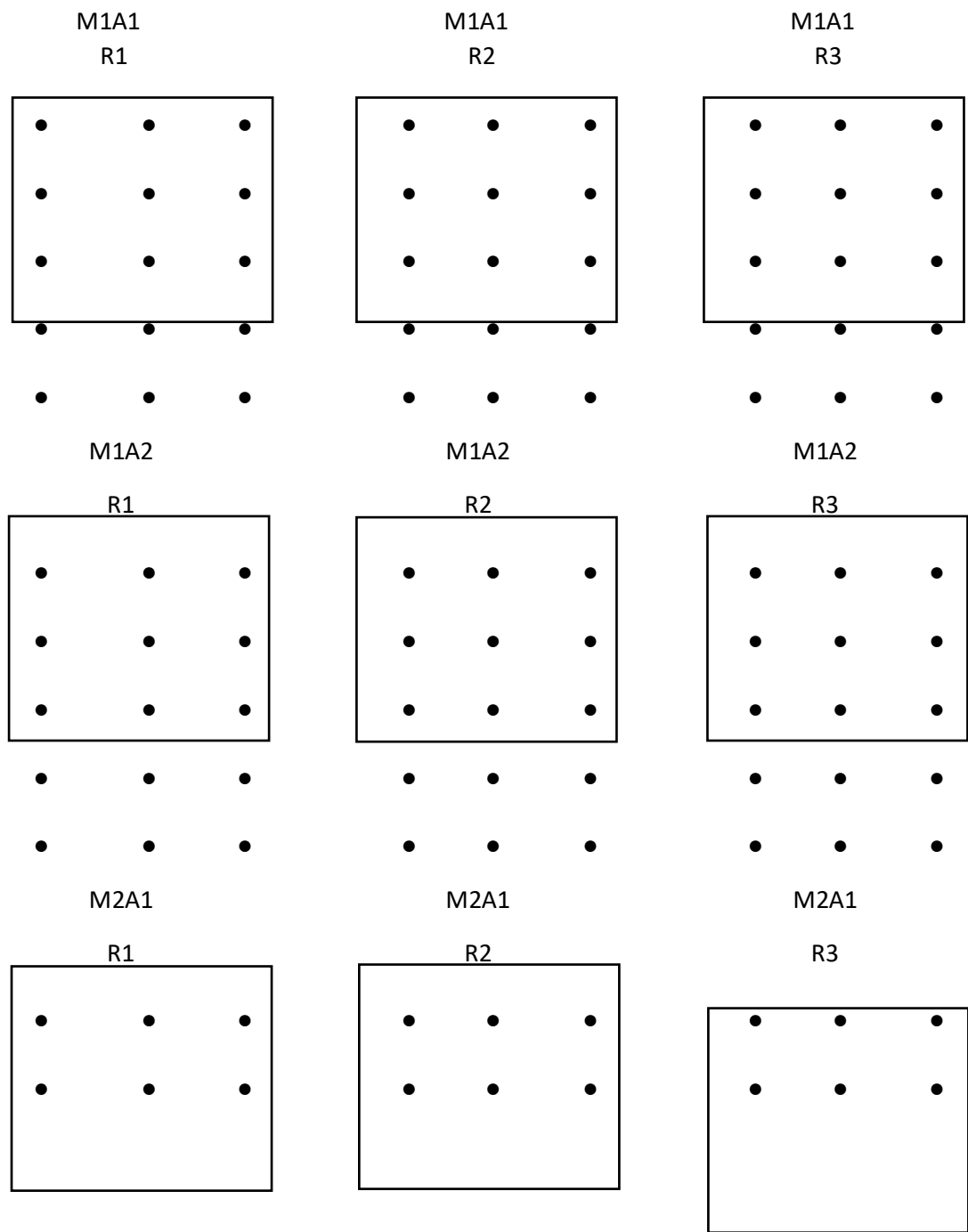
Ancho total	2.80 m
Largo total	8 m
Distancia de caminos	0.50 cm
Ancho de la parcela	0.60 cm
Largo de la parcela	1.20 m
Número de plantas	225
Número de plantas por parcela	15

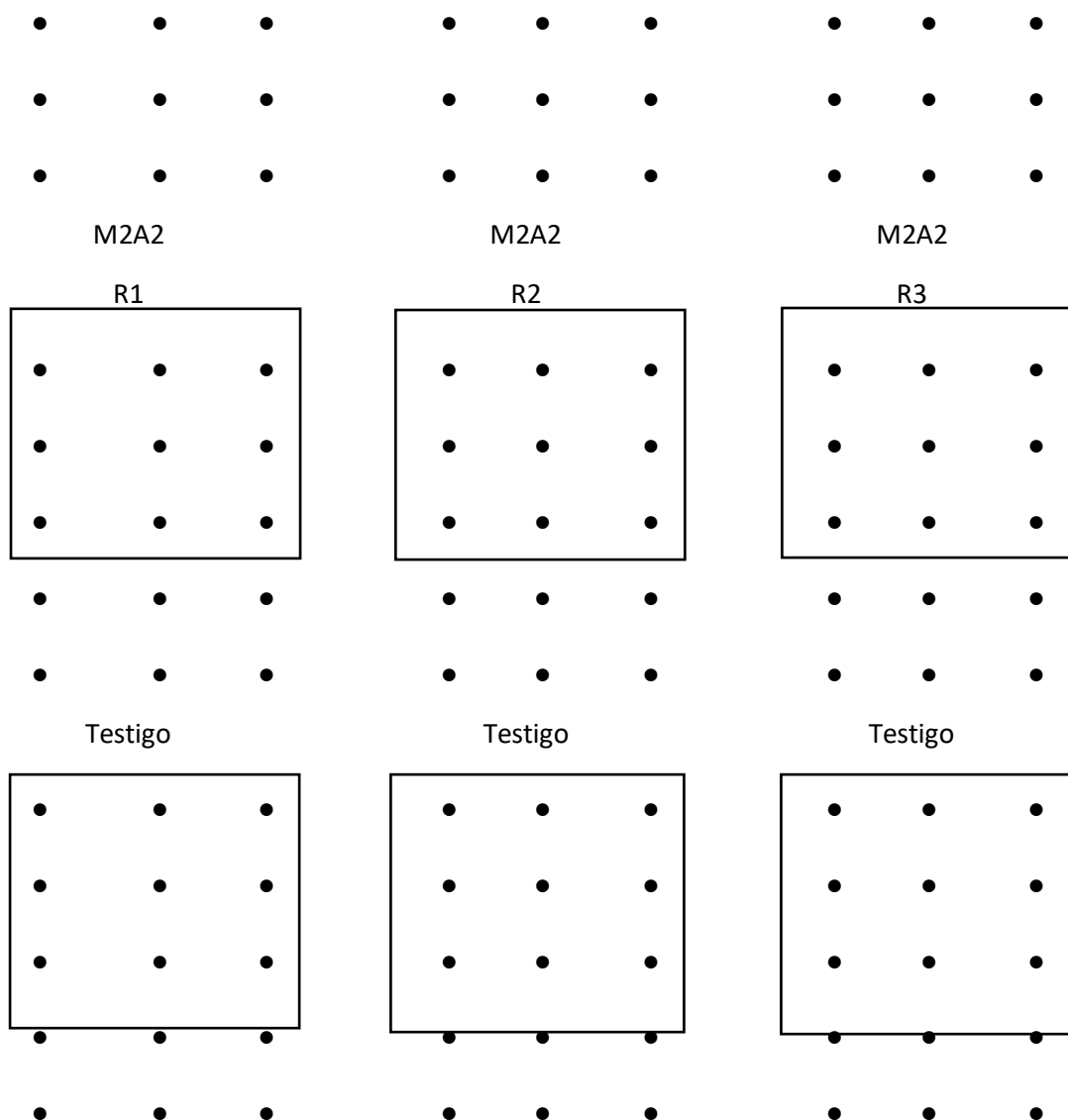
Distancia entre planta	0.30 cm
Distancia entre surco	0.30 cm

2.6.2. Esquema del diseño o unidad experimental

Figura 2.

Distribución del diseño experimental





2.7. Variables respuesta

2.7.1. Altura de planta en la cosecha (cm)

En esta variable se utilizó una regla para determinar la altura de la planta, desde el cuello o base hasta la parte superior.

2.7.2. Peso del repollo en el momento de la cosecha

Para determinar esta variable se hizo con la ayuda de una balanza digital y se registró el peso.

2.7.3. Diámetro del repollo en el momento de la cosecha

Con la ayuda de un calibrador Vernier se registró los datos en cm de esta variable.

2.7.4. Días a la cosecha

Desde el trasplante hasta cuando la lechuga llegó a su madurez comercial.

2.7.5. Contenido de clorofila y nitrógeno

Para esta variable se utilizó un equipo llamado Clorophyll Meter GYJ-B, de donde se registró los datos de clorofila y nitrógeno.

2.7.6. Conductividad eléctrica del suelo

Con la ayuda de un conductímetro se registró los datos de cada tratamiento la conductividad eléctrica del suelo en micromho por centímetro ($\mu\text{mho/cm}$).

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Análisis y discusión de resultados

3.3.1. Altura de la planta en el momento de la cosecha (cm)

La prueba de Tukey al 5% para la variable altura de planta de Lechuga (**Tabla 2**) determinó que existe dos rangos de significación estadística entre los tratamientos y el testigo, los tratamientos que recibieron Electrocultura se ubican en el rango A destacándose el tratamiento M1A2 (Alambre de cobre, 2 antenas por m²), con una altura

de 18.04 cm, comparten este mismo rango los tratamientos M1A1 (alambre de cobre, 1 antena por m²), M2A2 (Alambre galvanizado, 2 antenas por M²) y M2A1 (alambre galvanizado, 1 antena por m²), con promedios de 17,58, 16.79 y 17 cm respectivamente, el Testigo se ubica en el segundo lugar de la prueba (Rango B) con una altura de 14,08 cm.

Tabla 2.

Prueba de Tukey al 5% para la variable altura de planta a la cosecha

Tratamientos	Medias	n	E.E.	
M1A2	18.04	3	0.48	A
M1A1	17.58	3	0.48	A
M2A1	17.00	3	0.48	A
M2A2	16.79	3	0.48	A
Testigo	14.08	3	0.48	B

Estos resultados posiblemente muestran que la Electrocultura influye positivamente en el crecimiento y que también podría influir en el desarrollo del sistema radicular, lo cual puede tener un efecto indirecto en la altura de las plantas, lo que han mostrado efectos positivos en el crecimiento y desarrollo de las plantas entre los tratamientos, mientras que en el testigo no se han encontrado mejoras significativas, lo que concuerda con **Abubakari et al. (2011)**, quien manifiesta que la Electrocultura puede estimular la producción de hormonas de crecimiento, lo que puede llevar a un aumento en la longitud del tallo de la lechuga. También puede promover un crecimiento más denso de las hojas, lo que puede dar lugar a una planta más compacta y con una mayor producción de hojas al igual que mejorar la calidad general de la planta.

3.3.2. Peso del repollo en el momento de la cosecha

La prueba de Tukey al 5% para la variable peso del repollo (**Tabla 3**) determinó que existe dos rangos de significación estadística entre los tratamientos y el testigo, los tratamientos que recibieron Electrocultura se ubican en el rango A destacándose el tratamiento M1A2, con un peso de 1341.67g, comparten este mismo rango los tratamientos M1A1 y M2A2, con promedios de 1313.42 y 1245.17g respectivamente, el tratamiento M2A1 comparte los dos rangos (A y B) teniendo un promedio de 1065.17g y el Testigo se ubica en el segundo lugar de la prueba (Rango B) con un peso de 692.50g.

Tabla 3.

Prueba de Tukey al 5% para la variable peso del repollo de planta a la cosecha

Tratamientos	Medias	n	E.E.		
M1A2	1341.67	3	85.50	A	
M1A1	1313.42	3	85.50	A	
M2A2	1245.17	3	85.50	A	
M2A1	1065.17	3	85.50	A	B
Testigo	692.50	3	85.50	A	B

El peso promedio de un repollo puede variar considerablemente dependiendo de varios factores, incluyendo la variedad del repollo, las condiciones de crecimiento, y el tiempo de crecimiento antes de la cosecha de la lechuga, dependiendo del tamaño y la madurez de la cabeza. La Electrocultura puede estimular la división celular y reducir el estrés abiótico, lo que puede llevar a un aumento en el peso del repollo de la lechuga, también puede promover un crecimiento más denso de las hojas, el cual da lugar a un repollo más pesado y con una mayor producción de hojas (**Tenazoa, 2011**). Realizada la aplicación de la Electrocultura se puede notar que los tratamientos M1A2, M1A1 y M2A2 se encuentran en el rango A, en cambio, el tratamiento M2A1 y el Testigo se encuentran en un rango B. Los cuales en la variedad Alpina en hoja técnica tiene un peso de 700 a 1000g. y con la aplicación de la Electrocultura se logró un peso de 1341.67g. por lo que se obtuvo

mejor calidad de repollo y una buena tasa de crecimiento de las hojas para tener un cosecha más rápida y óptima.

3.3.3. Diámetro del repollo en el momento de la cosecha

La prueba de Tukey al 5% para la variable diámetro del repollo (**Tabla 4**) determinó que existe dos rangos de significación estadística entre los tratamientos y el testigo, los tratamientos que recibieron Electrocultura se ubican en el rango A destacándose el tratamiento M1A2, con un diámetro de 19.13 cm, comparten este mismo rango los tratamientos M1A1, M2A2 y M2A1, con promedios de 18.38, 17.81 y 17.42 cm respectivamente; el Testigo se ubica en el segundo lugar de la prueba (Rango B) con un diámetro de 13.96 cm.

Tabla 4.

Prueba de Tukey al 5% para la variable diámetro del repollo de planta a la cosecha

Tratamientos	Medias	n	E.E.	
M1A2	19.13	3	0.58	A
M1A1	18.38	3	0.58	A
M2A2	17.81	3	0.58	A
M2A1	17.42	3	0.58	A
Testigo	13.96	3	0.58	B

Realizado la aplicación de la Electrocultura se pudo observar en los resultados que efectivamente el diámetro del repollo varía en cada tratamiento al igual que el testigo por los efectos que ha dado la aplicación de la Electrocultura en el cultivo, lo que concuerda con **Ramos et al., 2021**. El cual menciona que el diámetro ecuatorial de un repollo, al igual que su peso, puede variar considerablemente dependiendo de la variedad específica del repollo y las condiciones de crecimiento. El diámetro puede variar entre aproximadamente 15 a 30 cm, dependiendo del tamaño y la madurez del repollo, si el

repollo ha alcanzado la madurez óptima para la cosecha. Generalmente, los repollos con diámetros más grandes pueden ser más valorados en el mercado, siempre y cuando mantengan su calidad interna.

3.3.4. Días a la cosecha

Desde la realización del trasplante el cultivo terminó su ciclo en 60 días (8.5 semanas - 2 meses).

3.3.5. Contenido de clorofila y nitrógeno

La prueba de Tukey al 5% para la variable contenido de clorofila (**Tabla 5**) determinó que existe un solo rango de significación estadística entre los tratamientos y el testigo, no existe diferencia estadística pero sí diferencia matemática, todos los tratamientos conjuntamente con el testigo se ubican en el rango A destacándose el tratamiento M1A1, con un promedio de 24.95 μ mol, comparten este mismo rango los tratamientos M1A1, M2A2 y M2A1, con promedios de 22.23, 21.03 y 20.97 μ mol respectivamente, aunque el Testigo se encuentra en el mismo rango con un promedio de 19.32 μ mol, tiene una diferencia matemática con el M1A1 de 5.63 μ mol.

Tabla 5.

Prueba de Tukey al 5% para la variable contenido de clorofila

Tratamientos	Medias	n	E.E.	
M1A1	24.95	3	1.56	A
M1A2	22.23	3	1.56	A
M2A1	21.03	3	1.56	A
M2A2	20.97	3	1.56	A
Testigo	19.32	3	1.56	A

La prueba de Tukey al 5% para la variable contenido de nitrógeno (**Tabla 6**) determinó que existe un solo rango de significación estadística entre los tratamientos y el testigo, no existe diferencia estadística pero sí diferencia matemática, todos los tratamientos conjuntamente con el testigo se ubican en el rango A destacándose el

tratamiento M1A1, con un promedio de 8.03g/mol, comparten este mismo rango los tratamientos M1A1, M2A2 y M2A1, con promedios de 7.23, 6.84 y 6.62g/mol respectivamente, aunque el Testigo se encuentra en el mismo rango con un promedio de 5.45g/mol, tiene una diferencia matemática con el M1A1 de 2.58g/mol.

Tabla 6.

Prueba de Tukey al 5% para la variable contenido de nitrógeno

Tratamientos	Medias	n	E.E.	
M1A1	8.03	3	0.68	A
M1A2	7.23	3	0.68	A
M2A1	6.84	3	0.68	A
M2A2	6.62	3	0.68	A
Testigo	5.45	3	0.68	A

Estos resultados de clorofila y de nitrógeno posiblemente muestran que la Electrocultura influye positivamente en cada uno de ellos porque se pudo aumentar la tasa de crecimiento de las plantas al mejorar la absorción de nutrientes y agua, lo que puede llevar a un incremento en el contenido de clorofila. Una mayor actividad fotosintética generalmente está asociada con una mayor concentración de clorofila. Y también se pudo mejorar la disponibilidad de nitrógeno en el suelo y facilitar su absorción por parte de las raíces. Por lo que un aumento en la absorción de nitrógeno puede resultar en un mayor contenido de nitrógeno en las hojas, porque el nitrógeno es un componente esencial de las proteínas y los ácidos nucleicos, lo que concuerda con **(Abu-Rayyan, Kharawish & Al-Ismail, 2004)**. quien menciona que los valores de contenido clorofila y de nitrógeno en hojas de lechuga pueden variar dependiendo de varios factores, como la variedad de lechuga, las condiciones de cultivo, la fertilización y otros factores ambientales y estos valores son aproximados y pueden variar debido a factores como la edad de la hoja, la

intensidad de la luz, la temperatura, la fertilización y otros factores ambientales. La clorofila se mide generalmente en mg/g de peso fresco de la hoja. Por ende, la Electrocultura puede tener efectos en diversos aspectos del desarrollo vegetal, incluidos el contenido de clorofila y nitrógeno en las plantas de lechuga.

3.3.6. Conductividad eléctrica del suelo

Para la variable conductividad eléctrica del suelo (**Tabla 7**) se determinó que los tratamientos (M1A1 y M1A2) los cuales tenían alambre de cobre tienen un promedio de 30.28 $\mu\text{mho/cm}$; los tratamientos (M2A1y M2A2) que tenían alambre galvanizado estuvieron con un promedio de 32.61 $\mu\text{mho/cm}$ y por último el Testigo con un promedio de 21.14 $\mu\text{mho/cm}$.

Tabla 7.

Variable conductividad eléctrica del suelo

	Media
Alambre de cobre	30.28
Alambre galvanizado	32.61
Testigo	21.14

Estos resultados posiblemente muestran que la Electrocultura influye positivamente en la conductividad eléctrica del suelo. Con la aplicación de la Electrocultura los campos eléctricos facilitan la liberación de iones en el suelo, lo cual pudo aumentar la conductividad eléctrica. Esto ocurre porque los campos eléctricos pueden influir en la disolución de sales y en la movilidad de iones en el suelo, lo que concuerda con (**Castellanos, 2000**). quien menciona que la conductividad eléctrica del suelo (CES) es una medida importante en la agricultura y la ciencia del suelo que indica la capacidad del suelo para transportar corriente eléctrica. Esta propiedad está relacionada con la cantidad

de sales disueltas en el suelo y puede proporcionar información valiosa sobre la salinidad y la fertilidad del suelo.

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. CONCLUSIONES

Como conclusiones que tenemos en el proyecto de investigación son las siguientes:

- La Electrocultura es muy eficiente y ayuda a mejorar de manera óptima el cultivo de Lechuga.
- Los tratamientos de M1A1 y M1A2 que son con alambre de cobre hace que la planta primero se expanda y que en la altura de planta el tratamiento que más destacó fue M1A2 obtuvo un promedio 18.04 cm.
- En la variable peso del repollo a la cosecha el tratamiento que más destacó fue M1A2, obteniendo un peso de 1341.67 g, lo que nos da por conclusión que el alambre de cobre (2xm2) es más eficiente.
- Con respecto a las demás variables respuestas tenemos por conclusión que: en el diámetro del repollo el tratamiento que más destacó fue M1A2, obteniendo un diámetro de 19.13 cm; en el contenido clorofila el tratamiento que más sobresalió fue M1A1, con un promedio de 24.95; en el contenido de nitrógeno el que más fue sobresaliente fue el tratamiento M1A1, con un promedio de 8.03.
- En la conductividad eléctrica el que tiene mejores resultados, es óptimo y más eficiente es el Alambre de cobre ya que obtuvo una medida de 30.28 el cual los campos eléctricos ayudaron a facilitar a la retención y liberación de iones en el suelo.

4.2. RECOMENDACIONES

Como recomendaciones que podemos dar a conocer en el proyecto de investigación son las siguientes:

- Una recomendación para aplicar la Electrocultura de manera óptima es poner 2 antenas por metro cuadrado, siendo así que al utilizar la mayor cantidad de antenas para que el proceso evolutivo de la lechuga sea más rápido y efectivo.
- Otra recomendación que puedo mencionar es que al utilizar el alambre galvanizado con calibre de 4 mm. tiene buenos resultados y tiene mayor consistencia en el cultivo. Haciendo que el repollo sea más rápido y óptimo para la cosecha.

BIBLIOGRAFIA

[Material vegetal] - Ministerio - mapa.gob.es. (s/f). Gob.es. Recuperado el 14 de marzo de 2024, de <https://www.mapa.gob.es/app/materialvegetal/fichamaterialvegetal.aspx?idficha=2203>

Abubakari, A. H., G. Nyarko, and M. Sheila. 2011. Preliminary studies on growth and fresh weight of lettuce (*Lactuca sativa*) as affected by clay pot irrigation and spacing. Pakistan J. Biol. Sci. 14: 747-751.

Abu-Rayyan, A., B. H. Kharawish, and K. Al-Ismael. 2004. Nitrate content in lettuce (*Lactuca sativa* L.) heads in relation to plant spacing, nitrogen form and irrigation level. J. Sci. Food Agric. 84: 931-936.

AgroFlow (2023). Uso de Cobre, Recuperado el 14 de marzo de 2024. PDF.

Amán (S/f-a). Wikifarmer.com. Recuperado el 14 de marzo de 2024, de <https://wikifarmer.com/es/como-cultivar-lechuga-guia-completa-de-cultivo-de-la-lechuga-desde-la-siembra-hasta-la-cosecha/>

ARAUJO, S. (2016). Physical Methods for Seed Invigoration: Advantages and Challenges in Seed Technology. Frontiers in Plant Science, vol. 7, Art 646, doi: 10.3389/fpls.2016.00646.

Castellanos, J.Z. 2000. Manual de Interpretación de Análisis de Suelos y Aguas. Segunda edición. Intagri, S.C. Guanajuato, México. 226 p

DIGBAL, M. (2016). Pre-sowing seed magnetic eld stimulation: A good option to enhance bitter gourd germination, seedling growth and yield characteristics. Biocatalysis and Agricultural Biotechnology, 5: 30 - 37, doi: 10.1016/j.bcab.

Gad Unamuncho (2011), *Gad parroquial Unamuncho*. <https://unamuncho.gob.ec/>

Gad Unamuncho (2020), *Gad parroquial Unamuncho*. <https://unamuncho.gob.ec/>

GOLBAZ, G. and KAVIANI, B. (2019). Effect of Magnetic Field on Growth and Development Parameters of *Rudbeckia hirta* L. Seed in Dry and Humid Conditions. *Journal of Ornamental Plants*, 9(4): 233-243. http://jornamental.iaurasht.ac.ir/article_667497.html.

Laserna, S. (2013, julio 23). *Lechuga, taxonomía, y descripciones botánicas, morfológicas, fisiológicas y ciclo biológico*. Agroes.es. <https://www.agroes.es/cultivos-agricultura/cultivos-huerta-horticultura/lechuga/402-lechugas-descripcion-morfologia-y-ciclohttps://www.agroes.es/cultivos-agricultura/cultivos-huerta-horticultura/lechuga/402-lechugas-descripcion-morfologia-y-ciclo>

Marketing Regaber. (2019, abril 11). *Lechuga* . Regaber; Regaber, S.A. <https://regaber.com/lechuga/>

Max_zero. (2023, marzo 18). *Agricultura por electrocultivo: ¿Un método revolucionario para aumentar el rendimiento y la sostenibilidad?* - agtecher *El lugar de la agrotecnología*. agtecher: El lugar de la agrotecnología; Agtecher - Plataforma de Tecnología Agropecuaria. <https://agtecher.com/es/electro-cultura-agricultura/>

Quintero, J. (S/f-b). Gob.es. Recuperado el 14 de marzo de 2024, de https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/hojas/hd_1977_10.pdf

- Ramos, L., Ortiz, J., & Ruiz, H. (2021). Evaluación de variables agronómicas en cultivo de lechuga con sistema de recirculación. 51, 37–44. [https://doi.org/10.47864/SE\(51\)2021p37-44_133](https://doi.org/10.47864/SE(51)2021p37-44_133)
- Rodriguez. (2009). Ciencia.bo. Recuperado el 14 de marzo de 2024, de http://www.revistasbolivianas.ciencia.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2305-60102016000200005&lng=pt&nrm=iso
- Sativa, L. (s/f). *EL CULTIVO DE LECHUGA*. Uaemex.mx. Recuperado el 14 de marzo de 2024, de http://ri.uaemex.mx/bitstream/handle/20.500.11799/70077/secme3276_1.pdf?sequence=1
- SIDAWAY, G.H. (1975). Sciencedirect.com. Recuperado el 20 de marzo de 2024, de <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/0304388675900339?via%3Dihub>
- Skiver, R. (2023). *Electroculture gardening: What it is, how it works, and potential benefits*. Green Matters. <https://www.greenmatters.com/sustainable-living/electroculture-gardening>
- Tenazoa, C. (2021). Evaluación de la adaptabilidad y rendimiento de cuatro variedades de lechuga (*Lactuca sativa* L.) en condiciones del distrito de Lamas. <https://repositorio.unsm.edu.pe/bitstream/11458/4710/1/FCA%20-%20Carlos%20Mauro%20Tenazoa%20Sanchez.pdf>. Recuperado el 24 de junio de 2024.

Yamaguchi, F. M., & Krueger, A. P. (1983). Electroculture of tomato plants in a commercial hydroponics greenhouse. *Journal of Biological Physics*, 11(1), 5–10.
<https://doi.org/10.1007/bf01857966>

ANEXOS

Anexo 1. Altura de planta en el momento de la cosecha

ALTURA DE PLANTA

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
BLOQUES	0.19	2	0.10	0.14	0.8698
TRATAMIENTOS	28.59	4	7.15	10.55	0.0028
MATERIAL ELECTRICO	2.52	1	2.52	4.18	0.0750
NUMERO ANTENAS	0.05	1	0.05	0.08	0.7846
MATERIAL ELECTRICO*NUMERO ..	0.33	1	0.33	0.55	0.4782
t vs resto	25.69	1	25.69	37.93	0.0003
Error	5.42	8	0.68		
Total	34.20	14			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=2.32151

Error: 0.6773 gl: 8

TRATAMIENTOS	Medias	n	E.E.	
M1A2	18.04	3	0.48	A
M1A1	17.58	3	0.48	A
M2A1	17.00	3	0.48	A
M2A2	16.79	3	0.48	A
Testigo	14.08	3	0.48	B

Anexo 2. Contenido de clorofila y nitrógeno

CLOROFILA

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
BLOQUES	8.44	2	4.22	0.58	0.5812
TRATAMIENTOS	52.54	4	13.13	1.81	0.2205
MATERIAL ELECTRICO	20.15	1	20.15	2.61	0.1449
NUMERO ANTENAS	5.81	1	5.81	0.75	0.4110
MATERIAL ELECTRICO*NUMERO ..	5.35	1	5.35	0.69	0.4295
t vs resto	21.23	1	21.23	2.92	0.1257
Error	58.10	8	7.26		
Total	119.08	14			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=7.60180

Error: 7.2626 gl: 8

TRATAMIENTOS	Medias	n	E.E.	
M1A1	24.95	3	1.56	A
M1A2	22.23	3	1.56	A
M2A1	21.03	3	1.56	A
M2A2	20.97	3	1.56	A
Testigo	19.32	3	1.56	A

NITROGENO

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
BLOQUES				3.38	2 1.69 1.22 0.3436
TRATAMIENTOS				10.59	4 2.65 1.92 0.2006
MATERIAL ELECTRICO				2.43	1 2.43 4.01 0.0803
NUMERO ANTENAS				0.25	1 0.25 0.42 0.5354
MATERIAL ELECTRICO*NUMERO ..				0.78	1 0.78 1.29 0.2883
t vs resto				7.12	1 7.12 5.17 0.0526
Error				11.03	8 1.38
Total				24.99	14

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=3.31221

Error: 1.3788 gl: 8

TRATAMIENTOS	Medias	n	E.E.
M1A1	8.03	3	0.68 A
M1A2	7.23	3	0.68 A
M2A2	6.84	3	0.68 A
M2A1	6.62	3	0.68 A
Testigo	5.45	3	0.68 A

Anexo 3. Peso del repollo en el momento de la cosecha

PESO

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
BLOQUES	41260.43	2	20630.22	0.94	0.4296
TRATAMIENTOS	861914.67	4	215478.67	9.82	0.0035
MATERIAL ELECTRICO	89139.42	1	89139.42	4.13	0.0767
NUMERO ANTENAS	32526.05	1	32526.05	1.51	0.2547
MATERIAL ELECTRICO*NUMERO ..	17271.05	1	17271.05	0.80	0.3974
t vs resto	722978.15	1	722978.15	32.96	0.0004
Error	175459.86	8	21932.48		
Total	1078634.96	14			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=417.74849

Error: 21932.4823 gl: 8

TRATAMIENTOS	Medias	n	E.E.
M1A2	1341.67	3	85.50 A
M1A1	1313.42	3	85.50 A
M2A2	1245.17	3	85.50 A
M2A1	1065.17	3	85.50 A B
Testigo	692.50	3	85.50 B

Anexo 4. Diámetro del repollo en el momento de la cosecha

DIAMETRO REPOLLO

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
BLOQUES	2.16	2	1.08	1.07	0.3886
TRATAMIENTOS	47.79	4	11.95	11.82	0.0019
MATERIAL <u>ELECTRICO</u>	3.89	1	3.89	4.02	0.0799
NUMERO ANTENAS	0.98	1	0.98	1.01	0.3436
MATERIAL <u>ELECTRICO</u> * <u>NUMERO</u> ..	0.10	1	0.10	0.10	0.7572
t vs resto	42.82	1	42.82	42.36	0.0002
Error	8.09	8	1.01		
Total	58.04	14			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=2.83631

Error: 1.0110 gl: 8

TRATAMIENTOS Medias n E.E.

M1A2	19.13	3	0.58	A
M1A1	18.38	3	0.58	A
M2A2	17.81	3	0.58	A
M2A1	17.42	3	0.58	A
Testigo	13.96	3	0.58	B

ANEXO DE FOTOGRAFIAS

Fotografía 1. *Preparación del terreno*



Fotografía 2. *Realización de los surcos*





Fotografía 3. *Realización de las antenas*



Fotografía 4. *Adquisición de plántulas*



Fotografía 5. *Trasplante de las lechugas al terreno*



Fotografía 6. *Aplicación de los tratamientos*



Fotografía 7. Riego del cultivo



Fotografía 8. Manejo de malezas

Antes



Después



Fotografía 9. *Riego del cultivo*



Fotografía 10. *Repollo de la lechuga*



Fotografía 11. *Toma de datos*



