



Pontificia Universidad Católica del Ecuador

Sede Ibarra

ESCUELA DE CIENCIAS AGRÍCOLAS Y AMBIENTALES

INFORME FINAL DEL PROYECTO

TEMA:

Evaluación del efecto del tratamiento magnético del agua en el desarrollo vegetativo de

los patrones de rosas (*Rosa sp.*) de la variedad Natal Brier en el vivero de la Granja

Experimental ECAA, Imbabura

PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE

INGENIERA AGROPECUARIA

LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN: Línea 04. Gestión sostenible y aprovechamiento de los recursos naturales

SUBLINIA: Desarrollo y Sostenibilidad

AUTOR: NIXON JOFFRE YAR TABANGO

ASESOR: EDWIN FERNANDO DEL POZO VILLACIS

Ibarra, septiembre de 2023

Ibarra, 10 de septiembre 2023

MSc. Edwin del Pozo Villacís

ASESOR

CERTIFICA:

Haber revisado el presente informe final de investigación, el mismo que se ajusta a las normas vigente en la Escuela de Ciencias Agrícolas y Ambientales (ECAA), de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ibarra (PUCESI); en consecuencia, autorizo su presentación para los fines legales pertinentes.


(f).....


MSc. Edwin del Pozo Villacís

C.C.: 1001756566

PÁGINA DE APROBACIÓN DEL TRIBUNAL

El jurado examinador, aprueba el presente informe de investigación en nombre de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ibarra (PUCESI):

(f).....



MSc. Edwin del Pozo Villacís

C.C.: 1001756566

(f).....


PhD. Valdemar Andrade Cadena

C.C.: 1001927167

(f).....


PhD. Edmundo Rene Recalde

C.C.: 1001774494

ACTA DE CESIÓN DE DERECHOS

Yo, NIXON JOFFRE YAR TABANGO, declaro conocer y aceptar la disposición del Art. 165 de Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación, que manifiesta textualmente: “Se reconoce facultad de los autores y demás titulares de derecho de disponer de sus derechos o autorizar de sus obras o prestaciones, a título gratuito u oneroso, según las condiciones que determinen. Esta facultad podrá ejercerse mediante licencias libres, abiertas y otros modelos alternativos de licenciamiento o la renuncia”.

Ibarra, 10 de septiembre del 2023

f): 

NIXON JOFFRE YAR TABANGO

C.C.: 1754486403

AUTORÍA

Yo, NIXON JOFFRE YAR TABANGO, portador de la cédula de ciudadanía N°1754486403, declaró que la presente investigación es de total responsabilidad del autor, y eximo expresamente a la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ibarra de posibles reclamos o acciones legales.

f): 

NIXON JOFFRE YAR TABANGO

C.C.: 1754486403

DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, NIXON JOFFRE YAR TABANGO, con C.C.: 1754486403, autor del trabajo de grado intitulado: EVALUACIÓN DEL EFECTO DEL TRATAMIENTO MAGNÉTICO DEL AGUA EN EL DESARROLLO VEGETATIVO DE LOS PATRONES DE ROSAS (*Rosa sp.*) DE LA VARIEDAD NATAL BRIER EN EL VIVERO DE LA GRANJA EXPERIMENTAL ECAA, IMBABURA previo a la obtención del título profesional de Ingeniería Agropecuaria, en la Escuela de Ciencias Agrícolas y Ambientales.

- 1.- Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tiene la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ibarra, de conformidad con el artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de graduación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.
- 2.- Autorizo a la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ibarra a difundir a través del sitio web de la Biblioteca de la PUCESI el referido trabajo de graduación, respetando las políticas de propiedad intelectual de la Universidad.

Ibarra, 10 de septiembre del 2023

f): 

NIXON JOFFRE YAR TABANGO

C.C.: 1754486403

**DECLARACIÓN DE COMPORTAMIENTO ÉTICO EN LA ELABORACIÓN,
DESARROLLO Y EVALUACIÓN DE TRABAJO DE TITULACIÓN**

Por medio de la presente declaro conocer y aplicar en la elaboración, desarrollo y evaluación de Proyecto de Titulación: EVALUACIÓN DEL EFECTO DEL TRATAMIENTO MAGNÉTICO DEL AGUA EN EL DESARROLLO VEGETATIVO DE LOS PATRONES DE ROSAS (*Rosa sp.*) DE LA VARIEDAD NATAL BRIER EN EL VIVERO DE LA GRANJA EXPERIMENTAL ECAA, IMBABURA, lo propuesto en el Código de Ética de la investigación y el aprendizaje de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, aprobado por el Consejo Superior de la PUCE con fecha 12 de mayo del 2023.

Para constancia firma:

f): 

Nixon Joffre Yar Tabango

Estudiante que ejecuta el trabajo de Titulación

C.C.: 1754486403

Carrera: Ingeniería Agropecuaria

Ibarra, 10 de septiembre del 2023

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a Dios, quien ha sido mi guía y fortaleza en los momentos más desafiantes de mi vida, iluminando mi camino y brindándome el apoyo necesario para alcanzar mis objetivos, agradeciéndole profundamente por poner en mi camino a aquellas personas que, con su respaldo y consejo han contribuido a mi crecimiento personal.

También quiero expresar mi dedicación a mis respetados padres, Nixon Yar y Lucía Tabango, quienes han sido un ejemplo de valentía, esfuerzo y perseverancia. Siempre han estado presentes en los momentos cruciales de mi vida, brindándome su apoyo incondicional.

Por último, deseo extender mi gratitud a mis apreciados profesores y mentores, quienes han compartido su valioso conocimiento y experiencia, guiándome en cada paso y motivándome a superar mis propios límites.

AGRADECIMIENTO

Quiero expresar mi profundo agradecimiento a Dios, quien con su guía y bendición ha sido mi luz y mi fortaleza en cada paso de esta travesía académica. Agradezco a mi amada familia por brindarme un apoyo incondicional y por ser mi constante compañía en este camino de aprendizaje. En especial, quiero agradecer a mis padres, Nixon Yar y Lucía Tabango, quienes han sido mi fuerza y motor para alcanzar y cumplir mis sueños, además de inculcarme valiosos valores y principios que han guiado mi camino.

También quiero expresar mi gratitud a la Pontificia Universidad Católica del Ecuador sede Ibarra, por abrirme sus puertas y permitirme continuar con mis estudios. Su respaldo ha sido fundamental para la realización de este proceso investigativo dentro de sus establecimientos

Quiero también agradecer a mi director de tesis, el MSc. Edwin del Pozo Villacís, cuya guía experta, paciencia y valiosos consejos han sido de inestimable valor durante todo el proceso investigativo. Su compromiso y amplio conocimiento en el área han sido pilares fundamentales que han enriquecido este trabajo y me han inspirado a dar lo mejor de mí en cada paso del camino.

ÍNDICE

DEDICATORIA	viii
AGRADECIMIENTO	ix
RESUMEN	17
ABSTRACT.....	18
CAPÍTULO I	19
INTRODUCCIÓN	19
CAPÍTULO II	22
OBJETIVOS	22
2.1. Objetivo general.....	22
2.2. Objetivos específicos	22
2.3. Hipótesis	22
CAPÍTULO III.....	23
ESTADO DEL ARTE	23
3.1. Florícolas en el Ecuador	23
3.2. La rosa (<i>Rosa sp</i>)	24
3.2.1. Taxonomía.....	24
3.2.2 Origen	24
3.2.3 Descripción botánica	25
3.2.4 Factores de producción.....	25
3.2.5 Variedad	27
3.2.6 Labores culturales.....	27
3.3 La magnetización.....	29

3.3.1 Dispositivo de tratamiento magnético	30
3.3.2 Efectos de tratamiento magnético en el agua de riego, el suelo y la planta	31
CAPÍTULO IV	34
MATERIALES Y MÉTODOS	34
4.1. Materiales.....	34
4.1.1 Materiales de campo.....	34
4.1.2 Insumos agrícolas	34
4.1.3 Biológicos.....	35
4.1.4 Equipos de laboratorio.....	35
4.1.5 Equipos de laboratorio.....	35
4.2. Ubicación del cultivo	35
4.2.1 Diseño experimental	36
4.2.2 Unidades experimentales.....	37
4.2.3 Distribución de las unidades experimentales	38
4.2.4 Descripción de los tratamientos.....	39
4.2.5 Esquema de Análisis de varianza (Adeva)	40
4.3 Preparación del área experimental.....	40
4.4 Diseño del equipo de inducción magnética	42
4.4.1 Características de los imanes seleccionados para la investigación	43
4.5. Evaluación de los parámetros físico-químicos del suelo al ser sometidos a campos magnéticos.	43
4.5.1 pH	43
4.5.2 Porosidad	43
4.5.3 Conductividad eléctrica	44

4.5.4 Materia seca de los brotes.....	44
4.5.5 Materia seca del sistema radicular.....	44
4.6 Toma de datos de campo	45
4.6.1 Número de brotes	45
4.6.2 Longitud de los brotes	45
4.6.3 Longitud de las raíces principal.....	46
CAPÍTULO V.....	47
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	47
5.1 Número de brotes.....	49
5.2. Longitud de los brotes.....	51
5.3. Longitud de la raíz principal (cm)	56
5.4. Materia seca del área foliar (%).....	59
5.5. Materia seca del área radicular (%)	62
5.6. pH.....	65
5.7. Conductividad eléctrica	68
5.8 Porosidad	71
CAPÍTULO VI	75
CONCLUSIONES	75
CAPÍTULO VII.....	77
RECOMENDACIONES.....	77
CAPÍTULO VIII.....	78
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	78
ANEXOS	85

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1_Taxonomía del cultivo.....	24
Tabla 2_Ubicación y climatología del área de estudio.....	36
Tabla 3_Descripción del área del experimento.....	37
Tabla 4_Tratamientos.....	39
Tabla 5_Esquema de Análisis de varianza.....	40
Tabla 6_Actividades realizadas en campo.....	41
Tabla 7 Prueba de normalidad Shapiro para las variables dependientes.....	48
Tabla 8_Análisis de varianza del número de brotes a los 28 días en la investigación de los Impactos del Tratamiento Magnético del Agua en el Crecimiento de los Patrones de Rosas (<i>Rosa sp.</i>) de la Variedad Natal Brier.....	49
Tabla 9_Análisis de varianza de la longitud de los brotes principales en función de los distintos tratamientos.....	51
Tabla 10_Análisis de varianza de los datos de longitud de brote secundario en relación a las diferentes modalidades de tratamiento.....	54
Tabla 11_Análisis de varianza de la longitud de la raíz principal.....	56
Tabla 12_Análisis de varianza de la materia seca del área foliar de los diferentes tratamientos.....	59
Tabla 13_Análisis de varianza de la materia seca del área radicular de los patrones de rosa Natal Brier.....	62
Tabla 14 Análisis de varianza del pH del suelo expuesto a los tratamientos.....	65
Tabla 15 Análisis de varianza de la conductividad eléctrica del suelo expuesto a los tratamientos.....	69
Tabla 16 Análisis de varianza de la porosidad del suelo expuesto a los diferentes tratamientos.....	72

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Diseño de la unidad experimental	38
Figura 2 Distribución de las unidades experimentales con el diseño del sistema de riego.....	38
Figura 3 Croquis del diseño experimental.....	¡Error! Marcador no definido. 39
Figura 4 Prototipo porta imanes	42
Figura 5 Promedio del número de brotes a los 28 días en la evaluación del efecto del tratamiento magnético del agua en el crecimiento de los patrones de rosas (<i>Rosa sp.</i>) de la variedad Natal Brier.....	50
Figura 6 Promedio de la longitud del brote principal al analizar el efecto del tratamiento magnético del agua en el crecimiento de los patrones de Rosas (<i>Rosa sp.</i>) de la variedad Natal Brier.	53
Figura 7 Promedio de la longitud del brote secundario al analizar el efecto del tratamiento magnético del agua en el crecimiento de los patrones de Rosas (<i>Rosa sp.</i>) de la variedad Natal Brier.	55
Figura 8 Valores promedio de la longitud del de la raíz principal al analizar el efecto del tratamiento magnético del agua en el crecimiento de los patrones de Rosas (<i>Rosa sp.</i>) de la variedad Natal Brier.....	58
Figura 9 Valores promedio de la materia seca del área foliar al analizar el efecto del tratamiento magnético del agua en el crecimiento de los patrones de Rosas (<i>Rosa sp.</i>) de la variedad Natal Brier.....	61
Figura 10 Valores promedio la materia seca del área radicular al analizar el efecto del tratamiento magnético del agua en el crecimiento de los patrones de Rosas (<i>Rosa sp.</i>) de la variedad Natal Brier.....	64
Figura 11 Promedios del pH de los diferentes tratamientos magnéticos del agua, evaluados en el desarrollo vegetativo de los patrones de rosas (<i>Rosa sp.</i>) de la variedad Natal Brier	67

Figura 12 Promedios de la Conductividad eléctrica de los diferentes tratamientos magnéticos del agua, evaluados en el desarrollo vegetativo de los patrones de rosas (*Rosa sp.*) de la variedad Natal Brier.....70

Figura 13 Promedios de porosidad resultantes de las distintas aplicaciones de tratamiento magnético al agua, y su influencia en el desarrollo vegetativo de los patrones de rosas (*Rosa sp.*) de la variedad Natal Brier73

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Base de datos de las variables	85
Anexo 2 Preparación de los tratamientos.....	86
Anexo 3. Instalación del sistema de riego.....	87
Anexo 4. Establecimiento del cultivo	88
Anexo 5. Dispositivo de inducción.....	89
Anexo 6. Recolección de datos.....	90

RESUMEN

El cultivo de rosas en Ecuador desempeña un papel significativo en la economía de varias regiones del país debido a su importancia en la exportación. El desarrollo óptimo de las rosas se debe a las condiciones favorables del suelo y el clima, lo que genera oportunidades económicas en diversas zonas. Sin embargo, el aumento de la competencia y la demanda en el sector florícola exigía estrategias más efectivas para mejorar la productividad del cultivo. Una alternativa prometedora es el tratamiento magnético del agua de riego, que puede contribuir a un mejor aprovechamiento del recurso hídrico sin causar daños ambientales. En esta investigación, se evaluaron diferentes fuerzas magnéticas (2000 Gauss, 4000 Gauss y 6000 Gauss) mediante imanes de neodimio para estudiar su efecto en el desarrollo vegetativo de los patrones de rosas de la variedad Natal Brier en el vivero de la Granja Experimental ECAA, Imbabura. El estudio se llevó a cabo en la Granja Experimental de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Sede Ibarra, utilizando un diseño de bloques completamente aleatorizado con los dispositivos magnéticos ubicados en cada inicio del sistema de riego localizado. Los resultados obtenidos revelaron un impacto beneficioso en las variables de estudio, tanto en lo que respecta al suelo (pH del suelo, porosidad (%), conductividad eléctrica (mS/cm)), como en el cultivo mismo (número de brotes, longitud de los brotes (cm), longitud de las raíces principales (cm), materia seca del área foliar (%), materia seca del sistema radicular (%)). Esto sugiere que la aplicación de campos magnéticos en el proceso de riego puede mejorar significativamente el desarrollo y el rendimiento del cultivo.

Palabras clave: florícola, magnético, Gauss, neodimio, dispositivos

ABSTRACT

The cultivation of roses in Ecuador plays a significant role in the economy of several regions of the country due to its importance in exports. The optimal development of roses is attributed to favorable soil and climate conditions, creating economic opportunities in various areas. However, the increasing competition and demand in the floriculture sector demanded more effective strategies to improve crop productivity. A promising alternative is the magnetic treatment of irrigation water, which can contribute to a better utilization of the water resource without causing environmental damage. In this research, different magnetic strengths (2000 Gauss, 4000 Gauss, and 6000 Gauss) were evaluated using neodymium magnets to study their effect on the vegetative development of rose rootstocks of the Natal Brier variety at the nursery of the ECAA Experimental Farm in Imbabura. The study was conducted at the Experimental Farm of the Pontifical Catholic University of Ecuador, Ibarra Campus, using a completely randomized block design with magnetic devices placed at the beginning of each localized irrigation system. The results obtained revealed a beneficial impact on the study variables, both in terms of soil properties (soil pH, porosity (%), electrical conductivity (mS/cm)), and the crop itself (number of shoots, shoot length (cm), main root length (cm), dry matter of leaf area (%), dry matter of the root system (%)). This suggests that the application of magnetic fields in the irrigation process can significantly improve the development and yield of the crop.

Keywords: floriculture, magnetic, Gauss, neodymium, devices

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

Las rosas se han convertido en un cultivo de gran relevancia en la exportación y en la economía de varias regiones del Ecuador, las condiciones propicias del suelo y el clima han permitido el desarrollo óptimo de las rosas, asegurando su calidad y belleza, gracias a esta industria, se generan oportunidades económicas que propician el desarrollo en diversas zonas del país (Yagual et al. 2016, p. 2-5).

Sin embargo, el creciente nivel de competencia y demanda en el sector florícola ha generado la necesidad de implementar estrategias y metodologías más efectivas a medida que pasan los años, esta demanda impulsa la búsqueda de mejores enfoques para maximizar el aprovechamiento de los recursos disponibles y, en consecuencia, mejorar el manejo de los cultivos, en este contexto, mejorar la productividad del cultivo de rosa se ha convertido en uno de los retos clave para este sector.

El recurso hídrico desempeña un papel fundamental en el éxito de los cultivos, ya que incide en el rendimiento óptimo, es necesario contar con agua que posea características adecuadas para ser aprovechada y utilizada en los cultivos (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura [IICA], 2017, p. 9-13). Sin embargo, es común que el agua utilizada en el riego de los cultivos sea extraída directamente de canales sin un análisis previo.

A lo largo de su trayecto, esta agua puede arrastrar elementos químicos perjudiciales que afectan negativamente las propiedades fisicoquímicas del suelo y, en consecuencia, el desarrollo de los

cultivos. Una de las principales problemáticas son las sales, las cuales pueden tener un impacto perjudicial en el crecimiento y la calidad de las plantas (Chicaiza, 2020, p. 22).

El empleo de agua no tratada o de canales de riego pueden tener consecuencias perjudiciales para el suelo, como lo es la salinización, el empleo de esta agua para el los cultivares puede tener consecuencia en los procesos osmóticos entre el suelo y la planta, lo que le genera estrés hídrico (Baccaro et al. 2006, p. 97). Llegando a afectar su capacidad de crecimiento y adaptación al entorno.

A lo largo plazo estos compuestos pueden acumularse en las capas superiores del suelo y comprometer la calidad del suelo siendo un limitante para el desarrollo de las plantas, impidiendo la absorción de los nutrientes básicos para su salud (Baccaro et al. 2006, p. 78).

Las sales pueden ocasionar desequilibrio en las propiedades físico químicas del suelo como el pH, tención superficial, permeabilidad, la conductividad eléctrica, entre otros (Fernández et al. 2014, p. 37). Estas alteraciones pueden tener consecuencias negativas en la sostenibilidad del sistema de producción agrícola.

Las investigaciones posteriores mencionan al tratamiento magnético como una forma de potencializar el desarrollo de diversos cultivos como la lechuga, leguminosas, arroz, tomate, papa, pastos, rábano, romero, cebada, habichuela, entre otros cultivos, llegando a obtener las mismas conclusiones, colabora en la germinación, propicia el incremento del crecimiento radicular y un mayor desarrollo (Gutiérrez et al. 2014, p. 19).

Con base en lo expuesto, se ha considerado de interés e importancia el investigar la influencia que tienen los campos magnéticos en la planta de patrones de rosas de la variedad Natal Brier,

para llegar a establecer los efectos que generan en el cultivo. Para ello, se expuso el agua de riego a diferentes tratamientos magnéticos con fuerzas de 2000 Gauss (dos imanes de neodimio de 1000), 4000 Gauss (dos imanes de neodimio de 2000) y 6000 Gauss (dos imanes de neodimio de 3000).

- Iniciando la tesis, en el capítulo I, se establece la problemática que busca solucionar la investigación, llegando a plantear objetivos que se prevé alcanzar, se plantea la relevancia de la investigación como a su vez el aporte del estudio al sector florícola.
- En el Capítulo II, Estado del Arte incluye toda la información bibliográfica que será relevante para el estudio llegando a enfatizando los temas principales, el cual inicia con una descripción del cultivo de estudio ahondado desde su taxonomía hasta requerimientos para su desarrollo, el tratamiento magnético, metodologías y finalmente la descripción de términos básicos.
- En el Capítulo III, en los Objetivos se determinan los alcances que se desean para el estudio.
- En el Capítulo IV, en las Hipótesis se establecen las suposiciones de lo que podría ocurrir con los resultados obtenidos, se encuentran la hipótesis nula y alternativa.
- En el Capítulo V, la Metodología inicia resaltando las herramientas empleadas para el trabajo en campo, las características del lugar donde se realizó la investigación, enfatiza el diseño del proyecto en campo.
- En el Capítulo VI, en los Resultados se establecen los datos obtenidos y mediante modelos matemáticos se discierne la información a hechos.

CAPÍTULO II

OBJETIVOS

2.1. Objetivo general

Evaluar el efecto del agua tratada magnéticamente en el desarrollo vegetativo de los patrones de rosas (*Rosa sp.*) de la variedad Natal Brier en la Granja ECAA, Imbabura.

2.2. Objetivos específicos

- Evaluar el efecto de la inducción magnética en el comportamiento agronómico de los patrones de rosa (*Rosa sp.*) de la variedad Natal Brier, mediante la medición de parámetros como el número de brotes, longitud de los brotes, longitud de la raíz principal.
- Examinar la conducta de los parámetros físico-químicos del suelo al ser sometidos a campos magnéticos.

2.3. Hipótesis

Hipótesis alternativa (Ha)

Al menos un tratamiento de inducción magnética tiene un efecto positivo en el desarrollo vegetativo de las estacas de rosa (*Rosa sp.*) del patrón Natal Brier.

Hipótesis nula (Ho)

La inducción magnética no influye en el desarrollo vegetativo de las estacas de rosa (*Rosa sp.*) del patrón Natal Brier.

CAPÍTULO III

ESTADO DEL ARTE

3.1. Florícolas en el Ecuador

Ecuador, un país rico en recursos naturales, ha encontrado en el cultivo de rosas un pilar fundamental para su economía y desarrollo social, se ha convertido en uno de los principales productores y exportadores de rosas, posicionando a esta industria entre una de las tres principales fuentes de divisas del país, esto se debe a las características climáticas, edafológicas y de luminosidad que lo hacen apto para el desarrollo de este cultivo, las rosas ecuatorianas son reconocidas por su alta calidad y se consideran entre las mejores del mundo (Asociación Nacional de Productores y Exportadores de Flores del Ecuador [EXPOFLORES], 2015, p. 3-5).

En el año 2021, las rosas continúan posicionándose como líderes en las exportaciones de productos no tradicionales en Ecuador. Según la Corporación Financiera Nacional BP (2022), se contabilizaron 278 empresas dedicadas al cultivo de rosas en el país, la participación por provincia fue la siguiente: Pichincha con el 70%, Cotopaxi con el 13%, Imbabura con el 5%, Carchi con el 4% y otras provincias con el 7%. Estas empresas contribuyeron a la generación de 36.974 empleos.

En relación a la superficie de cultivo, se registraron 6.963 hectáreas cosechadas, con una producción de 4.426,10 millones de tallos de rosas (Instituto Nacional de Estadística y Censos [INEC], 2021), Además, se reportó un valor agregado bruto de \$567.43 millones, representando el 0.83% del Producto Interno Bruto (PIB) total del país (Banco Central del Ecuador, 2021).

Estos datos evidencian la importancia económica y el impacto positivo de la industria de las rosas en Ecuador, tanto en términos de empleo generado como en su contribución al desarrollo económico.

3.2. La rosa (*Rosa sp*)

3.2.1. Taxonomía

En la Tabla 1 se proporciona la información sobre la taxonomía de la rosa (*Rosa sp*)

Tabla 1

Taxonomía del cultivo

CLASIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN
Reino:	Plantae
División:	Magnoliophyta
Clase:	Magnoliopsida
Orden:	Rosales
Familia:	Rosaceae
Género:	Rosa
Especie:	Rosa híbrida

Nota. Tomado de Arzate (2014)

3.2.2 Origen

Hace alrededor de 35 millones de años, se estima que las rosas tuvieron su origen en Asia, específicamente en la zona que abarca China y el noreste de la India; con el paso del tiempo, la planta se desplazó con ayuda de aves, insectos y el ser humano. Civilizaciones antiguas como

los egipcios, griegos y romanos cultivaban y valoraban las rosas por su atractivo visual y su fragancia distintiva (Yong, 2004, p. 54).

3.2.3 Descripción botánica

Son plantas arbustivas, algunas cuentan con la característica de ser trepadoras, tienen tallo leñosos y resistentes, que pueden ser erguidos o inclinados, y están provistos de estípulas persistentes y desarrolladas (espinas), sus hojas pueden ser caducas o perennes, compuestas, con peciolos y dispuestas de manera imparipinnada, las flores que cuentan con todos los verticilos (carpelos, estambres, pétalos y sépalos). Estas pueden presentar una amplia variedad de colores y formas, en su mayoría llegan a hermafroditas (Díaz, 2022, p. 20).

3.2.4 Factores de producción

La temperatura:

Es un factor crucial que tiene un efecto tanto en la productividad como en la calidad de las rosas, para la mayoría de los cultivos de rosa la temperatura recomendable para su desarrollo es de 17 a 25 °C, con una mínima de 15 °C durante la noche y una máxima de 28 °C en el día. Las bajas temperaturas pueden generar retrasos en el crecimiento, deformidades y un aumento de botones ciegos, por otro lado, las temperaturas altas causan daño en la producción, con botones florales pequeños y de colores pálidos, así como un incremento de botones ciegos (Rodríguez y Flórez, 2006, p. 248-249).

La luminosidad:

Es un requisito fundamental para el buen desarrollo de las rosas, ya que se necesitan longitudes de onda específicas dentro del espectro de 400 a 700 nm. Esta gama de luz es utilizada por las plantas para llevar a cabo la fotosíntesis (Valencia, 2017, p. 81).

La humedad relativa:

La planta de rosa tiene requisitos de humedad relativamente altos, que oscilan entre el 70% y el 80%. Durante la etapa de brote, se requiere un mayor porcentaje de humedad, que va de 80% a 95%. Sin embargo, es importante tener cuidado, ya que cuando se superan estos niveles de humedad, se crea un ambiente propicio para el desarrollo de hongos que pueden afectar de manera perjudicial al cultivo (González et al. 2018, p. 157).

La planta de rosa tiene requisitos específicos en cuanto al suelo:

Salinidad:

La rosa presenta una tolerancia mediana a la salinidad. Sin embargo, altos niveles de sal pueden reducir su eficiencia y desarrollo. En suelos con una alta presencia de caliza activa, la concentración de salinidad no debe superar el 10% (Montalvo, 2020, p. 11).

pH del suelo:

El pH del suelo se considera óptimo para el cultivo de rosas cuando se encuentra en el rango de 6.0 a 7.5 (Montalvo, 2020, p. 12).

3.2.5 Variedad

Rosa Natal Brier

Es una variedad de rosa que se utiliza como portainjertos para otras variedades de rosas de interés, gracias a su vigoroso crecimiento y su resistencia a enfermedades. En algunos lugares, está reemplazando al popular portainjerto Manetti. Su función principal es brindar un sistema radicular fuerte y robusto a la variedad que se injerta sobre él (Vera, 2015, p. 8).

Sin embargo, es esencial tener en cuenta que este tipo de rosa no es compatible con todas las variedades. Un ejemplo de ello es la rosa Escada, ya que, al injertarse sobre este portainjerto, puede ocasionar oscurecimiento o ennegrecimiento en las plantas injertadas (Vera, 2015, p. 9).

3.2.6 Labores culturales

Propagación vegetativa

La propagación vegetativa consiste en un método que consiste en emplear material vegetativo como ramas, raíz, brotes, entre otros, los cuales se colocan en un suelo propicio y adecuado para continuo enraizado (Cárdenas y López, 2011, p. 204). En el caso de las rosas, la forma más común es por el enraizado de estacas.

La propagación por estacas implica realizar un corte selectivo de tallos en un estado de madurez adecuado, asegurándose de que estén en su punto óptimo de desarrollo, es decir, que hayan dado flores y que el tallo tenga un grosor mayor al de un lápiz. El corte se realiza en forma de bisel y se recomienda que las estacas tengan una longitud de 20 a 25 cm.

Al realizar en corte, se busca que las estacas tengan de dos a tres yemas llenas en las axilas, para lograr un control más preciso en el proceso de siembra; se realiza en un invernadero, el cual brinda condiciones controladas y favorables para el crecimiento y desarrollo de las estacas (Cabascango, 2008, p. 36).

Preparación de sustrato

Según Wilson (2008), en condiciones controladas de temperatura y humedad, se ha determinado que el sustrato más adecuado para el desarrollo de patrones de rosa Natal Brier consiste en una mezcla de 50% de tierra negra y 50% de perlita, esto implica que ambas partes se encuentren en concentraciones iguales. Mediante esta combinación, se ha observado un aumento en el peso de la materia seca tanto en el primer como en el segundo brote.

Siembra de patrones

De acuerdo con Yong (2004), es necesario llevar a cabo una selección adecuada de estacas que cumplan con ciertos criterios: no deben ser demasiado largas, deben estar sanas, tener el grosor adecuado y contar con un buen número de yemas viables. Estas estacas pueden ser sembradas en fundas plásticas para vivero o directamente en las camas de cultivo (p. 54).

Se recomienda que las estacas de rosa sean sembradas de manera inmediata después de su corte, esto es para evitar la deshidratación. Asimismo, se sugiere que el extremo inferior de la estaca sea plantado a una profundidad de 5 a 15 cm, dependiendo de su tamaño, es importante que se mantenga en posición vertical, con las yemas apuntando hacia arriba (Yong, 2004, p. 55).

Sistema de riego localizado

También conocido como riego por goteo es una estrategia altamente efectiva de riego que permite suministrar agua de manera precisa y controlada directamente en la zona radicular de la planta (Fernández, 2010, p. 25).

Este método de proporcionar agua a los cultivos ayuda al ahorro del recurso hídrico, debido a que proporciona de forma eficiente y precisa, este sistema usa mangueras con orificios o emisores de goteo esto permite un riego en el área de suelo que se encuentra la planta sin tener pérdidas de este recurso (Fernández, 2010, 25-28).

El riego localizado optimiza la absorción de agua y nutrientes por parte de las plantas, mejorando su desarrollo y rendimiento, al tiempo que promueve un uso responsable y sustentable del agua en el sector agrícola. Esta técnica se ha destacado como una herramienta valiosa para una agricultura más eficiente y amigable con el medio ambiente.

3.3 La magnetización

Los primeros indicios de conocimiento de este fenómeno se dieron en la antigua ciudad de Magnesia, en Grecia. Se encontraron a los conocidos imanes naturales, piedras que tenían la característica de atraer objetos metálicos hacia sí, con el pasar del tiempo fueron denominados Magnetita, en la actualidad se conocen como imanes (Mills, 2004, p. 273).

El campo magnético terrestre o también conocido como campo geomagnético se formó hace 3450 millones de años y desde entonces ha llegado a cumplir la función de proteger la vida y sus ecosistemas de las radiaciones cósmicas y de los rayos ultravioletas procedentes del sol, a

esta capa se la conoce como magnetósfera, su campo magnético es bastante débil oscilando entre 0,4 y 0,6 Gauss (Carbonell et al. 2017, p. 148).

Los campos magnéticos de la Tierra influyen sobre los seres vivos, un claro ejemplo es la capacidad de orientación, se puede evidenciar en organismos vivos, como bacterias, algas, abejas, aves, peces, entre otros. Estos organismos contienen cristales de magnetita para colaborar con su orientación para trasladarse de forma efectiva en su entorno, colaborando a procesos migratorios (Carbonell et al. 2017, p.144).

3.3.1 Dispositivo de tratamiento magnético

El imán es un material que tiene la característica de atraer objetos metálicos mediante la creación de campos magnéticos invisibles, estos campos se orientan de acuerdo a los polos del imán, que son denominados negativo o Sur y positivo o Norte, y cada uno atrae a su opuesto y repele a su igual (Carbonell et al. 2017, p. 144-146).

Los imanes pueden ser clasificados en dos tipos: imanes de campos magnéticos estáticos son generados por imanes permanentes, e imanes de campos magnéticos variables, éstos pueden ser producidos por electroimanes o por bobinas, cuenta con la característica de manipular la energía magnética (Martínez y Carbollet, 2003, p. 25). En el ámbito agrícola puede llegar a emplearse cualquiera de estas dos.

Los imanes de neodimio o imanes de neodimio ferro boro (NdFeB) son imanes permanentes conocidos por su fuerza de atracción y repulsión, sus principales componentes son hierro, boro y neodimio. El neodimio se considera parte de la familia de las tierras raras, este elemento le

confiere la característica magnética, se lo considera como uno de los imanes con más fuerza en el mercado (Kumari y Sahu, 2023, p. 642).

3.3.2 Efectos de tratamiento magnético en el agua de riego, el suelo y la planta

El estudio de los imanes y su influencia en las propiedades fisicoquímicas del agua de riego, es un estudio en evolución con resultados variables, muchas de estas investigaciones han evidenciado la posibilidad de cambios en las características del agua.

El agua al estar expuesta a campos magnéticos aún incluso por tiempos cortos puede ocasionar modificaciones en las características físicoquímicas, entre las que se encuentran pH, la conductividad eléctrica, la tensión superficial, viscosidad, incremento de la actividad biológica, estimula la coagulación de partículas solubilidad y la densidad óptima. Estas modificaciones están influenciadas por la intensidad, velocidad o movimiento del agua, entre otros (Insua et al. 2009, p. 144).

En cuanto a las alteraciones de las propiedades del agua, se ha observado que la conductividad eléctrica tiende a disminuir un 8 a 10 %, aunque existen investigaciones donde se ha mencionado un aumento. Además, la tensión superficial presenta una disminución (Insua et al. 2009, p. 149).

Arafa y Mansour (2018) investigaron el efecto de los tratamientos magnéticos sobre el cultivo de nabo, en el estudio, aplicaron diferentes concentraciones de sales en el agua de riego, variando de 1000 a 5000 ppm, se emplearon tratamientos magnéticos de 1000 y 2000 Gauss, los resultados mostraron un efecto positivo, teniendo un aumento significativo en el desarrollo de la planta en comparación con los cultivos no tratados con inducción magnética (p. 89).

En el estudio realizado por Elaoud et al. (2016) sobre el tratamiento magnético en el cultivo de melón, se empleó la intensidad magnética de 1.5 T (15000 G), los resultados obtenidos mostraron una reducción de la conductividad eléctrica (CE) en un 5.2 % y un incremento de su pH del 5.6 %, determinando cambios en algunas características fisicoquímicas del agua de riego, colaborando al rendimiento y productividad del cultivo, mostrando un incremento del 39 % (p. 256).

De acuerdo a Kishore et al. (2022) en su investigación sobre el cultivo de berenjena (*Solanum melongena*) emplearon una intensidad magnética de 7000 Gauss, los resultados mostraron un incremento en la productividad del cultivo a comparación con el control, adicional a ello se generaron cambios en los parámetros fisicoquímicos del agua, se observó un aumento en el pH, mientras que la conductividad eléctrica y la dureza del agua se redujeron (p. 785).

En otra investigación realizada por Babaloo et al. (2018), se evaluó el cultivo de arroz (*Oryza sativa*) irrigado con agua magnetizada (110 mT) y agua de riego normal. Los resultados establecieron un incremento en los parámetros de crecimiento, contenido de carbohidratos, proteínas totales y pigmentos fotosintéticos en comparación con el grupo de control (p. 140).

Asimismo, en el estudio de Moussa (2011), se analizó el efecto del agua magnetizada (30 mT) en el cultivo de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). Los resultados mostraron un incremento significativo en el desarrollo del cultivo, así como en la concentración de ácidos nucleicos (ARN y ADN), pigmentos fotosintéticos (clorofila b, clorofila a), potasio, kinetina, carotenoides y la eficiencia de translocación de fotoasimilados (fijación de $^{14}\text{CO}_2$), en comparación con el grupo de control (p. 16-20).

Por otro lado, el trabajo de Hozayn (2010) sugiere que el agua magnetizada (ATM) podría tener un impacto en la producción de hormonas vegetales como las auxinas, citoquinas y giberelinas, las cuales desempeñan un papel crucial en el crecimiento y desarrollo de las plantas (p. 672).

CAPÍTULO IV

MATERIALES Y MÉTODOS

4.1. Materiales

4.1.1 Materiales de campo

- Rastrillo
- Azadón
- Estacas
- Machete
- Sierra
- Rótulos de madera
- Cinta métrica
- Válvulas
- Uniones
- Codos
- Navaja
- Piola
- Alambre
- Manguera de goteo
- Válvulas
- Cinta métrica
- Tijera de podar
- Vasos plásticos de 10 oz
- Tierra negra
- Pomina

4.1.2 Insumos agrícolas

- Fertilizantes
- Abonos
- Insecticidas
- Fungicidas

4.1.3 Biológicos

- Estacas de rosa (*Rosa sp*) del patrón Natal Brier

4.1.4 Equipos de laboratorio

- pH – metro (LAQUA ORIBA)
- Balanza analítica (Adam Equipment)
- Estufa (Marca: Memmert, Modelo: NB300)
- Calibrador (Starrett)
- Imanes magnéticos de neodimio
 1. 2000 Gauss (dos imanes de neodimio de 1000)
 2. 4000 Gauss (dos imanes de neodimio de 2000)
 3. 6000 Gauss (dos imanes de neodimio de 3000)

4.1.5 Equipos de laboratorio

- R-studio Programa estadístico Versión 2023.09.0

4.2. Ubicación del cultivo

El estudio se realizó en la Granja Experimental de la Escuela de Ciencias Agrícolas y Ambientales (ECAA), sector La Victoria en la ciudad de Ibarra.

Tabla 2*Ubicación y climatología del área de estudio*

Ubicación política	
Provincia	Imbabura
Cantón	Ibarra
Parroquia	San Francisco
Sector	La Victoria
Ubicación geográfica	
Latitud	N 00°21'50"
Longitud	W 78°15'40 "
Altitud	2220 m s.n.m
Características agroclimáticas del lugar	
Temperatura media anual	17 °C
Temperatura máxima mensual	21°C
Temperatura mínima mensual	13°C
Precipitación anual	866.4 mm
Humedad relativa	71 %

Nota. Tomado de Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI), 2018

4.2.1 Diseño experimental

En esta investigación, se utilizó un Diseño de Bloques Completamente al Azar (DBCA), el cual comprendió tres tratamientos de riego y un grupo de control. Para evaluar los efectos, se aplicaron tres intensidades diferentes de campos magnéticos: 2000, 4000 y 6000 Gauss. Cada tratamiento y el grupo de control fueron sometidos a un total de cuatro repeticiones para obtener resultados confiables. En este estudio, se trabajó con 16 unidades experimentales en total.

- Tratamientos (t) = 4
- Repeticiones (r) = 4
- Unidades experimentales (UE)= 16

Tabla 3

Descripción del área del experimento

Descripción	Medida
Total, de unidades experimentales	16
Forma	Rectangular
Tamaño de la parcela	0.5m ² (1 m x 0.5m)
Área útil de la parcela	0.20 m ²
Área de borde	0.30 m ²
Número de patrones de rosas (<i>Rosa sp.</i>) de la variedad Natal Brier por parcela	40 patrones
Población en las 12 parcelas	640 patrones
Separación entre parcelas	1.2 m
Área total del ensayo	63 m ²

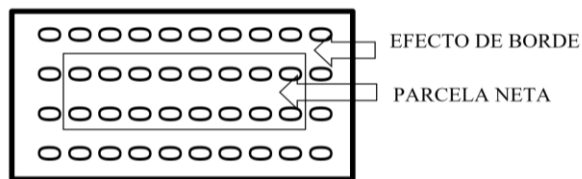
4.2.2 Unidades experimentales

La realización de esta investigación práctica tuvo como locación la Granja Experimental de la Universidad Católica del Ecuador sede de Ibarra. Cada unidad experimental se estableció con dimensiones de 0.5 metros de ancho y 1 metro de largo. Con el fin de llevar a cabo este estudio, se implementó un sistema de riego por goteo que integró diversos tratamientos magnéticos. La

instauración de dicho sistema se llevó a cabo con el objetivo de asegurar una distribución uniforme y adecuada del agua.

Figura 1

Diseño de la unidad experimental



4.2.3 Distribución de las unidades experimentales

Figura 2

Distribución de las unidades experimentales con el diseño del sistema de riego

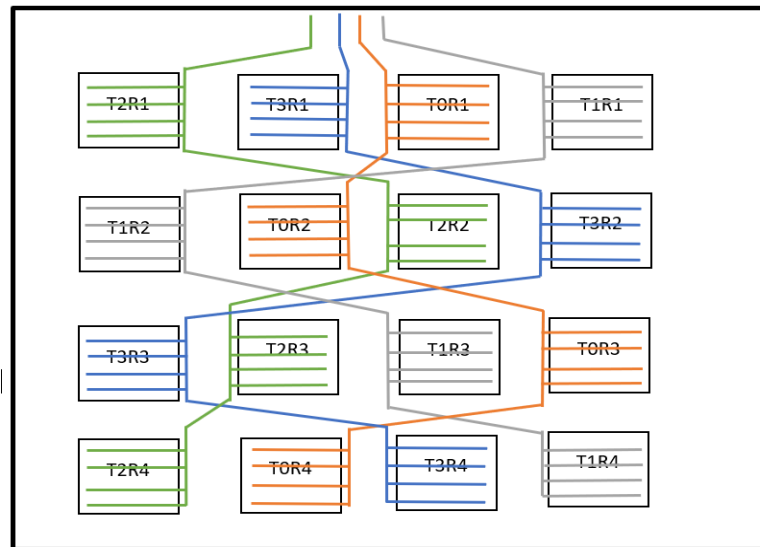
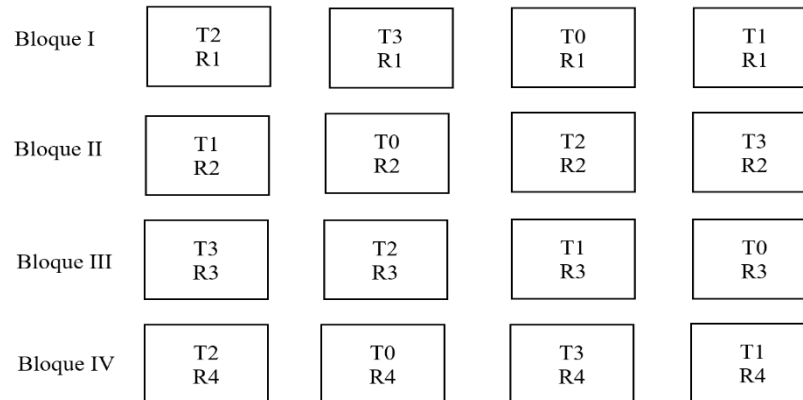


Figura 3

Croquis del diseño experimental



4.2.4 Descripción de los tratamientos

Tabla 4

Tratamientos

Tratamiento	Medida (Gauss)
T0	testigo
T1	2000
T2	4000
T3	6000

Nota. Adaptado de Arfa (2017) y Olaniyi (2017)

4.2.5 Esquema de Análisis de varianza (Adeva)

Tabla 5

Esquema de Análisis de Varianza

Fuentes de variación	GL
Total	15
Tratamientos	3
Bloques	3
Error	9

4.3 Preparación del área experimental

La Tabla 6 proporcionará un desglose detallado de todas las actividades llevadas a en campo.

Tabla 6*Actividades realizadas en campo*

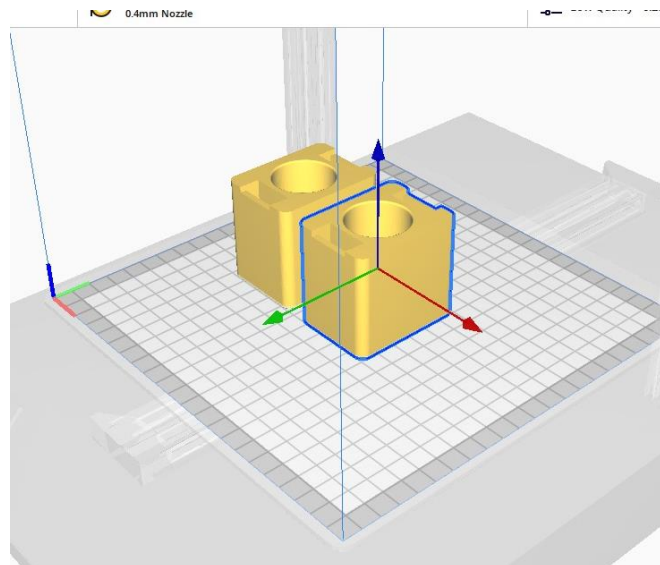
Actividad	Detalle
Continuación Tabla 6	Desmalezado y limpieza del suelo. Delimitación del área experimental (Wilson, 2008).
Preparación del sustrato	Preparación del sustrato con 50% pomina y 50% tierra negra (Vera , 2008). Desinfección del suelo. Colocación en los respectivos vasos plásticos de 10 oz (Vera , 2008).
Elaboración del dispositivo magnético	El diseño del dispositivo de magnetización se llevó a cabo considerando la facilidad y eficiencia en su instalación. Se decidió desarrollar un prototipo que permitiera un cambio sencillo de los imanes de neodimio. Para materializar este diseño, se utilizó la tecnología de impresión 3D y se empleó una fibra plástica en el proceso de fabricación.
Delimitación de las unidades experimentales	Se utilizaron estacas y cuerdas, teniendo en cuenta las medidas necesarias para los caminos y las unidades. Se colocaron los márgenes de ladrillo de cada unidad experimental.
Desinfección de los patrones de rosa	Se realizo la desinfección VITAVAX 200, ingrediente activo Carboxin(5,6-dihidro-2-metil-N-Fenil-1,4-oxatiin-3carboxamida) Se introdujeron los patrones de la variedad Natal Brier en los vasos que contenían el sustrato, y se colocaron 40 patrones en cada unidad experimental
Instalación de sistema de riego	Se utilizó una manguera de calibre 16 para distribuir el riego en los distintos tratamientos y repeticiones. Este sistema de riego fue equipado con goteros específicos para cada patrón la variedad Natal Brier. En cada línea de riego, se instalaron los dispositivos magnéticos correspondientes.
Desbrote	Se realizó el desbrote a los 28 días, dejando únicamente dos brotes: el primario y el secundario (Wilson, 2008).
Toma de datos	Los datos para la variable "número de brotes" se registraron en los días 14, 21 y 28 después de la siembra, mientras que los datos restantes se recolectaron al finalizar la investigación en el campo (Wilson, 2008).

4.4 Diseño del equipo de inducción magnética

Los prototipos impresos tienen una forma rectangular. Se distinguen por contar con un soporte magnético extraíble que se adapta a cualquiera de las tres dimensiones de los imanes, los que pueden ser retirados e intercambiados de manera rápida y sencilla. En el proceso se emplearon dos imanes con igual fuerza magnética, dispuestos en posición paralela, con el propósito de generar un flujo continuo y directo de agua de riego entre ellos. El objetivo subyacente es aprovechar la interacción magnética para mejorar las propiedades fisicoquímicas del agua empleada en el riego.

Figura 4

Prototipo porta imanes



4.4.1 Características de los imanes seleccionados para la investigación

En la investigación, se utilizaron imanes con forma rectangular. Para el tratamiento 1, se emplearon dos imanes de neodimio de dimensiones 30 x 20 x 5, con una intensidad magnética de 1000 Gauss cada uno. En el tratamiento 2, se utilizaron dos imanes de neodimio de dimensiones 40 x 20 x 5, con una intensidad magnética de 2000 Gauss cada uno. Finalmente, en el tratamiento 3, se emplearon dos imanes de neodimio de dimensiones 50 x 20 x 5, con una intensidad magnética de 3000 Gauss cada uno.

4.5. Evaluación de los parámetros físico-químicos del suelo al ser sometidos a campos magnéticos.

4.5.1 pH

Se evaluó luego de finalizar la parte de campo, para lo cual se tomaron análisis del suelo que tuvo contacto con el agua magnetizada para llevarlo a laboratorio. Allí, se realizó el análisis utilizando un equipo conocido como pH-metro (Cuervo , 2018).

4.5.2 Porosidad

Después de completar la fase en campo, se trasladó el proceso al laboratorio para continuar con la metodología establecida. En el marco de este proceso, se empleó el método propuesto por Flores (2010), que involucra el uso de anillos con un volumen predefinido. Estos anillos se colocan en una estufa y se registran sus pesos antes y después del proceso de secado. Para determinar la porosidad, se aplica la siguiente fórmula:

$$\text{Porosidad (\%)} = \frac{\text{Volumen del anillo} - \text{Volumen de sólidos}}{\text{Volumen del anillo}} * 100$$

4.5.3 Conductividad eléctrica

Para llevar a cabo este análisis, se procedió a la recolección de las muestras de suelo, se tomaron 100 gramos de suelo por cada tratamiento y repetición, los cuales fueron pesados utilizando una balanza analítica. Además, se midieron 200 ml de agua destilada para llevar a cabo la disolución de las muestras de suelo, se agito durante 30 minutos, continuamente se calibro el equipo y se realizó la toma de los valores (Bernier, 2014).

4.5.4 Materia seca de los brotes

Para la toma de datos de la variable, se llevó a cabo al finalizar el ensayo práctico en el campo. Se tomaron muestras del material vegetal (brotes) realizando cortes, consecutivamente se procedió a pesar 200 gramos con la ayuda de una balanza analítica. Posteriormente, las muestras se colocaron de manera continua en una estufa a una temperatura de 105 °C durante un período de 24 horas. Al concluir este período, se procedió a realizar un segundo pesaje (INIA, 2019), para lo que se aplicó la siguiente fórmula:

$$\text{Materia Seca (\%)} = \frac{\text{Peso inicial de la muestra} - \text{Peso después del secado}}{\text{Peso inicial de la muestra}} * 100$$

4.5.5 Materia seca del sistema radicular

Este procedimiento se llevó a cabo al finalizar el ensayo práctico en el campo, se tomó una muestra del sistema radicular y se realizaron cortes de 2 a 3 cm. Posteriormente, la muestra se colocó en una estufa a una temperatura de 105 °C durante 24 horas. Al concluir este período, se procedió a realizar un pesaje (INIA, 2019), para lo que se aplicó la siguiente fórmula:

$$\text{Materia Seca (\%)} = \frac{\text{Peso inicial de la muestra} - \text{Peso después del secado}}{\text{Peso inicial de la muestra}} * 100$$

4.6 Toma de datos de campo

4.6.1 Número de brotes

Según Chimarro (2012), el proceso de brotación de los patrones de rosas puede ocurrir entre los 14 y 30 días después de la siembra. Para lo cual, se llevó a cabo la observación y medición de esta variable durante la segunda hasta la cuarta semana.

4.6.2 Longitud de los brotes

Para la toma de datos de esta variable, se utilizó una cinta métrica flexible, teniendo en cuenta la medida desde el punto de origen del brote hasta el ápice. Este proceso se llevó a cabo durante la quinta y sexta semana.

4.6.3 Longitud de las raíces principales

Al finalizar la práctica, se midió la longitud de la raíz principal a las seis semanas después de haber sembrado los patrones, utilizando una regla, esta medición se realizó desde el punto de origen de la raíz hasta el ápice.

CAPÍTULO V

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Después de recopilar los datos pertinentes tanto en el campo como en el laboratorio, se llevó a cabo la aplicación de la prueba de Normalidad de Shapiro-Wilk en las variables dependientes. Los resultados obtenidos mostraron valores de p-value superiores a 0.05, lo que indica que los datos presentan una distribución normal.

Tabla 7*Prueba de normalidad Shapiro para las variables dependientes*

Variables	Observaciones	Promedio	Desviación estándar	Shapiro test	p valor	Bartlett test	p valor
Campo							
Número de brotes 28 dds	16	2,81	0,27	0,96	0,69	2,25	0,52
Longitud de brotes							
Longitud de brote principal (cm) (42 días)	16	12,69	1,19	0,97	0,83	2,94	0,39
Longitud de brote secundario (cm) (42 días)	16	7,48	0,75	0,93	0,26	4,36	0,22
Laboratorio							
Longitud de las raíces principal (cm)	16	10,1	0,94	0,93	0,22	0,97	0,8
Materia seca del sistema radicular (%)	16	13,84	1,06	0,9	0,1	4,06	0,25
Materia seca del área foliar (%)	16	4,77	0,47	0,91	0,12	2,26	0,15
pH del suelo	16	6,09	0,44	0,9	0,09	3,3	0,34
Porosidad (%)	16	48,05	0,87	0,97	0,78	3,3	0,35
Conductividad eléctrica (mS/cm)	16	0,13	0,01	0,93	0,24	0,39	0,94

Nota. Prueba de Shapiro-Wilk, p-value > 0,05: Los datos se derivan de una distribución normal. dds: días después de siembra.

5.1 Número de brotes

Análisis estadístico

Tabla 8

Análisis de varianza del número de brotes a los 28 días en la investigación de los Impactos del Tratamiento Magnético del Agua en el Crecimiento de los Patrones de Rosas (Rosa sp.) de la Variedad Natal Brier

FV	GL	SC	CM	F0	
Total	15	1,10	0,07		
Bloques	3	0,04	0,01	3,86	ns
Tratamientos	3	0,54	0,18	3,86	ns
Error E.	9	0,51	0,06		
CV (%)	8,53				
Promedio (cm)	2,8				

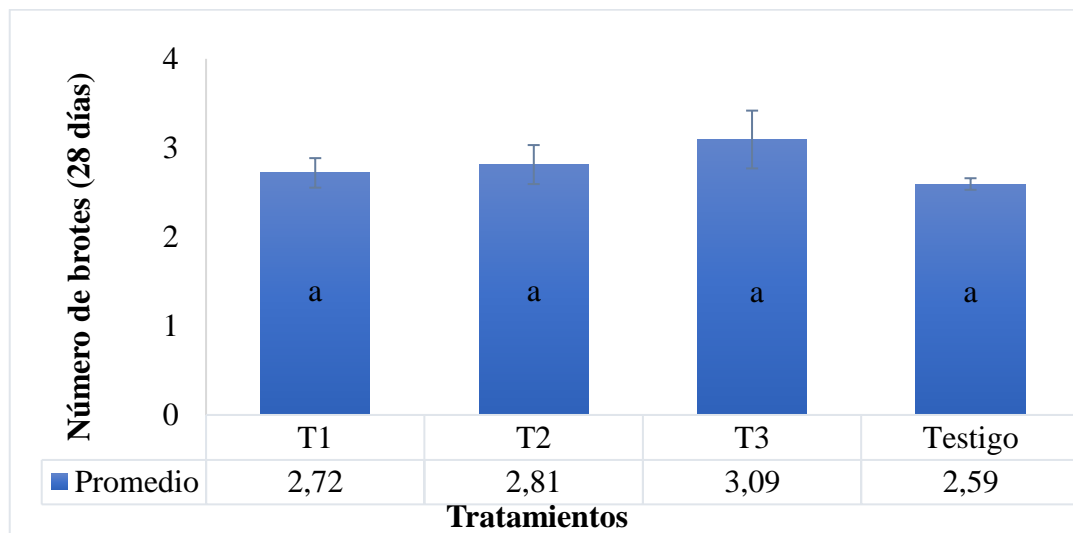
Nota. F.V: Fuentes de variación, G.L: Grados de libertad, C.V: Coeficiente de variación, S.C: Suma de cuadrado, C.M: Cuadrados medios Fo: valor de F calculado, *: Diferencias significativas, **: Diferencias altamente significativas, ns: No existen diferencias significativas

Para la variable Número de brotes, mediante el análisis ANOVA, se detectó que no existen diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos. De la misma manera se obtuvo un coeficiente de variación de 8,53% es decir que existe variabilidad en los tratamientos.

Las pruebas de normalidad de residuos (Shapiro-Wilk) y homogeneidad de varianzas (Bartlett) no son significativas. Los valores de p en ambas pruebas (0.69 para normalidad y 0.50 para homogeneidad de varianzas) superan 0.05. Esto indica que los residuos podrían estar distribuidos normalmente.

Figura 5

Promedio del número de brotes a los 28 días en la evaluación del efecto del tratamiento magnético del agua en el crecimiento de los patrones de rosas (Rosa sp.) de la variedad Natal Brier



El análisis de la prueba de Tukey con un nivel de significancia del 5% para la variable "número de brotes" a los 28 días (Figura 5) revela que todos los tratamientos exhiben valores muy cercanos entre sí y no muestran variaciones significativas en sus datos.

Los resultados obtenidos en el presente estudio revelan que la aplicación de inducción magnética puede ejercer una influencia significativa en un incremento del 19,74 % en la cantidad de brotes, en comparación con el grupo que se mantuvo bajo condiciones de control. Sudsiri et al. (2022), en su investigación, señalan que el riego utilizando agua tratada magnéticamente puede promover de manera favorable el proceso de brotación en contraste con el uso de agua convencional (p. 102-300).

En un estudio adicional llevado a cabo por Irungu et al. (2022) en el cultivo de papa shangi (*Solanum tuberosum L*), se llegó a la conclusión de que los tubérculos sometidos al riego con agua tratada magnéticamente evidenciaron un aumento en la tasa de brotación en comparación con aquellos que no estuvieron expuestos al agua magnetizada (p. 385).

Además, resultados similares fueron obtenidos en una investigación realizada por Martínez y Carbollet (2003) en el cultivo de mostaza, donde observó un aumento en la cantidad de brotes.

5.2. Longitud de los brotes

Longitud de brote principal

Tabla 9

Análisis de varianza de la longitud de los brotes principales en función de los distintos tratamientos.

FV	GL	SC	CM	F0	
Total	15	21.21	1.41		
Bloques	3	1.14	0.38	1.20	ns
Tratamientos	3	17.24	5.75	18.23	***
Error E.	9	2.84	0.32		
CV (%)	4.42				
Promedio (cm)	12.69				

Nota. F.V: Fuentes de variación, G.L: Grados de libertad, C.V: Coeficiente de variación, S.C: Suma de cuadrado, C.M: Cuadrados medios Fo: valor de F calculado, *: Diferencias significativas, **: Diferencias altamente significativas, ns: No existen diferencias significativas.

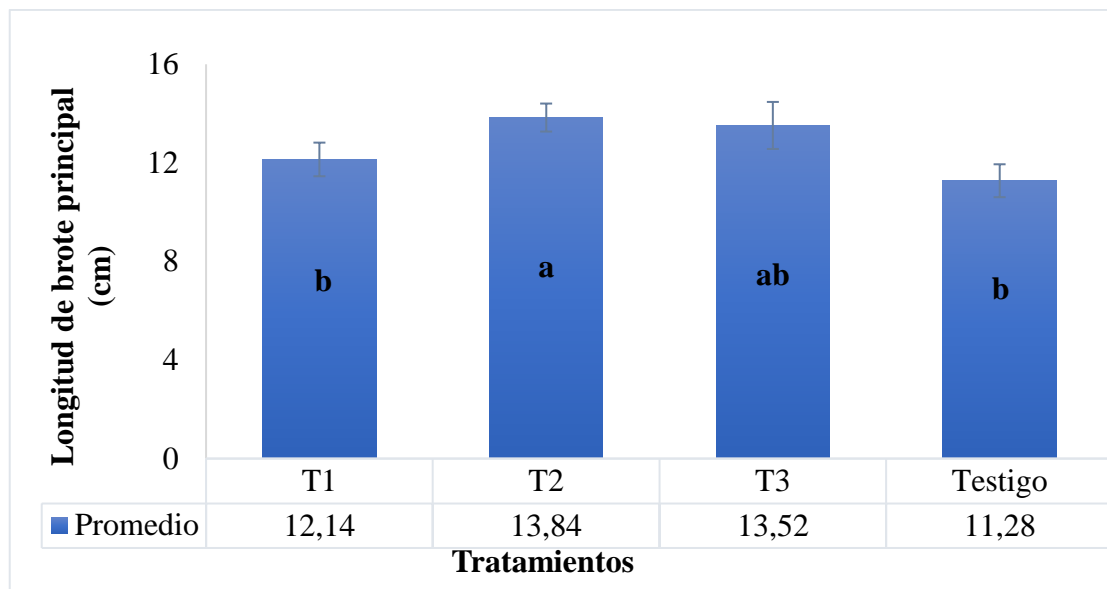
Después de llevar a cabo el análisis de varianza (ANOVA) para examinar la longitud del brote principal, se observa una alta significancia estadística a un nivel de confianza del 1% en relación con los diferentes tratamientos. Además, se calculó un coeficiente de variación del 4.42%, lo que señala una variabilidad reducida en los datos. En cuanto al promedio general de la longitud del brote principal entre los tratamientos, se determinó que fue de 12.69 cm.

Las pruebas de normalidad de residuos (Shapiro-Wilk) y homogeneidad de varianzas (Bartlett) no son significativas, con valores de p (0.8301 y 0.3996 respectivamente) por encima del umbral de 0.05. Esto sugiere una posible distribución normal de residuos y poca diferencia en las varianzas entre grupos de tratamiento.

En la prueba de Tukey al 5% de significancia para la longitud del brote principal (Figura 6), el tratamiento T3 tiene una media de 13.52 cm, mientras que el tratamiento T0 (grupo de control) muestra 11.28 cm, indicando una situación menos favorable.

Figura 6

Promedio de la longitud del brote principal al analizar el efecto del tratamiento magnético del agua en el crecimiento de los patrones de Rosas (Rosa sp.) de la variedad Natal Brier.



En el promedio de la longitud del brote principal (Figura 6) revela que el tratamiento uno y el testigo son estadísticamente similares y que el tratamiento que mejores resultados tiene T2. Los campos magnéticos pueden ejercer cierta influencia en diversos procesos fisiológicos. El incremento en la extensión de los brotes puede deberse a cambios osmóticos en las plantas. En el marco de la investigación llevada a cabo en el cultivo hidropónico de uvas (*Vitis vinifera* L. cv. Thompson Seedless), la exposición a una solución magnetizada permitió observar un crecimiento constante en la longitud de los brotes durante un período de 45 días. Además, se apreció un aumento significativo del 18.96% en la longitud de los brotes en comparación con el grupo de control, que experimentó un aumento del 4.71% (Zareei et al. 2021, p. 587-593).

Longitud de brote secundario

Tabla 10

Análisis de varianza de los datos de longitud de brote secundario en relación a las diferentes modalidades de tratamiento.

FV	GL	SC	CM	F0	
Total	15	8.34	0.56		
Bloques	3	0.23	0.08	0,21	ns
Tratamientos	3	4.77	1.59	4.29	*
Error E.	9	3.34	0.37		
CV (%)	8.14				
Promedio (cm)	7.52				

Nota. F.V: Fuentes de variación, G.L: Grados de libertad, C.V: Coeficiente de variación, S.C: Suma de cuadrado, C.M: Cuadrados medios Fo: valor de F calculado, *: Diferencias significativas, **: Diferencias altamente significativas, ns: No existen diferencias significativas.

El análisis de varianza (ANOVA) realizado en la variable "Longitud de brote principal" demostró la existencia de diferencias significativas entre los tratamientos, utilizando un nivel de significancia del 5%.

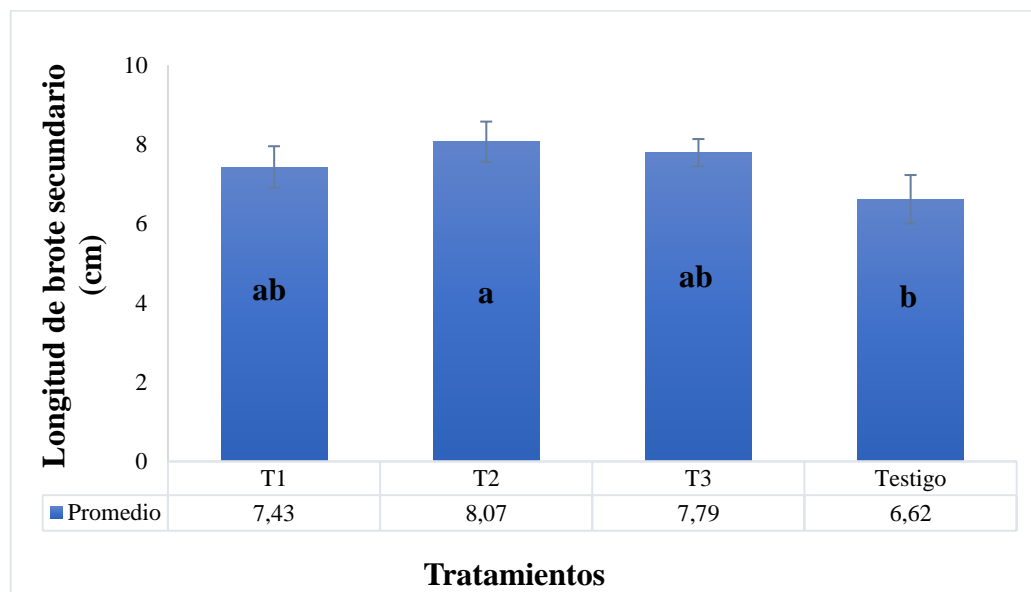
Las pruebas de normalidad de residuos (Shapiro-Wilk) y homogeneidad de varianzas (Bartlett) no son significativas, con valores de p (0.26.1 y 0.2245 respectivamente) por encima del umbral de 0.05. Esto sugiere una posible distribución normal de residuos y poca diferencia en las varianzas entre grupos de tratamiento.

En el análisis de la prueba de Tukey con un nivel de significancia del 5% para la longitud del brote secundario (Figura 7), se observa que el tratamiento T3 tiene un promedio de 7.79 cm,

mientras que el tratamiento T0 (grupo de control) muestra 6.62 cm, lo cual indica una diferencia en favor del tratamiento T3.

Figura 7

Promedio de la longitud del brote secundario al analizar el efecto del tratamiento magnético del agua en el crecimiento de los patrones de Rosas (Rosa sp.) de la variedad Natal Brier.



Promedio de la longitud del brote secundario (Figura 7) revela que el tratamiento uno y el tratamiento tres son estadísticamente similares mientras que el tratamiento que mejores resultados tiene es el T2 con valores de 8.07 cm.

De acuerdo a Sudsiri et al. (2022) encontraron que aplicar campos magnéticos en el riego de árboles de paragucho (también denominado paraguayana, es una fruta que proviene de una mutación natural del melocotón) estimula brotes tempranos y su crecimiento rápido,

especialmente con un campo magnético de 2,6 mT durante 3 horas, acelerando así la propagación (p. 102300).

5.3. Longitud de la raíz principal (cm)

Los resultados derivados del análisis de varianza aplicado a la longitud de la raíz principal se presentan detalladamente en la Tabla 11. Estos datos se originaron a partir de la recopilación de información al término de la fase de campo. La medición de los valores correspondientes a esta variable se llevó a cabo en un entorno de laboratorio.

Tabla 11

Análisis de varianza de la longitud de la raíz principal

FV	GL	SC	CM	F0	
Total	15	13.22	0.88		
Bloques	3	2.37	0.79	2.06	ns
Tratamientos	3	7.41	2.47	6.45	*
Error E.	9	3.45	0.33		
CV (%)	6.13				
Promedio (cm)	10.10				

Nota. F.V: Fuentes de variación, G.L: Grados de libertad, C.V: Coeficiente de variación, S.C: Suma de cuadrado, C.M: Cuadrados medios Fo: valor de F calculado, *: Diferencias significativas, **: Diferencias altamente significativas, ns: No existen diferencias significativas.

El análisis de ANOVA realizado en relación a la variable "Longitud de la raíz principal" reveló la presencia de diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos, utilizando un nivel de significancia del 5%. Sin embargo, estos resultados indican que las diferencias observadas en los valores de longitud de la raíz principal entre los diferentes tratamientos no

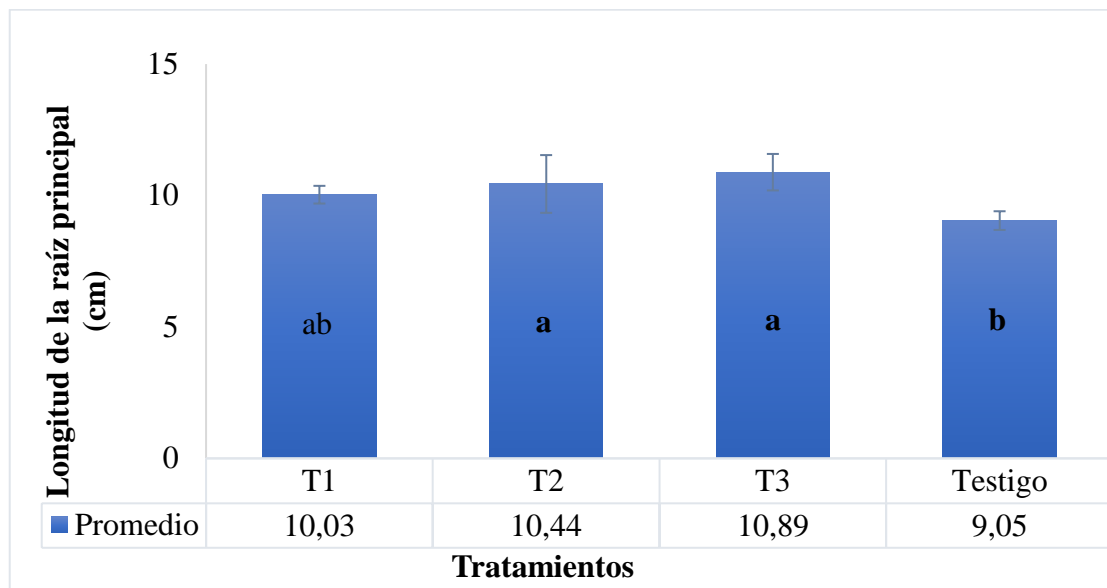
son estadísticamente relevantes. Además, se calculó un coeficiente de variación del 6.13%, lo cual señala una moderada variabilidad en los datos. El promedio de longitud de la raíz principal resultó ser de 10.10 cm.

Tanto la prueba de normalidad de residuos (Shapiro-Wilk) como la de homogeneidad de varianzas (Bartlett) no muestran diferencias significativas. Los valores de p en ambas pruebas (0.2167 para normalidad y 0.8067 para homogeneidad de varianzas) están por encima del nivel común de 0.05. Esto sugiere que los residuos podrían distribuirse normalmente y que las diferencias en las variabilidades entre los grupos de tratamiento no son notables.

En el análisis de la prueba de Tukey al 5% de significancia para la variable "longitud de la raíz principal" (Figura 8), se destaca el tratamiento T3 (dos imanes de neodimio de 3000 Gauss) con un promedio de 10.89 cm. En contraste, el tratamiento T0 (Testigo) tuvo el menor promedio de brotes con 9.05, indicando menor favorabilidad.

Figura 8

Valores promedio de la longitud del de la raíz principal al analizar el efecto del tratamiento magnético del agua en el crecimiento de los patrones de Rosas (Rosa sp.) de la variedad Natal Brier



En los Valores promedio de la longitud del de la raíz principal (Figura 8) revela que el tratamiento dos y el tratamiento tres son estadísticamente similares.

De acuerdo a la investigación de Elhindi et al. (2020), se sugiere que los tratamientos magnéticos podrían desempeñar un papel en la disminución de la tensión superficial, facilitando así una mayor absorción de agua y nutrientes por parte de la planta. Esta mejora en la capacidad de absorción podría contribuir al desarrollo del sistema radicular y, en consecuencia, al crecimiento general de la planta (p. 3071-3078).

En su estudio “Magnetización y oxidación del agua de riego para mejorar la producción de trigo de invierno (*Triticum aestivum* L.)”, Zhao et al. (2022) mencionan que observaron cambios en

las propiedades físico-químicas del agua como resultado de estos tratamientos, aunque estos cambios solo se mantuvieron por un tiempo limitado. Sin embargo, notaron un incremento en el crecimiento y vigor de las raíces. Resultados similares se encontraron en la investigación realizada por Niu et al. (2021), quienes evaluaron el “impacto de la poda de raíces y el riego con tratamientos magnéticos en la fitorremediación del cultivo de *Celosia argentea*”. Esta investigación también mostró efectos positivos en cuanto a una recuperación temprana del sistema radicular (p. 164).

5.4. Materia seca del área foliar (%)

Los resultados del análisis de varianza para la materia seca del área foliar están presentados en detalle en la Tabla 12. Estos resultados fueron recopilados al concluir la fase de campo, y las mediciones se llevaron a cabo en un entorno de laboratorio.

Tabla 12

Análisis de varianza de la materia seca del área foliar de los diferentes tratamientos.

FV	GL	SC	CM	F0	
Total	15	16.94	1.13		
Bloques	3	4.42	1.47	4.66	*
Tratamientos	3	9.67	3.22	10.19	**
Error E.	9	2.85	0.32		
CV (%)	5.12				
Promedio (cm)	5.53				

Nota. F.V: Fuentes de variación, G.L: Grados de libertad, C.V: Coeficiente de variación, S.C: Suma de cuadrado, C.M: Cuadrados medios Fo: valor de F calculado, *: Diferencias significativas, **: Diferencias altamente significativas, ns: No existen diferencias significativas.

Para la variable materia seca del área foliar, mediante el análisis ANOVA, se detectó que existen diferencias altamente significativas al 1% entre tratamientos, es decir que al menos un tratamiento es distinto a los demás dentro de la variable en estudio. De la misma manera se obtuvo un coeficiente de variación de 5.12 % es decir que existe variabilidad en los tratamientos.

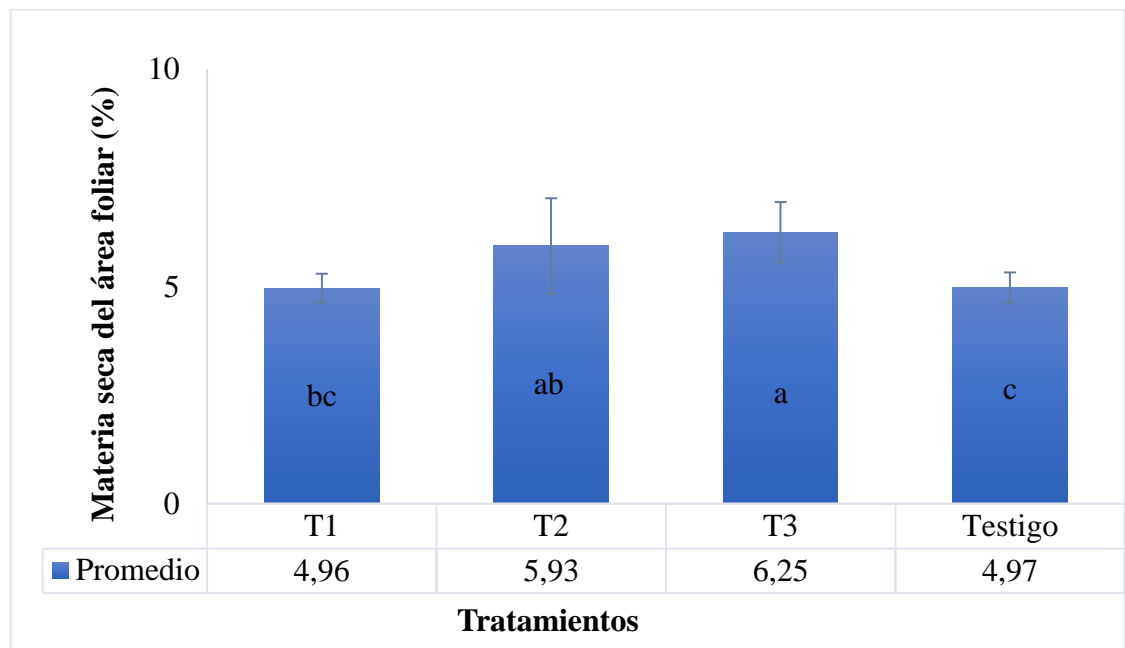
El análisis ANOVA de la variable de "materia seca del área foliar" reveló diferencias altamente significativas a un nivel de confianza del 5% entre los distintos tratamientos, lo que indica que al menos un tratamiento difiere de los demás en relación con esta variable. Además, se calculó un coeficiente de variación del 4.06%, demostrando la variabilidad presente entre los tratamientos, con un promedio general de 5.53 %.

Las pruebas de normalidad de residuos (Shapiro-Wilk) y homogeneidad de varianzas (Bartlett) no son significativas. Los valores de p en ambas pruebas (0.1232 para normalidad y 0.1532 para homogeneidad de varianzas) superan 0.05. Esto indica que los residuos podrían estar distribuidos normalmente.

En el análisis de " materia seca del área foliar " con la prueba de Tukey al 5% de significancia (Figura 9), se destaca el tratamiento T3 (dos imanes de neodimio de 3000 Gauss) con una media de 6.25 %. En contraste, el tratamiento T0 (Grupo de Control) muestra una media menor de brotes, 4.97 %, indicando menor desarrollo.

Figura 9

Valores promedio de la materia seca del área foliar al analizar el efecto del tratamiento magnético del agua en el crecimiento de los patrones de Rosas (Rosa sp.) de la variedad Natal Brier



La tecnología de tratamientos magnéticos tiene la capacidad de actuar como un agente inductor en el desarrollo y crecimiento de las plantas, influyendo en la biomasa. Este efecto puede ser resultado de una mayor eficiencia en la absorción de elementos nutritivos (Flórez et al. 2004, p. 558).

En su investigación sobre la aplicación de tratamiento magnético en el cultivo de algodón, Zhou et al. (2022) señalan que esta práctica puede conducir a un aumento significativo del 40.9 % en la densidad foliar. Asimismo, se destaca su influencia positiva en la generación de materia seca en las áreas vegetativas de las plantas. Por otro lado, Zareei et al. (2021) en su investigación

realizada sobre el “Efectos de la solución magnetizada sobre las características fisiológicas y bioquímicas y la absorción elemental en uvas cultivadas hidropónicamente (*Vitis vinifera* L. cv. *Thompson Seedless*)”, se pudo observar un incremento en el peso seco de las hojas en comparación con el control, teniendo la conclusión de que los tratamientos magnéticos pueden actuar como una forma de inducir el desarrollo y crecimiento de las plantas (p. 586-595).

5.5. Materia seca del área radicular (%)

La Tabla 13 proporciona un desglose completo de los resultados obtenidos del análisis de varianza realizado en relación a la materia seca del área foliar. Estos datos surgieron después de recopilar información al finalizar la fase en campo, mientras que las mediciones de los valores de esta variable se llevaron a cabo en un entorno de laboratorio.

Tabla 13

Análisis de varianza de la materia seca del área radicular de los patrones de rosa Natal

Brier.

FV	GL	SC	CM	F0	
Total	15	3.27	0.22		
Bloques	3	0.22	0.07	0.63	
Tratamientos	3	2.02	0.67	5.85	*
Error E.	9	1.03	0.11		
CV (%)	7.11				
Promedio (g)	4.33				

Nota. F.V: Fuentes de variación, G.L: Grados de libertad, C.V: Coeficiente de variación, S.C: Suma de cuadrado, C.M: Cuadrados medios Fo: valor de F calculado, *: Diferencias significativas, **: Diferencias altamente significativas, ns: No existen diferencias significativas.

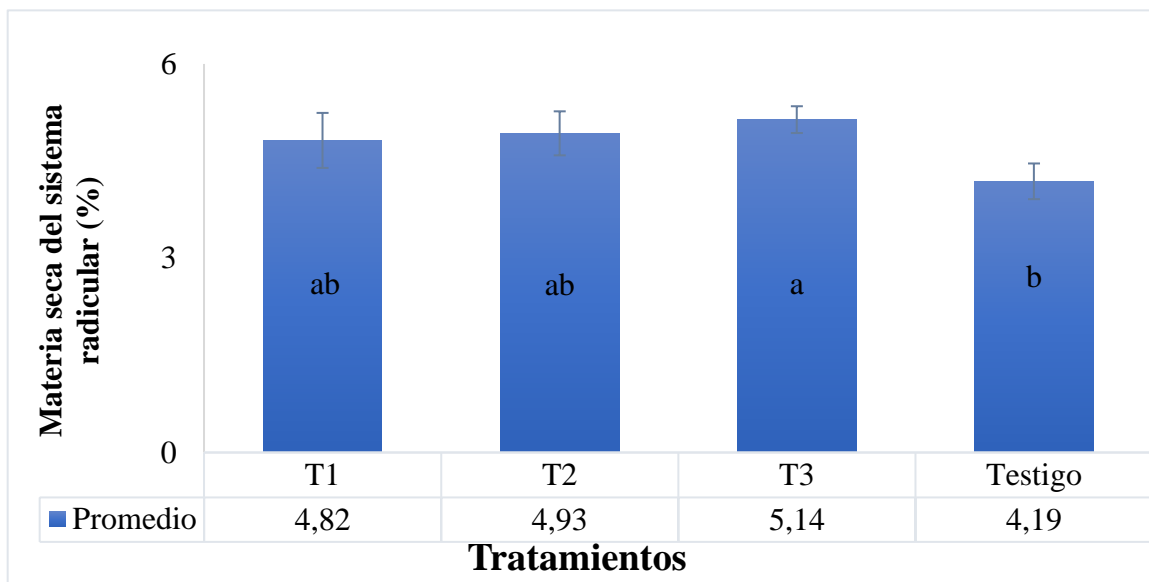
En lo que respecta a la variable de materia seca del área radicular, el análisis de varianza (ANOVA) reveló la existencia de diferencias significativas entre los distintos tratamientos, con un nivel de confianza del 5%. Este hallazgo sugiere que los tratamientos tienen un impacto medible en la materia seca del área foliar. Además, se calculó un coeficiente de variación del 7.11 %, lo cual indica una variabilidad baja en los datos.

Tanto la evaluación de la normalidad de los residuos mediante la prueba de Shapiro-Wilk, como la comprobación de la homogeneidad de las varianzas a través de la prueba de Bartlett, no presentan diferencias significativas. Los valores de p obtenidos en ambas pruebas (0.0948 para la normalidad y 0.8067 para la homogeneidad de varianzas) superan el umbral convencional de 0.05. Esto sugiere que los residuos podrían tener una distribución normal y que las diferencias en las variabilidades entre los grupos de tratamiento no son notables.

Al analizar la variable materia seca del área radicular mediante la prueba de Tukey con un nivel de significancia del 5% (Figura 10), sobresale el tratamiento T3 (dos imanes de neodimio de 3000 Gauss) con una media de 5.14 %. En contraste, el tratamiento T0 (Grupo de Control) presenta la menor media de brotes con 4.9 %, lo que indica una menor propensión al desarrollo.

Figura 10

Valores promedio la materia seca del área radicular al analizar el efecto del tratamiento magnético del agua en el crecimiento de los patrones de Rosas (Rosa sp.) de la variedad Natal Brier



El análisis de la prueba de Tukey con un nivel de significancia del 5% para la variable "Longitud del brote secundario" (Figura 10) revela que el tratamiento uno y el tratamiento dos son estadísticamente similares los mismos resultados mientras que el tratamiento tres resalto con los resultados teniendo 5.14 %.

En el estudio sobre tratamientos magnéticos, se señala que estos tienen impactos en el desarrollo de las plantas, incluyendo el crecimiento y la formación del sistema de raíces, así como el peso seco de las raíces. Estos efectos fueron observados en un cultivo de girasoles (Ulgen et al. 2021, p. 11).

En el estudio llevado a cabo por Niu et al. (2021) en el cultivo de *Celosia argentea*, se llevaron a cabo podas en el sistema radicular y se aplicaron riegos con tratamientos magnéticos. Los resultados mostraron una notable mejora en la recuperación del sistema radicular, acompañada de un aumento del 52.1% en la cantidad de materia seca de las raíces (p. 1120).

5.6. pH del suelo

En la Tabla 14 se presentan los resultados del análisis de varianza del pH que surgieron a partir de la recopilación de datos del suelo una vez finalizado el estudio. Durante este periodo, el suelo estuvo en contacto constante con el agua tratada con diversas dosis magnéticas.

Tabla 14

Análisis de varianza del pH del suelo expuesto a los tratamientos.

FV	GL	SC	CM	F0	
Total	15	2.80	0,19		
Bloques	3	0.02	0,01	0,03	ns
Tratamientos	3	1.61	0.20	0.81	ns
Error E.	9	2.25	0.25		
CV (%)	8.21				
Promedio	6.09				

Nota. F.V: Fuentes de variación, G.L: Grados de libertad, C.V: Coeficiente de variación, S.C: Suma de cuadrado, C.M: Cuadrados medios Fo: valor de F calculado, *: Diferencias significativas, **: Diferencias altamente significativas, ns: No existen diferencias significativas.

Para la variable "pH", el análisis de ANOVA reveló que no existen diferencias significativas entre los tratamientos, considerando un nivel de significancia del 5%. Estos resultados sugieren que los valores obtenidos en los distintos tratamientos no presentan diferencias estadísticamente

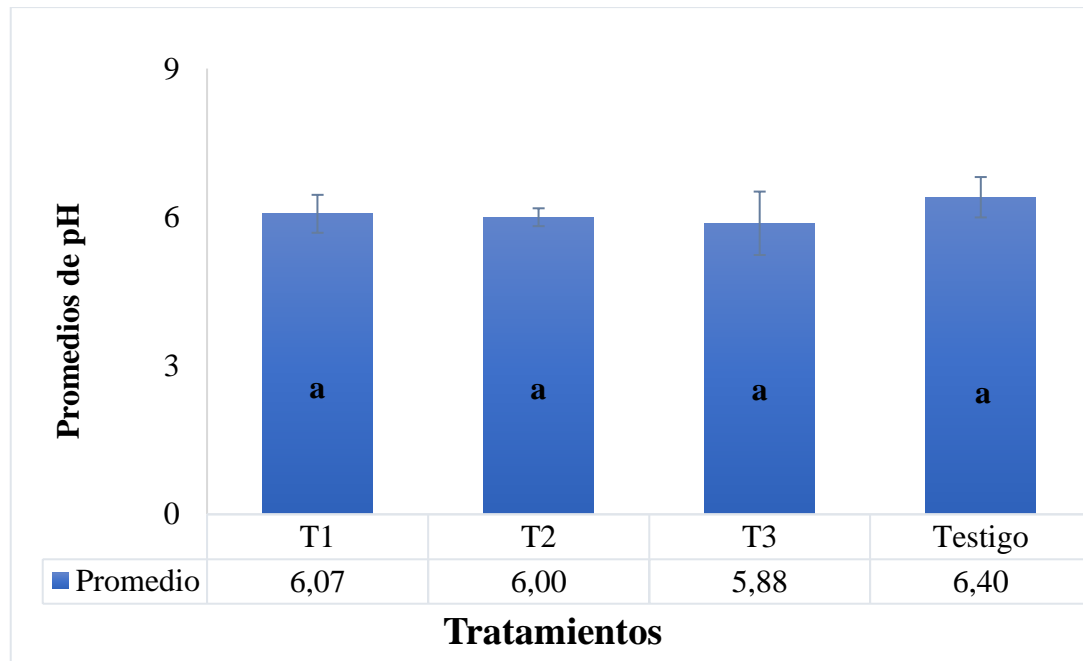
significativas. Además, se obtuvo un coeficiente de variación del 8.21 %, lo que indica una moderada variabilidad en los datos.

La prueba de normalidad de Shapiro-Wilk, aplicada a los residuos del modelo ANOVA, no proporcionó suficiente evidencia para rechazar la hipótesis nula de normalidad ($p=0.0883$), el cual es mayor que el nivel de significancia de 0.05. Por lo tanto, se puede asumir que los residuos del modelo no presentan desviaciones significativas de una distribución normal

En el análisis de la prueba de Tukey al nivel de significancia del 5% para la variable pH (Figura 11), se observa que el tratamiento T3 (dos imanes de neodimio de 3000 Gauss) se destaca con un promedio de 5.63. Por otro lado, el tratamiento T0 (Testigo) mostró el mayor pH con 6.40, lo cual indica que fue menos favorable.

Figura 11

Promedios del pH de los diferentes tratamientos magnéticos del agua, evaluados en el desarrollo vegetativo de los patrones de rosas (Rosa sp.) de la variedad Natal Brier



El análisis de la prueba de Tukey con un nivel de significancia del 5% para la variable "Ph del suelo" (Figura 11) revelan que estadísticamente no existen diferencias en los resultados. Quiala et al. (2011) menciona que el agua al estar expuesta a un campo magnético, puede adquirir propiedades físicas que persistirán por un tiempo y posteriormente volverán a su estado original (p. 85).

Estas propiedades magnéticas pueden influir en diferentes procesos, como los que se observaron en el estudio de Maheshwari y Grewal (2009). En su investigación, llevaron a cabo tratamientos magnéticos de 1360 Gauss en diferentes tipos de hortalizas, lo que condujo a la identificación

de varios cambios en los aspectos físicos del suelo. Entre estos cambios, se destacó una disminución en el pH en comparación con el grupo de control (p. 1129- 1236).

De manera similar, tanto en el estudio llevado a cabo por Ghanati et al. (2015) como en la investigación realizada por Khalil y Abou (2016), se llega a la conclusión de que se observa una reducción significativa en el pH del suelo al utilizar agua tratada magnéticamente en comparación con el testigo (p. 257).

5.7. Conductividad eléctrica

La Tabla 15 muestra los resultados del análisis de varianza en la conductividad eléctrica. Estos resultados se obtuvieron a partir de la información recopilada del suelo al finalizar el estudio. Durante este período, el suelo estuvo en contacto continuo con el agua que había sido sometida a diferentes niveles de magnetización.

Tabla 15

Análisis de varianza de la conductividad eléctrica del suelo expuesto a los tratamientos.

FV	GL	SC	CM	F0	
Total	15	0.00118	0.00008		
Bloques	3	0.00008	0.00003	0,28	ns
Tratamientos	3	0.00023	0.00008	0.81	ns
Error E.	9	0.00087	0.00010		
CV (%)	7.41				
Promedio (mS/cm)	0.133				

Nota. F.V: Fuentes de variación, G.L: Grados de libertad, C.V: Coeficiente de variación, S.C: Suma de cuadrado, C.M: Cuadrados medios Fo: valor de F calculado, *: Diferencias significativas, **: Diferencias altamente significativas, ns: No existen diferencias significativas.

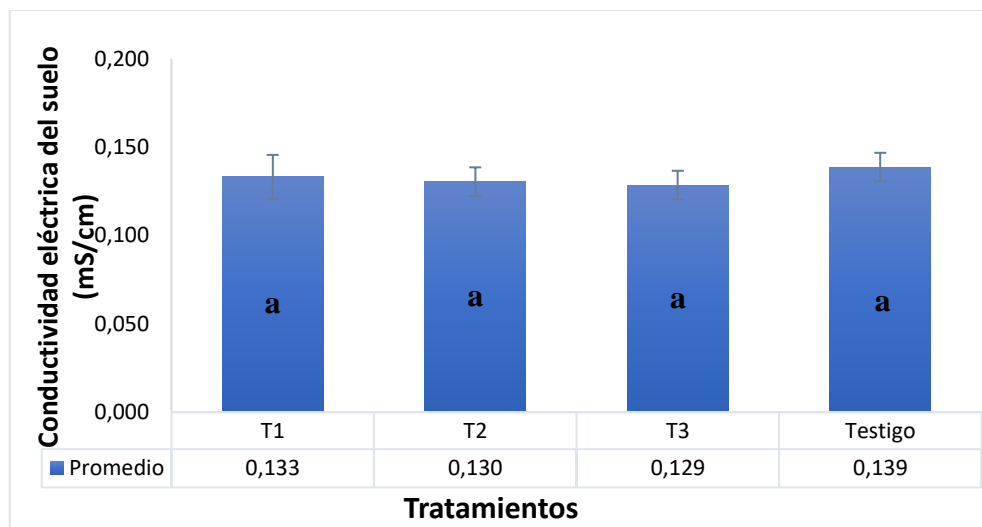
Luego de llevar a cabo el análisis de varianza (ANOVA) con respecto a la conductividad eléctrica, se observaron diferencias que no resultaron significativas a un nivel de confianza del 5% entre los diversos tratamientos. Esto sugiere que no hay diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos. Del mismo modo, se calculó un coeficiente de variación de 7.41%, lo que señala una baja cantidad de variabilidad, mientras que el promedio general de conductividad eléctrica entre los tratamientos fue de 0,133 mS/cm.

Tanto la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk aplicada a los residuos como la prueba de Bartlett para la homogeneidad de varianzas entre los grupos de tratamiento no indican diferencias significativas. En ambas pruebas, los p-valores (0.2439 para normalidad y 0.9403 para homogeneidad de varianzas) superan el nivel de significancia estándar de 0.05, lo que sugiere una posible distribución normal de los residuos y ausencia de diferencias en las varianzas entre los grupos de tratamiento.

En el contexto de la prueba de Tukey con un nivel de importancia del 5% aplicado a la conductividad eléctrica (Figura 12), se puede apreciar que el tratamiento T3 (que involucra el uso de dos imanes de neodimio de 3000 Gauss) resalta al registrar una media de 0,129 mS/cm. Por el contrario, el tratamiento T0 (grupo de control) exhibe el valor más alto de CE, alcanzando 0,139 mS/cm, lo cual sugiere una condición menos favorable en comparación.

Figura 12

Promedios de la Conductividad eléctrica de los diferentes tratamientos magnéticos del agua, evaluados en el desarrollo vegetativo de los patrones de rosas (Rosa sp.) de la variedad Natal Brier



Insua et al. (2009) indica que la inducción magnética en el agua puede causar modificaciones en sus propiedades físicas, y una de estas alteraciones es la conductividad eléctrica (CE), la cual suele disminuir en un rango aproximado del 8% al 10% (p. 149).

En su investigación sobre tratamientos magnéticos, Surendrán y Sandeep (2016) exploraron la aplicación de intensidades magnéticas en el rango de 1800 a 2000 Gauss en el cultivo de caupí y berenjena. En sus hallazgos, destacan una disminución en la conductividad eléctrica, sugiriendo que estos tratamientos contribuyen a la lixiviación de sales solubles (p. 21-29).

Según Zhou et al. (2022), el agua sometida previamente a fuerzas Gauss puede modificar las propiedades físicas del líquido, incluyendo la alteración de la tensión superficial y el coeficiente de viscosidad. Esta alteración facilita la penetración del agua a través de los poros diminutos, permitiendo la eliminación de las sales presentes en dichos poros. Como consecuencia, se produce el proceso de lixiviación de las sales (p. 265).

De manera similar, en su estudio sobre tratamientos magnéticos aplicados al agua de riego, Hilal y Alabri (2013) identificaron bajas concentraciones de potasio en la capa superficial, mientras que estas concentraciones aumentaron significativamente a una profundidad de 15 cm.

5.8 Porosidad

Los resultados obtenidos del análisis de varianza de la porosidad se detallan en la Tabla 16. Estos resultados provienen de la recopilación de datos del suelo al concluir el estudio. A lo largo de este período, el suelo estuvo continuamente expuesto a agua tratada con diferentes dosis magnéticas.

Tabla 16

Análisis de varianza de la porosidad del suelo expuesto a los diferentes tratamientos.

FV	GL	SC	CM	F0	
Total	15	12.20	0,81		
Bloques	3	1.74	0,61	2.09	ns
Tratamientos	3	7.19	2.57	8.77	**
Error E.	9	2.63	0.29		
CV (%)	1.13				
Promedio (%)	48.06				

Nota. F.V: Fuentes de variación, G.L: Grados de libertad, C.V: Coeficiente de variación, S.C: Suma de cuadrado, C.M: Cuadrados medios Fo: valor de F calculado, *: Diferencias significativas, **: Diferencias altamente significativas, ns: No existen diferencias significativas.

Luego de completar el análisis de varianza (ANOVA) en relación con la porosidad, se detectaron diferencias altamente significativas a un nivel de confianza del 1% entre los diversos tratamientos. Esto implica que existen discrepancias estadísticamente significativas entre los tratamientos. Además, se calculó un coeficiente de variación del 1,13%, indicando una baja cantidad de variabilidad, mientras que el promedio general de porosidad entre los tratamientos se estableció en 48,06 %.

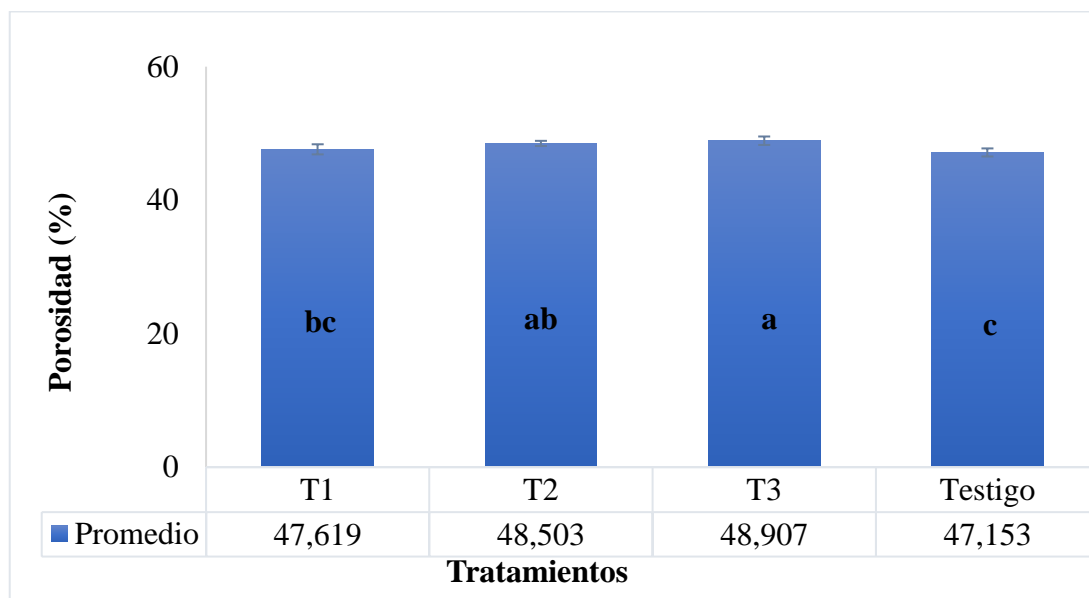
Tanto la aplicación de la prueba de Shapiro-Wilk para evaluar la normalidad de los residuos como la prueba de Bartlett para examinar la homogeneidad de las varianzas entre los grupos de tratamiento no revelan diferencias significativas. En ambas pruebas, los valores de p (0.7831 para normalidad y 0.3474 para homogeneidad de varianzas) superan el nivel de significancia convencional de 0.05. Esto sugiere la posibilidad de que los residuos se distribuyan de manera

normal y que no existan disparidades notables en las varianzas entre los distintos grupos de tratamiento.

En el marco de la prueba de Tukey con un nivel de significancia del 5% aplicada a la conductividad eléctrica (Figura 13), se hace evidente que el tratamiento T3 (que implica la utilización de dos imanes de neodimio de 3000 Gauss) se destaca al presentar una media de 48.907. En contraste, el tratamiento T0 (grupo de control) muestra el valor más elevado de porosidad, llegando a un 47.153 %, lo cual sugiere una situación menos favorable en comparación.

Figura 13

Promedios de porosidad resultantes de las distintas aplicaciones de tratamiento magnético al agua, y su influencia en el desarrollo vegetativo de los patrones de rosas (Rosa sp.) de la variedad Natal Brier



Según la investigación de Moussa et al. (2020), se concluyó que el riego a través del tratamiento magnético del agua provoca un aumento en la porosidad del suelo. Este aumento en la porosidad contribuye a la mejora de la estructura y la capacidad hidráulica del suelo, lo que a su vez puede intensificar la actividad biológica en el suelo y tener un efecto positivo en la promoción de la agricultura sostenible (p. 510).

De manera similar, Hilal y Alabri (2013) afirmaron que este tratamiento magnético debilita la compactación y la dureza del suelo, lo que implica un incremento en la porosidad.

CAPÍTULO VI

CONCLUSIONES

- ✓ La aplicación de tratamiento magnético al agua de riego tuvo un impacto positivo en el crecimiento de los patrones de rosas Natal Brier, con un efecto especialmente notable observado en el tratamiento que involucra dos imanes de neodimio con una fuerza magnética de 3000 Gauss. Después de 28 días, las diferencias disminuyeron. Estos resultados sugieren que la aplicación de campos magnéticos favorece la brotación inicial.
- ✓ La influencia de diversos tratamientos magnéticos tuvo un efecto altamente significativo y positivo en el desarrollo de los brotes principales y secundarios. Concretamente, se observó que el tratamiento 2, que implicaba el uso de dos imanes de neodimio con una fuerza de 2000 Gs, logró los resultados más destacados. En este escenario, se registró un aumento del 9.73% en el crecimiento de los brotes principales y un incremento del 8.57% en los brotes secundarios en comparación con el grupo de control.
- ✓ En relación a la variable de materia seca del área foliar, se presentan resultados estadísticamente altamente significativos. El tratamiento tres, que involucraba el uso de dos imanes de neodimio de 3000 Gs, mostrando un aumento del 16.89% en comparación con el grupo de control.
- ✓ La aplicación de tratamiento magnético de agua en el cultivo de patrones de rosa Natal Brier resultó en un incremento en la materia seca del área radicular. Los valores registrados fueron 4.82, 4.93, 5.14 y 4.19 para los tratamientos T1, T2, T3 y el grupo de control, respectivamente. Se evidencia que el tratamiento más efectivo es aquel con

mayor fuerza magnética, como sugieren los análisis estadísticos, los cuales revelan un nivel de significancia.

- ✓ Se determinó que los parámetros del agua experimentan cambios en respuesta a la presencia de campos magnéticos. Como consecuencia, se observó una disminución en el valor del pH a medida que aumentaba la intensidad de los campos magnéticos en unidades de Gauss. El tratamiento 3 exhibió los resultados más favorables, alcanzando un pH de 5.88. En contraste, el grupo de control mostró el pH menos favorable, registrando un valor de 6.40.
- ✓ El suelo experimentó un aumento en el parámetro de porosidad, con el tratamiento tres exhibiendo resultados positivos al registrar un promedio de 48.90%. Por otro lado, el grupo de control presentó el menor beneficio en términos de tratamiento magnético, con un promedio de porosidad de 47.15%.
- ✓ En la variable estudiada de conductividad eléctrica del suelo, los resultados obtenidos no mostraron significancia estadística. Sin embargo, se observan cambios positivos en el tratamiento tres, que involucra el uso de dos imanes con una intensidad de 3000 Gs, con una medida de 0.129 mS/cm. En contraste, el valor menos favorable se presentó en el tratamiento control con una lectura de 0.139 mS/cm.

CAPÍTULO VII

RECOMENDACIONES

- ✓ Se sugiere llevar a cabo investigaciones más específicas y exhaustivas acerca de los efectos del agua magnetizada en los procesos fisiológicos de las plantas. Estos estudios podrían abordar aspectos específicos como el impacto del agua magnetizada en las hormonas vegetales y su influencia en el desarrollo, en la fotosíntesis, absorción de nutrientes, etc.
- ✓ Realizar más investigaciones que aborden la aplicación de tratamientos magnéticos en sistemas de riego, considerando diferentes tipos de suelos y cultivos. Estas investigaciones permitirán obtener una comprensión más profunda y precisa de los beneficios y limitaciones de utilizar la magnetización del agua en prácticas agrícolas.
- ✓ Llevar a cabo análisis químicos de las plantas para obtener un mayor conocimiento acerca de los efectos del tratamiento magnético en la composición química de los cultivos.
- ✓ Se sugiere realizar un estudio comparativo para evaluar la eficiencia de diferentes dispositivos, algunos de los cuales estarían en contacto directo con el agua de riego, mientras que otros no. Además, sería importante que estos dispositivos presentaran diseños variados, con el propósito de investigar si el diseño en sí mismo también ejerce alguna influencia en el desarrollo de las plantas.
- ✓ Se sugiere explorar el uso de tratamientos magnéticos con intensidades Gauss más elevadas para investigar en profundidad los efectos que estos pueden tener sobre los cultivos.

CAPÍTULO VIII

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arafa, M., & Mansour, H. (2018). *Efecto de la salinidad y el magnetismo del sistema de riego por goteo tratamiento de agua en el rendimiento del nabo y caracteres de rendimiento*. Obtenido de https://wwjmr.com/upload/effect-of-drip-irrigation-system-salinity-and-magnetic-water-treatment-on-turnip-yield-and-yield-characters_1519381979.pdf
- Arfa, Y. (2017). Maximizing Water Use Efficiency for Some Plants by Treated Magnetic Water Technique under East Owainat Conditions. *Egyptian Journal of Soil Science*, 57(3), 353-369.
- Babaloo, F., Majd, A., Arbabian, S., Sharifnia, F., & Ghanati, F. (2018). Efecto del agua magnetizada sobre algunas características de crecimiento y constituyente químico en arroz (*Oryza sativa* L.). *Eurasian Journal of Biosciences*, 12(1), 139-137.
- Baccaro, K., Degorgue, M., Lucca, M., & Picone, L. (2006). Calidad del agua para consumo humano y riego en muestras del cinturón hortícola de Mar del Plata. *Revista de Investigaciones Agropecuarias*, 95-110.
- Banco Central del Ecuador. (2021). *Información Estadística Mensual*. Obtenido de <http://contenido.bce.fin.ec/home1/estadisticas/bolmensual/IEMensual.jsp>
- Bernier, R. (2014). *Análisis de suelo*. Obtenido de <https://biblioteca.inia.cl/bitstream/handle/20.500.14001/8314/2.pdf?sequence=8>
- Cabascango, W. (2008). *Evaluación de sustratos para el enraizamiento de estacas de rosa (*Rosa sp.*) del patron Natal Brier. Oton 2008*. Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/6751/1/UPS-YT00026.pdf>

- Carbonell, M., Flórez, M., Martínez, E., & Álvarez, J. (2017). Aportaciones sobre el campo magnético: historia e influencia en sistemas biológicos. *Revista Intropica*, 12(2),143-159.
- Cárdenas, N., & López, P. (2011). Propagación vegetativa de rosa: efecto del sustrato, luminosidad y permanencia de la hoja. *Scientia Agropecuaria*, 2(4),203-211.
- Chicaiza, J. (2020). *Evaluación del efecto del agua magnetizada en plantas de amaranto (amaranthus caudatus) variedad iniap-alegría en la etapa fenológica de crecimiento en Salache- Cotopaxi.* Obtenido de <http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/6617/1/PC-000810.pdf>
- Corporación Financiera Nacional B.P. (2022). *Ficha sectorial, Cultivo de flores.* Obtenido de <https://www.cfn.fin.ec/wp-content/uploads/downloads/biblioteca/2022/fichas-sectoriales-3-trimestre/Ficha-Sectorial-Flores.pdf>
- Cuervo , J. (2018). *Fisiología y rendimientos de biomasa en un cultivo de tomate hidropónico (Solanum lycopersicum) con solución nutritiva sometida a tratamiento magnético.* Obtenido de <https://bibliotecadigital.univalle.edu.co/handle/10893/15928>
- Díaz, D. (2022). *Comercialización de rosas (Rosa sp.) en el mercado de exportación ecuatoriano.* Obtenido de <http://bitly.ws/HrJc>
- Elaoud, A., Turki, N., & Jalel, R. (2016). Influence of the Magnetic Device on Water Quality and Production of Melon. *Revista "International Journal of Current Engineering and Technology"*, 2256-2259. Obtenido de https://www.researchgate.net/profile/Nejib-Turki/publication/315727929_Influence_of_the_Magnetic_Device_on_Water_Quality_and_Production_of_Melon/links/58df617aaca272059aaad0eb/Influence-of-the-Magnetic-Device-on-Water-Quality-and-Production-of-Melon.pdf
- Elhindi, K., Fahed , M., Algahtani, A., & Alotaibi, M. (2020). Effect of irrigation with saline magnetized water and different soil amendments on growth and flower production of *Calendula officinalis* L. plants. *Saudi Journal of Biological Sciences* (27), 3070-3078.

- EXPOFLORES, (2015). *Informe de los principales exportadores de flores*. Obtenido de <https://es.slideshare.net/florecuador/informe-principales-exportadores-de-flores-2015>
- Fernández, M., Gamiño, R., López, B., & Correa, V. (2014). *Dinámica de la salinidad en los suelos*. Obtenido de http://cbs1.xoc.uam.mx/e_bios/docs/2014/05_SALINIDAD_EN_SUELOS_ESPANO L.pdf
- Fernández, M. (2010). *El sistema de riego localizado*. Obtenido de <http://serida.org/pdfs/6003.pdf>
- Yagual, A., Torres, S., & Mite, T. (2018). Importancia de la exportación de flores sobre total exportaciones FOB no tradicionales en Ecuador 2012-2016. *Revista Espacios* 39(18), 1-7.
- Flores, L. (2010). *Manual de Procedimientos Analíticos*. Obtenido de <https://www.geologia.unam.mx/igl/deptos/edafo/lfs/MANUAL%20DEL%20LABORATORIO%20DE%20FISICA%20DE%20SUELOS1.pdf>
- Flórez, M., Carbonell, M., & Martínez, E. (2004). Detalles del documento - Brotación temprana y primeras etapas de crecimiento de semillas de arroz expuestas a un campo magnético. *Biología y Medicina Electromagnética*, 157-166.
- Ghanati, F., Mohamadalkhani, S., Soleimani, M., Afzalzadeh, R., & Hajnorouzi, A. (2015). Change of growth pattern, metabolism, and quality and quantity of maize plants after irrigation with magnetically treated water. *electromagnético Biol. Medicina*, 211-215.
- Gutiérrez, M., Torres, C., & Díaz, J. (2014). *Efecto de los campos magnéticos en la germinación, el crecimiento y la Floración en plántulas de Brachiaria humidicola, Panicum maximum*. Obtenido de <https://bibliotecadigital.univalle.edu.co/server/api/core/bitstreams/c9f704f8-90f1-4a34-9a81-50d4f36258c1/content>

- González , M., Jiménez, L., Yáñez , W., & Parducci, P. (2018). Potencial uso de la leonardita para el cultivo de rosa en condiciones de invernadero. *Agronomía Costarricense*, 42(1), 155-162.
- Hozayn, M. (2010). Irrigation with magnetized water enhances growth, chemical constituent and yield of chickpea (*Cicer arietinum*L.). *Agriculture and Biology Journal of North America*, 671-676.
- Hilal, Y., & Alabri, S. (2013). *Uso de NVivo para el análisis de datos en la investigación cualitativa*. Obtenido de <https://platform.almanhal.com/Files/2/42766>
- INIA, (2019). *Concepto de materia seca y su uso: guía práctica*. Obtenido de <https://biblioteca.inia.cl/bitstream/handle/20.500.14001/3982/Informativo%20INIA%20N%c2%b0%20119?sequence=1>
- Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura [IICA]. (2017). *Guía metodológica para la evaluación de la huella hídrica en una cuenca hidrográfica*. Obtenido de <http://bitly.ws/HrtG>
- Instituto Nacional de Estadística y Censos [ESPAC]. (2021). *Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua 2020*. Obtenido de https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/webinec/Estadisticas_agropecuarias/espac/espac2020/Presentacion%20ESPAC%202020.pdf
- Insua, A., Garcia, P., & Montiel, P. (2009). Efecto del agua tratada magnéticamente sobre los procesos biológicos. *Revista Eletrônica de Veterinária*, 10(4), 143-159.
- Irungu, F., Tanga, C., Mathenge, Mathenge , S., Kiruki , F., & Mahungu, S. (2022). Mejora de la calidad poscosecha de la papa (*Solanum tuberosum* L) mediante el uso de campos magnéticos – Un caso de variedad de papa shangi. *Investigación Aplicada a los Alimentos*, 358-386.
- Olaniyi, Y. (2017). Effects of magnetized water on the vegetative growth and yield of tomato. *Revista CIGR*, 19(1), 2-8.

- Khalil, S., & Abou, L. (2016). Effect of Magnetic treatment in improving growth, yield and fruit quality of *Physalis pubescens* plant grown under saline irrigation conditions. *International Journal of Chem Tech Research*, 246-258.
- Kishore, G., Singh, R., Saxena, C., Rajwade, Y., Singh, K., & babu, B. (2022). Tratamiento magnético del agua de riego: Su efecto sobre las propiedades y características del agua de la berenjena (*Solanum melongena*). *Revista de Agricultura y Alimentación de los Emiratos*, 784-791.
- Kumari, A., & Sahu, S. (2023). Una revisión exhaustiva sobre el reciclaje de materias primas críticas a partir de imanes gastados de neodimio, hierro y boro (NdFeB). *Separation and Purification Technology*, 640-685.
- Maheshwari, B., & Grewal, H. (2009). Magnetic treatment of irrigation water: Its effects on vegetable crop yield and water productivity. *Agricultural Water Management (96)*, 1129-1236.
- Martínez, E., Carbollet, V., & Flores, M. (2003). *Estimulación de la germinación y el crecimiento por exposición a campos magnéticos*. Obtenido de https://www.researchgate.net/profile/Elvira-Martinez-4/publication/285810755_Estimulacion_de_la_germinacion_y_el_crecimiento_por_exposicion_a_campos_magneticos/links/58060fbd08ae5ad188161dc3/Estimulacion-de-la-germinacion-y-el-crecimiento-por-exposicion-a
- Mills, A. (2004). *The Lodestone: History, Physics, and Formation*. Obtenido de <http://bitly.ws/HrNj>
- Montalvo, M. (2020). *Aplicación del biol como biofertilizante en la nutrición suplementaria del cultivo de rosas (*Rosa sp.*), var. freedom cantón cotacachi*. Obtenido de <http://bitly.ws/IjYN>

- Moussa, M., Hallaire , V., Micho, D., & Hachicha, M. (2020). Cambios en la micro y macroestructura del suelo bajo riego con agua tratada electromagnéticamente. *Investigación de suelos y labranza*, 450-510.
- Moussa, H. (2011). The impact of magnetic water application for improving common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) production. *New York Science Journal*4(6), 15-20.
- Niu, H., Bian, C., Long, A., Wang, Z., Cao, M., & Luo, J. (2021). Impacts of root pruning and magnetized water irrigation on the phytoremediation efficiency of *Celosia argentea*. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 1119-1163.
- Quiala , P., Simón, F., Fernández, R., & Limonta, M. (2011). Efecto del agua tratada con campo magnético estático sobre *Meloidogyne* spp. en *Cucumis sativus* en condiciones de cultivo protegido. *Revista Centro Agrícola*, 38(4), 83-87.
- Rodríguez, W., & Flórez, V. (2006). Comportamiento fenológico de tres variedades de rosas rojas en función de la acumulación de la temperatura. *Revista Agronomía Colombiana*, 24(2), 247-257.
- Sudsiri , C., Jumpa, N., & Ritchie, R. (2022). Stimulation of propagation of para-rubber tree grafts using electromagnetic field irradiation. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology* (40), 102300.
- Surendrán, U., & Sandeep, O. (2016). The impacts of magnetic treatment of irrigation water on plant, water and soil characteristics. *Agricultural Water Management* (178), 21-29.
- Ulgen, C., Yildirim, A., Sahin, G., & Turker, A. (2021). Do magnetic field applications affect in vitro regeneration, growth, phenolic profiles, antioxidant potential and defense enzyme activities (SOD, CAT and PAL) in lemon balm (*Melissa officinalis* L.)? *Industrial Crops and Products* (169), 113.
- Valencia, F. (2017). *Absorción de nutrientes, en rosa (Rosa sp.) variedad freedom, en tercer y cuarto ciclo productivo.* Obtenido de <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/10521/1/T-UCE-0004-23-2017.pdf>

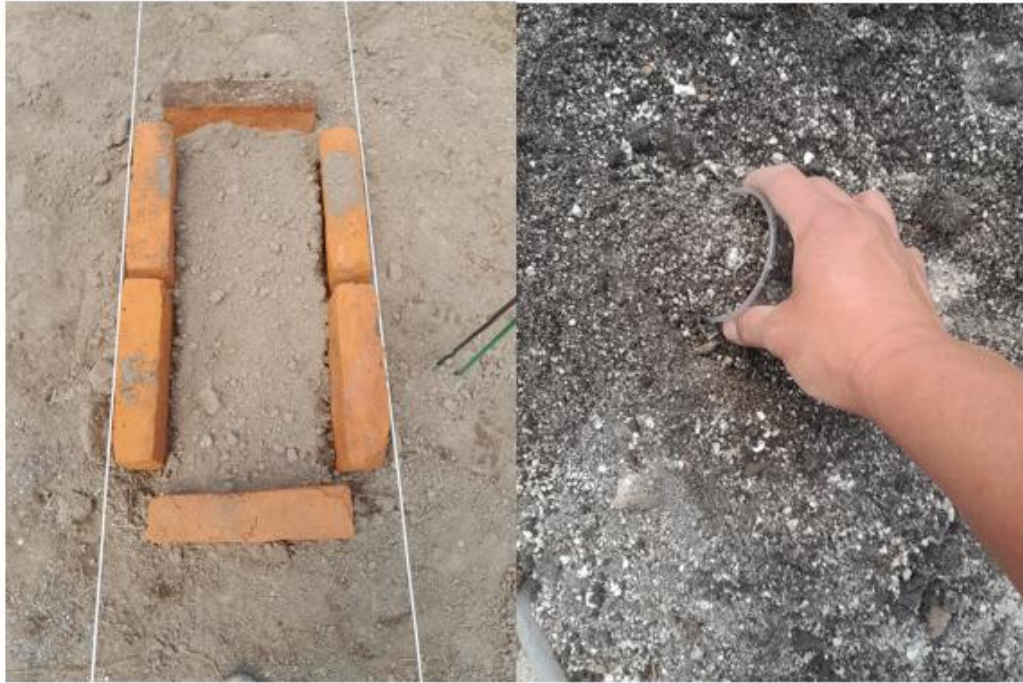
- Vera, J. (2015). “*Evaluar cuatro sustratos para el enraizamiento de patrones de rosas de la variedad Natal Brier en la zona de El Quinche, provincia de Pichincha*. Obtenido de <https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/13932/1/TESIS%20FINAL%20JORGE%20.pdf>
- Vera , J. (2008). *Evaluar cuatro sustratos para el enraizamiento de patrones de rosas de la variedad natal brier en la zona de el quinche, provincia de pichincha*. Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/6751/1/UPS-YT00026.pdf?locale=es>
- Wilson, C. (2008). *Evaluacion de sustratos para el enraizamiento de estacas de Rosa (Rosa sp) del patron Natal Brier*. Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/6751/1/UPS-YT00026.pdf?locale=es>
- Yong, A. (2004). El cultivo del rosal y su propagación. *Revista Cultivos Tropicales*, 25(2,) 53-65.
- Zareei, E., Nahandi , F., Hajilou, J., & Oustan, S. (2021). Eliciting effects of magnetized solution on physiological and biochemical characteristics and elemental uptake in hydroponically grown grape (*Vitis vinifera* L. cv. Thompson Seedless). *Plant Physiology and Biochemistry* (167), 586-595.
- Zhao, G., Mu, Y., & Wang, Y. (2022). Magnetization and oxidation of irrigation water to improve winter wheat (*Triticum aestivum* L.) production and water-use efficiency. *Agricultural Water Management* (259), 1054-1072.
- Zhou, B., Liang, C., Chen, X., Ye, S., Peng , Y., Yang, L., . . . Wang, X. (2022). Magnetically-treated brackish water affects soil water-salt distribution and the growth of cotton with film mulch drip irrigation in Xinjiang, China. *Agricultural Water Management* (263-305).

ANEXOS

Anexo 1. *Base de datos de las variables*

T	B	Brotos (14 días)	Brotos (21 días)	Brotos (28 días)	Longitud de brote principal (cm) (42 días)	Longitud de brote secundario (cm) (42 días)	Longitud de la raíz principal (cm)	MS Foliar (%)	MS radicular (%)	pH	CE (Ms/cm)	Porosidad (%)
0	1	2,44	2,50	2,63	10,94	7,60	8,67	11,92	4,00	6,19	0,14	47,71
0	2	2,31	2,56	2,63	11,64	5,75	8,83	12,72	3,99	6,54	0,15	46,39
0	3	2,19	2,31	2,50	10,84	6,23	9,26	13,21	4,19	5,97	0,14	47,56
0	4	2,50	2,56	2,63	11,68	6,89	9,43	13,64	4,58	6,90	0,13	46,95
1	1	2,31	2,44	2,63	11,61	7,12	9,90	12,47	4,51	6,63	0,13	47,26
1	2	2,69	2,81	2,94	12,45	7,94	10,51	13,07	5,22	5,83	0,13	47,50
1	3	2,13	2,38	2,56	12,90	7,10	9,73	13,58	5,15	5,82	0,15	47,00
1	4	2,56	2,63	2,75	11,59	7,57	9,98	14,01	4,40	5,99	0,13	48,71
2	1	2,44	2,69	2,94	13,69	7,55	9,59	14,35	5,35	5,86	0,14	48,51
2	2	2,44	2,56	2,63	13,76	8,05	11,31	14,68	4,85	6,26	0,13	48,69
2	3	2,81	2,94	3,06	13,76	8,82	11,46	15,97	4,99	5,98	0,13	47,96
2	4	2,31	2,44	2,63	14,14	7,86	9,39	13,80	4,53	5,90	0,13	48,85
3	1	2,69	2,88	2,94	12,83	8,01	10,89	13,41	5,24	5,55	0,13	49,15
3	2	2,75	3,00	2,75	12,85	7,35	11,46	14,53	5,25	5,72	0,12	48,49
3	3	2,88	3,06	3,19	13,89	7,90	11,29	15,06	5,24	6,82	0,13	48,30
3	4	3,31	3,44	3,50	14,49	7,91	9,91	14,99	4,83	5,42	0,14	49,69

Anexo 2 *Preparación de los tratamientos.*



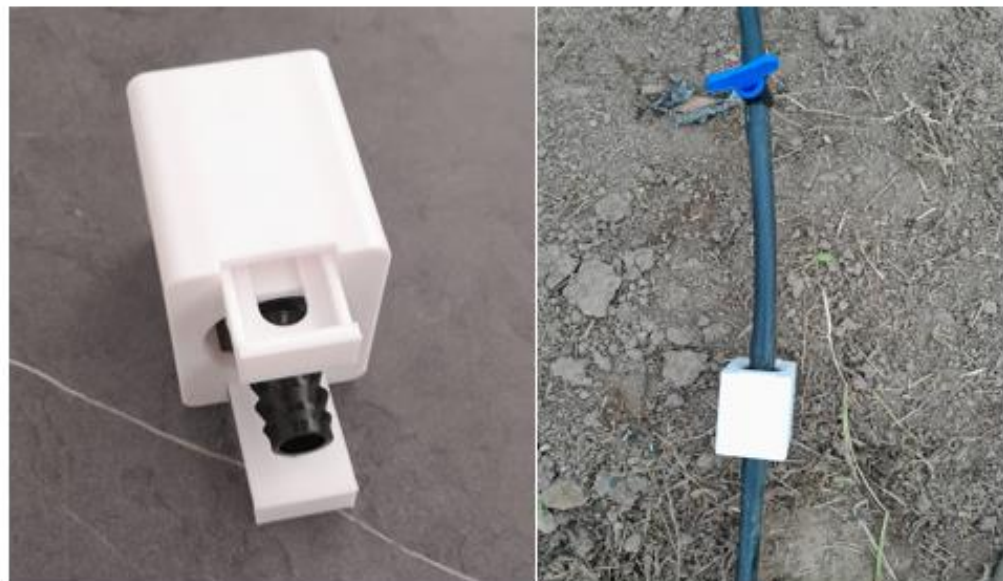
Anexo 3. *Instalación del sistema de riego*



Anexo 4. *Establecimiento del cultivo*



Anexo 5. Dispositivo de inducción



Anexo 6. Recolección de datos

