

**Evaluación del uso técnicas de electro agricultura en la producción de la especie cilantro  
(*Coriandrum Sativum*) en el municipio de Soraca – Boyacá.**

Carlos Andrés Barajas Martínez

Asesor

Manuel Torres Torres

Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD

Escuela de Ciencias Agrícolas Pecuarias y del Medio Ambiente - ECAPMA

Agronomía

2025

---

Nombre Director de Trabajo de Grado

---

Jurado

---

Jurado

## Resumen

El cilantro (*Coriandrum Sativum L.*) es una variedad de planta aromática, de alto consumo mundial, en Colombia, debido a prácticas gastronómicas tiene una alta demanda comercial, donde el departamento de Boyacá representa un 15% del área total hortícola del país, sin embargo para llegar a estos rendimientos se reconocen impactos ambientales generados por la dependencia y el uso inadecuado de agroquímicos, por lo tanto el presente proyecto se estableció con el fin de valorar técnicas de producción agro sostenibles basadas en la electro cultura. Este proyecto se llevó a cabo en el municipio de Soraca, Boyacá, en el cual se tomó como fuente principal las ondas electromagnéticas atmosféricas, transmitiéndolas a la solución del suelo por medio de (electrodos) antenas fabricadas en cobre. Este proyecto de tipo descriptivo cuantitativo se estableció sobre cuatro tratamientos, donde se registró la influencia de estas técnicas sobre comportamientos inmunológicos y de desarrollo del cultivo, por lo cual se registraron variables como: biomasa, altura de plantas y porcentaje de afectación por insectos, correlacionando información con variables como: pH, conductividad eléctrica y potencial eléctrico. De acuerdo a estos datos recopilados, se aplicó un análisis de varianza ( $p > 0.05$ ) y comparación de medias con test de tuckey. Donde los resultados manifiestan que existen diferencias significativas en el tratamiento No.3 con respecto al testigo. Concluyendo así que el complemento de prácticas agrícolas con antenas de cobre estimula procesos metabólicos que estarían relacionados con capacidades de rendimientos y la protección de este cultivo.

**Palabras clave:** Electromagnetismo, Sostenibilidad, Conductividad, Agroecología.

### **Abstract**

Coriander (*Coriandrum Sativum* L.) is a variety of aromatic plant, highly consumed worldwide, in Colombia, due to gastronomic practices has a high commercial demand, where the department of Boyacá represents 15% of the total horticultural area of the country, however, to reach these yields, environmental impacts generated by dependence and improper use of agrochemicals are recognized, therefore the present project was established in order to assess sustainable agro production techniques based on electroculture. This project was carried out in the municipality of Soraca, Boyacá, in which atmospheric electromagnetic waves were taken as the main source, transmitting them to the soil solution by means of (electrodes) antennas made of copper. This quantitative descriptive project was established on four treatments, where the influence of these techniques on immunological behavior and crop development was recorded. Variables such as biomass, plant height, and percentage of insect infestation were recorded, correlating information with variables such as pH, electrical conductivity, and electrical potential. Based on these collected data, an analysis of variance ( $p>0.05$ ) and comparison of means using the Tuckey test were applied. The results show significant differences in treatment No. 3 compared to the control. Thus, it is concluded that the complement of agricultural practices with copper antennas stimulates metabolic processes that would be related to yield capacities and the protection of this crop.

**Keywords:** Electromagnetism, Sustainability, Conductivity, Agroecology.

## Tabla de Contenido

Introducción .....	9
Planteamiento del Problema .....	12
Justificación .....	13
Objetivos.....	15
Objetivo general .....	15
Objetivos específicos.....	15
Marco Conceptual.....	16
Electricidad: .....	16
Magnetismo:.....	16
Electrodo: .....	16
Voltaje: .....	17
Conductividad Eléctrica del Suelo .....	17
Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC).....	17
PH.....	17
Marco Teórico .....	19
Generalidades del Cilantro ( <i>Coriandrum Sativum</i> ).....	19
Electro cultivo. ....	23
Antecedentes e historia de la electro agricultura.....	21
Materiales y Métodos.....	26

Localización: .....	26
Materiales .....	27
Metodología .....	28
Resultados .....	31
Conclusiones .....	43
Recomendaciones .....	44
Bibliografía .....	45

## Lista de Tablas

<b>Tabla 1.</b> Taxonomía del cilantro .....	19
<b>Tabla 2.</b> Composición Nutricional del cilantro (Coriandrum Sativum).....	21
<b>Tabla 3.</b> Descripción del montaje en campo .....	29

## Lista de Figuras

<b>Figura 1.</b> Ubicación.....	26
<b>Figura 2.</b> Determinación de la producción de biomasa .....	33
<b>Figura 3.</b> Determinación de la altura de plantas .....	35
<b>Figura 4.</b> Determinación de hojas afectadas por insectos .....	36
<b>Figura 5.</b> Determinación de pH.....	38
<b>Figura 6.</b> Determinación de Conductividad Eléctrica (CE).....	39
<b>Figura 7.</b> Determinación de potencial eléctrico .....	41

## Introducción

El cilantro (*Coriandrum Sativum L.*) es una hierba anual de la familia de las apiáceas, es una variedad de planta cultivada mundialmente, donde la mayoría de su producción se destina a un uso gastronómico, en Colombia, por tradiciones culturales tiene una alta demanda comercial, donde se llegan a sembrar anualmente entre 2.500 y 3.200 ha aproximadamente, donde Boyacá representa un 15% del área total hortícola del país (MADR, 2009). Cabe resaltar que como cualquier cultivo el cilantro (*Coriandrum Sativum L.*) requiere manejos fitosanitarios para llegar a la rentabilidad esperada, donde la mayoría de los productores se ven obligados a emplear agroquímicos, ya que estas metodologías para combatir las amenazas en las producciones son las más promocionadas y asequibles comercialmente. Sin embargo, es mayor el impacto ambiental que se ha llegado a generar sobre la microbiota del suelo y recientemente sobre las derivaciones hacia la salud humana.

A medida que aumenta la cantidad de población se requieren sistemas de producción agropecuaria que puedan satisfacer las necesidades actuales de las comunidades, pero esto ha llevado a que la mayoría de las producciones establezcan técnicas agrícolas agresivas con el ambiente y sus recursos. Se puede enmarcar que a lo largo de los territorios los sistemas de producción con manejos basados en la revolución verde siguen en aumento a pesar de sus notables falencias, donde estas inciden negativamente sobre el desgaste excesivo de suelos y la erosión. Estos detrimentos ambientales, además de crear desbalances, reducen significativamente el rendimiento a largo plazo e incrementa los costos de producción. (F.A.O., 2011)

Es así como se identifica el deterioro ambiental ocasionado por el uso intensivo de técnicas de agricultura convencional, convirtiéndose en un factor de impacto para un país cuya representación socio económica se basa en la explotación agropecuaria; se pueden reconocer

determinantes como el uso excesivo de pesticidas y fertilizantes, donde estos manejos agrícolas basados en moléculas de composición sintética tienen una variedad de efectos negativos al exceder su uso, dentro de estas se reconocen la adaptación y resistencias por parte de plagas, salinización, erosión, y contaminación de fuentes de hídricas. (Parra & Forero, 2021). De tal manera se puede establecer que cualquier forma de degradación ambiental dificulta el soporte de tierras fértiles, disminuyendo a largo plazo áreas productivas, lo que representa que el aumento de este tipo de prácticas no es sostenible en el tiempo.

En el transcurso de los años se han propuesto investigaciones a partir del desarrollo de alternativas agroecológicas, explorando técnicas orientadas en la dirección del trabajo de campo con una visión sostenible, donde se puede evidenciar que desde el siglo XVIII varios autores han sugerido el uso de campos electromagnéticos como una alternativa que puede fortalecer la carga de iones en el suelo, ejerciendo una influencia de magnetismo de elementos que estarían vinculados en procesos de desarrollo vegetal, ya que al suministrar un magnetismo o atracción de iones se estimulan indirectamente procesos metabólicos de las plantas reduciendo el tiempo en que estas tienen que estar enfrentadas a condiciones bióticas o abióticas del ambiente (Sellanes 2023). Estas capacidades representarían un complemento sobre el funcionamiento del recurso suelo y la interacción de iones, microorganismos y plantas, causando una disminución en la dependencia de insumos sintéticos.

De acuerdo a lo anterior se planteó este proyecto, con el fin de evaluar la efectividad del uso de antenas receptoras fabricadas en cobre como influencia magnética y su aplicación sobre cuatro tratamientos, donde se registraron variables de biomasa, altura de plantas, porcentaje de afectación por insectos, correlacionando datos de pH, conductividad eléctrica y potencial eléctrico. Las antenas fueron ancladas al suelo en medio parcelas de experimentación, tomando

como eje principal ondas electromagnéticas presentes en el ambiente, transmitiéndolas a la solución del suelo, estimulando indirectamente la capacidad de procesos que estarían relacionados con la suspensión de cargas iónicas. Según la información recolectada, se realizó un análisis de varianza ( $p > 0.05$ ) y comparación de medias con test de tuckey. Los hallazgos indicaron que existen diferencias significativas en el tratamiento No.3 con respecto al testigo. Concluyendo que la implementación de cargas magnéticas por medio de antenas de cobre posee influencia sobre el estímulo de soportes iónicos que estarían relacionados con capacidades metabólicas responsables del rendimiento y la protección del cultivo.

## Planteamiento del Problema

A lo largo de diferentes departamentos se puede evidenciar el deterioro del medio ambiente, la pérdida de diversidad y rendimiento en los cultivos debido al uso excesivo de agricultura convencional basada en el uso de energías fósiles e insumos sintéticos (Parra & Forero, 2021). La acumulación de perjuicios ambientales que presentan las zonas productoras del municipio de Soraca, llevan a enfrentar amenazas que reducen la rentabilidad agrícola, en el cual se reconoce que algunos de estos desafíos son la presencia de plagas y enfermedades con una alta incidencia, donde se refuerzan prácticas como mecanización agresiva, nula rotación de cultivos, uso excesivo de pesticidas y fertilizantes. Estas variables alteran tanto física, química y biológicamente el suelo, convergiendo en afectaciones que se traducen además de los detrimentos ambientales, en la reducción de productividad e ingresos de las comunidades productoras.

De acuerdo a estas premisas, todo indica que aún no se cuenta con los suficientes sistemas alternativos de producción con enfoque sostenible aplicado a las explotaciones agrarias. Se evidencia la necesidad de seguir avanzando en la comunidad académica con el desarrollo de exploraciones orientadas en mejorar el trabajo de campo en la agricultura con una visión agroecológica, ya que se requiere responder a las problemáticas actuales del mercado como generadoras de responsabilidades ambientales, y se logren alcances de rendimiento en sistemas de producción, mitigando el impacto medio ambiental.

## Justificación

Debido al incremento del uso excesivo de insumos químicos, se han causado desequilibrios ambientales e impactos a ecosistemas y a la salud humana; adicionado problemas edáficos cada vez más estáticos. (Fuentes. 2014) Por ende, esta investigación se centra en la necesidad de evaluar el desarrollo de nuevas alternativas, que puedan aumentar la eficiencia de los cultivos mitigando la afectación al ambiente, buscando generar nuevas opciones para la aplicación de prácticas sostenibles. De acuerdo a esto la electro agricultura se presenta como una alternativa en la producción orgánica, con un tratamiento sin implicaciones de moléculas sintéticas, por el contrario, aprovecha las energías naturales presentes en la atmosfera, capturando electrones libres presentes en las partículas del ambiente, por medio de un electrodo y dirigiéndolas al suelo, permitiendo una soporte constante de iones disponibles para las plantas.

Con el actual interés y desarrollo de nuevos enfoques de agricultura sostenible, se buscan alternativas para mitigar la contaminación ambiental y el desgaste excesivo de suelos generados por la agricultura convencional, se busca no solo el rendimiento, sino también el poder generar alimentos sanos e inocuos para el consumo de la comunidad y así mismo reducir la dependencia parcial o total de insumos que igualmente tienen que ser mantenidos a los productores, con la gran diferencia de la sostenibilidad ambiental y social a través del tiempo.

Por lo tanto la electro agricultura infiere como una opción de técnicas basadas en el electromagnetismo de partículas naturales que se transportan en la atmosfera, capturándolas al suelo por medio de un electrodo, y así producir una carga que permitan una disponibilidad de iones constante para la planta, donde estas variables se traducirían en un soporte de elementos, que estarían relacionados con el desarrollo vegetal y a procesos metabólicos encargados de la resistencias, reduciendo la dependencia de la aplicación de insumos sintéticos.

De acuerdo a esta premisas, este proyecto busca evaluar la producción sobre el cultivo de cilantro (*Coriandrum Sativum*), a partir de técnicas de electro agricultura basada en antenas fabricadas en cobre, ya que esta metodología generaría un complemento sobre procesos productivos donde se establezcan estas técnicas de producción agrícola basada en prácticas sostenibles, fundamentando así una mejor administración de los recursos, atenuando el impacto ambiental en las producciones.

## Objetivos

### Objetivo General

Evaluar el uso de técnicas de electro agricultura en la producción de especie cilantro (*Coriandrum Sativum*), en el municipio de Soraca – Boyacá.

### Objetivos Específicos

Implementar antenas de cobre como técnica de electro cultura sobre la producción de la especie cilantro (*Coriandrum Sativum*) a campo abierto.

Analizar el comportamiento de las plantas de cilantro (*Coriandrum Sativum*) a partir de la implementación de técnicas de electromagnetismo realizadas.

Identificar el método de siembra que mejor responde frente a las técnicas implementadas sobre el cultivo de cilantro (*Coriandrum Sativum*)

## **Marco Conceptual**

### **Electricidad**

Es la acción que produce el movimiento de electrones de un átomo al ser trasladados de lugar a otro, por falta o exceso de estos dentro de un material, ya que los electrones que se encuentran en la capa de valencia pueden intercambiarse por otros, generando iones que aplican una fuerza magnética al querer volver a su equilibrio generando una reacción fisicoquímica estableciendo una conducción de energía. De acuerdo a esto se encuentran materiales conductores o aislantes. (Saucedo, 2019)

### **Magnetismo**

Según Saucedo (2019) es el fenómeno físico por el cual los materiales ejercen fuerzas en un campo definido como ondas de atracción y repulsión, ya que internamente en los átomos de los materiales cada electrón que gana o que pierde genera una carga positiva o negativa donde define el comportamiento de un ion como un imán, por ende, el material encuentra una orientación para determinar su trayectoria.

### **Electrodo**

Un electrodo es un material que posee características de conductividad gracias a sus cargas atómicas y de electrones de fácil liberación donde este material se encarga de transportar electrones libremente a través del movimiento de cargas magnéticas. Los electrodos empleados durante el tratamiento electroquímico de suelos pueden estar constituidos por un material conductor como el acero, el titanio, el cobre, o con diversidad de compuestos que proveen diferentes formas de conducción eléctrica. (Acuña, 2019)

## **Voltaje**

Es la unidad que indica la capacidad de fuerza con la cual se desplazan los electrones dentro de un circuito de corriente, ya que el requerimiento de circulación de los electrones es proporcionado por generadores de electricidad en el cual se produce una tensión y se expresa en estas unidades de medida. (Saucedo, 2019)

## **Conductividad Eléctrica**

Según Acosta (2018) es la capacidad de transmisión de corrientes a través del agua, dada por el valor proporcional de las sales ionizadas y disueltas que se contienen dentro esta solución acuosa, estas propiedades se asocian a la cantidad de corriente que pasa a través de la disolución contenida en el suelo, y esta movilidad depende de los iones presentes, donde se considera al agua como vehículo por el cual se transportan los iones.

## **Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC)**

La CIC es un indicador de la capacidad de los suelos y su amortiguación, ya que estima sitios con cargas presentes en las arcillas que son capaces de retener iones por fuerzas electrostáticas que son almacenados para posteriormente tener la capacidad de intercambio de iones con la fracción radicular cuando la planta lo requiera. (Pérez, et al, 2017).

## **PH**

Desde el punto de vista agronómico se reconoce el pH como el parámetro que influye en la disponibilidad de nutrientes del suelo por medio de cargas acidas o alcalinas, ya que el suelo posee una carga de  $H^+$  retenidos por las partículas de arcillas, materias orgánicas, que pueden ser medidos en una escala del 0 al 14, donde se puede reconocer que a mayor carga de iones  $H^+$  se

denomina un suelo como ácido y cuando hay menor cantidad de  $H^+$  se establece un suelo alcalino. (Acosta, 2018)

## Marco Teórico

### Generalidades del Cilantro (*Coriandrum Sativum*)

El cilantro (*Coriandrum Sativum*) es una hierba anual de la familia de las apiáceas que se usa con frecuencia en las regiones mediterráneas, latinoamericanas y del sudeste asiático. El término coriandro proviene del latín *Coriandrum*, que a su vez proviene del griego *korios*, que quiere decir chinche, y se refiere al olor desagradable del cilantro cuando sus frutos aún están verdes. Fue utilizado como hierba terapéutica y para conservar la carne. Las hojas se pueden masticar para diferentes usos. (Balanta, 2017). El cilantro (*Coriandrum Sativum*) es una planta herbácea que crece lentamente, tiene una raíz pivotante, sus tallos son rectos, presenta hojas compuestas, flores blancas y frutos de aceites aromáticos en todos los órganos del que se liberan cuando las células se rompen, frotando, cortando o prensando partes de la planta. Las láminas de las hojas son prácticamente planas y de color verde claro u oscuro. El pecíolo es generalmente verde, aunque hay algunas variedades que lo expresan de color púrpura. Cuando la planta entra en su etapa de reproducción, su tallo es erguido y ramificado y puede alcanzar una altura de hasta 90 cm. (Brunner et al., 2011).

#### Tabla 1.

##### *Taxonomía del cilantro*

Clase	Dicotiledónea
Orden	Umbelífera
División	Magnolophyta
Genero	Coriandrum
Especie	Coriandrum Sativum L.

*Nota.* Esta tabla presenta la clasificación taxonómica del cilantro. *Fuente:* Autor (2024) a partir de información de Guevara (2020)

Brunner et al. (2011) indica que es posible cultivar cilantro (*Coriandrum Sativum*) durante todo el año. Debe proyectarse en un lugar soleado. Esta especie requiere un suelo húmedo con un buen drenaje. Después de la germinación, las semillas deben formarse a una distancia de dos a tres pulgadas de separación. Normalmente florece a los cincuenta días después de la germinación y las semillas se desarrollan en ochenta a cien días. Esta especie tiene preferencia por climas cálidos por encima de los 20°C, pero puede sobrevivir en climas más fríos y puede soportar ligeras heladas. Requiere una humedad de un 75%, donde la planta prefiere una intensidad de luz alta para crecer.

El follaje del cilantro (*Coriandrum Sativum*) se usa regularmente como especias o condimento. Contiene compuestos benéficos que influyen sobre la salud cardiovascular. Así mismo se puede reconocer que el cilantro es un ingrediente herbáceo de los más consumidos popularmente. La composición química del cilantro se basa principalmente en ácido málico, taninos, cariofileno, linalool, decano y dodecanal. (Balanta, 2017). También tiene usos medicinales, estudios han demostrado que el consumo puede reducir las concentraciones de colesterol, glucosa y triglicéridos en seres humanos. Además, existen en las hojas del cilantro con propiedades antibacterianas además de contener vitaminas (A), (B2) y (C), así como calcio y antioxidantes. (Brunner et al., 2011)

A continuación, se presentan los valores nutricionales que posee la especie cilantro (*Coriandrum Sativum*) por cada 100 gr de porción comestible según el instituto de nutrición de centro América y Panamá - INCAP

**Tabla 2.***Composición Nutricional del cilantro (Coriandrum Sativum)*

<b>Parte comestible (%)</b>	<b>90</b>	<b>Calcio (mg)</b>	<b>188</b>
<b>Calorías (%)</b>	49	Hierro (mg)	3.00
<b>Agua (%)</b>	86	Fosforo (mg)	72
<b>Grasa total (g)</b>	0.70	Potasio (mg)	521
<b>Proteína (g)</b>	3.30	Tiamina (mg)	0.15
<b>Carbohidratos (g)</b>	8.00	Niacina (mg)	1.60
<b>Colesterol (mg)</b>	0	Riboflavina (mg)	0.28
<b>Zinc (mg)</b>	0.50	Vitamina B6 (mg)	0.15
<b>Sodio (mg)</b>	46	Vitamina C (mg)	75

*Nota.* Esta tabla presenta la composición de valores nutricionales del cilantro. *Fuente.* INCAP. Instituto de nutrición de centro América y Panamá (2012).

### **Antecedentes e historia de la electro agricultura**

Debido a las hambrunas generadas en la historia de la humanidad, la ciencia ha estado enfocada en desarrollar técnicas y tecnologías para hacer que los cultivos posean distintas cualidades, todo esto con el fin de optimizar el rendimiento y la protección de los cultivos, ya que los productos derivados por diferentes especies representan la base socio económica de comunidades que dependen de estas producciones.

De acuerdo a diversas investigaciones se ha podido establecer que la electro agricultura, puede ser un método antiguo que se presenta como una técnica que podría estimular formas de aumentar cargas eléctricas en el suelo, donde estas pueden inferir en el soporte de iones encargados de procesos como tasas de crecimiento y la síntesis de metabolitos secundarios.

Como lo menciona el autor Sellanes (2023) los primeros documentos registrados de investigación académica con electro magnetismo partieron con el físico francés Abbe Nollett en 1749, donde este científico expone en sus investigaciones los efectos que originaba la conducción de ondas magnéticas en la vegetación, ya que por medio de algunos experimentos facilitó la germinación de semillas y aumento de esta capacidad de respuesta, situando imanes bajo semilleros, sustentando que esta energía “invisible” sin un sustento tangible podría influir en la movilidad de partículas, generando estímulos en procesos encargados del desarrollo vegetal.

Posteriormente en 1783 el físico Pierre Bertholon de Saint-Lazare miembro de la sociedad de ciencias de Montpellier retoma estos estudios y postula nuevas investigaciones enfocadas en el papel que cumple la atmosfera sobre la tierra, donde presenta una herramienta llamada electro vegeto-metro, fundamentando que la composición del suelo se puede modificar por acción de corrientes, donde apoyado en los principios de electromagnetismo construye este instrumento a partir de materiales conductores, principalmente cobre, con el fin de interceptar ondas electromagnéticas presentadas naturalmente en la atmosfera orientándolas al suelo, generando una carga en esos puntos establecidos, donde a partir de estas aplicaciones documenta resultados de un aumento de producción de más de 30% en especies como avena (*Avena sativa*), trigo (*Triticum*) y linaza (*Linum usitatissimum*). (Sellanes, 2023)

En 1898 Karl Selim Lemstron, Geofísico, profesor de la universidad de Helsinki, llevo a cabo exploraciones del fenómeno de la Aurora boreal, donde identifico que las especies arbóreas

que se encontraban alrededor de este fenómeno magnético que ejerce naturalmente la tierra, crecían rápidamente a pesar de no estar en su temporada, por lo cual realizo exploraciones ubicando electrodos sobre una plantación agroforestal, reconociendo diferentes potenciales eléctricos, donde documento el comportamiento vegetal generado a partir de fenómenos magnéticos, anunciando sus resultados y observaciones en su libro publicado en 1904 “Electricity in Agriculture and Horticulture” detallando conductas y características indagadas en la investigación (Sellanes, 2023).

Posteriormente Justin Christofleau, ingeniero, miembro de la sociedad de científicos inventores de Francia, inspirado por los trabajos de Pierre Bertholon, presenta en 1921 la creación y patente de modelos y dispositivos electromagnéticos, donde documenta efectos puntuales de la influencia que pueden ejercer corrientes naturales presentes en el ambiente sobre la interacción vegetal y como está logra diferencias proporcionales en los procesos biológicos de desarrollo de la plantas, exponiendo resultados en la exploración con más de 20 especies, donde llego a vender miles de réplicas de estos dispositivos desde 1920, fallece en el año 1938, periodo en el cual se marcó el fin de la electro cultura ya que las dinámicas geopolíticas destinaron todos los recursos materiales y humanos al proceso de la segunda guerra mundial (Sellanes, 2023).

### **Generalidades de electro cultura.**

Los organismos vegetales interactúan por naturaleza con el entorno y con las condiciones bióticas o abióticas donde se desarrollan, se producen una variedad de respuestas a estímulos, como la luz, la humedad, la temperatura, y demás variables que influyen en el comportamiento vegetal, estas variables se conocen como tropismos, por ejemplo el fototropismo se encarga de referenciar la respuesta en la fisiología vegetal frente a un estímulo luminoso, de acuerdo a estas

premisas, se deriva que la gravedad, el magnetismo y la electricidad, son estímulos, que también pueden manifestar respuestas metabólicas vegetales, ya que estas formas de energía con capacidad de movilidad de partículas, estaría relacionada con el transporte de elementos iónicos y la síntesis de metabolitos secundarios que intervienen en el desarrollo vegetal (Acosta, 2016).

Se pueden reconocer metodologías donde estas formas de aumentar cargas eléctricas en el suelo pueden inferir en estímulos encargados de procesos de tasas de crecimiento, mejorar calidad y la protección de las plantas, ya que al suministrar puntos de corrientes, se estimulan procesos magnéticos que generan una orientación iónica, por lo cual se consolidan áreas de soporte e interacción de distintos elementos que generan vigor en los procesos bioquímicos desde la rizosfera, estimulando el desarrollo vegetal y la síntesis de metabolitos secundarios, ya que estos compuestos químicos que las plantas producen son los encargados de la adaptación, la comunicación y la generación de defensas que permite a la plantas sobrevivir a condiciones bióticas o abióticas adversas, como repeler insectos o la elaboración de kairomonas atrayendo enemigos naturales, que se establecen como depredadores. (Acuña, 2019)

Así mismo se puede establecer que las ondas electromagnéticas pueden viajar a través de elementos sólidos o en el vacío, pueden viajar libremente y no necesitan de un medio para propagarse, así mismo pueden ser receptadas o emitidas por medio de diversos materiales. El uso de ondas electromagnéticas está inmerso en diferentes ámbitos cotidianos, en herramientas como wifi, radios, celulares, televisores, microondas, sensores entre otros, donde así mismo su aplicación de energía como campo magnético posee una influencia sobre el comportamiento de iones y así mismo sobre estos, como base del metabolismo vegetal (Sellanes, 2023).

Los aspectos técnicos de electro agricultura se pueden establecer por diversas aplicaciones, donde su fundamento principal es brindar una corriente sobre la interacción de los

componentes del suelo, donde estas ondas pueden influir sobre la orientación de iones y así mismo procesos que resultan benéficos para producción vegetal. Estas aplicaciones de corrientes magnéticas se pueden lograr de diversas maneras, donde se pueden reconocer sistemas como la generación de campos magnéticos a partir de electrodos fabricados con materiales conductores como cobre, hierro, zinc, acero, imanes, imanes naturales como la magnetita, artificiales fabricados con acero imantado, electroimanes, donde así mismo se puede reconocer el uso de suministros de pulsos eléctricos por medio de baterías que puedan generar un estímulo constante de corriente (Sellanes, 2023).

Sin embargo, se han reportado muy pocas investigaciones a cerca de las técnicas y mecanismos por los cuales son provocados estos efectos. Las principales hipótesis son el soporte magnético sobre iones que causan una inducción y activación de señales sobre hormonas que activan metabolitos encargados de procesos de desarrollo vegetal. En diferentes partes del mundo se han reportado investigaciones con diversas metodologías de aplicación, sin embargo, los estudios y el conocimiento actual no son suficientes para la apología total de estos mecanismos.

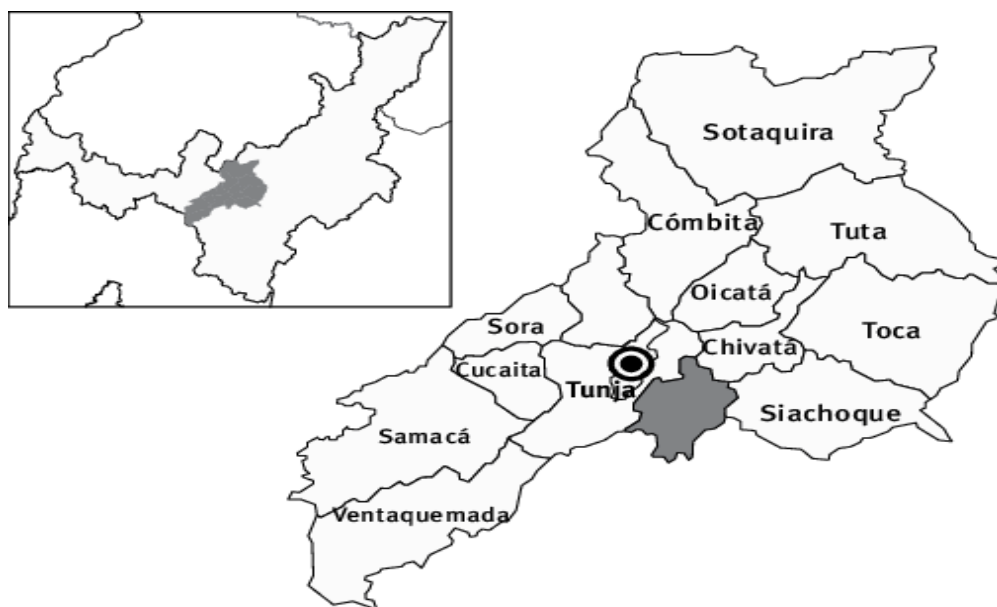
## Materiales y Métodos

### Localización:

El proyecto se llevó a cabo en el municipio Soraca, Boyacá, vereda Otro lado, que se localiza en el km 4 del municipio. Esta zona presenta geomorfología montañosa, de clima frío, ubicado a una altura de 2.500 msnm, presenta una temperatura promedio de 13°C, con una precipitación promedio de 1.100 mm anual, y con una humedad relativa del 70%.

### Figura 1.

*Ubicación del municipio de Soraca, Boyacá.*



*Nota:* Ubicación geográfica y contexto municipal. Fuente: *Planeación Boyacá*. (2015). Alcaldía de Soraca.

## **Materiales**

Dentro del desarrollo del proyecto se requirieron los insumos, materiales y equipos que se describen a continuación:

### ***Alambre de cobre (Calibre 14)***

Elemento metálico que actúa como antena o cátodo, receptor de ondas importante en la conducción de electrones que permite el flujo de energía entre partículas.

### ***Pieza o malla de hierro***

Material metálico necesario como ánodo o conductor que actúa como electrodo en fase negativa de corriente.

### ***Soporte de antena***

Material necesario como columna de anclaje al suelo, importante para soportar la antena de cobre, puede establecerse de diferentes materiales como: hierro, acero, aluminio o finalmente en madera.

### ***Conductímetro***

TDS & EC (hold) medidor encargado de calcular la salinidad del suelo, o sales disueltas en dentro una solución.

### ***PH metro***

Medidor de PH y humedad marca THREE – WAY03: equipo que se encarga de la obtención de registros de pH y humedad mediante dos electrodos en contacto con el suelo.

### ***Multímetro***

Medidor de potencial eléctrico, marca TECHMAN modelo Tm-102c. Equipo encargado de medir los valores eléctricos de corriente directa ejercida sobre dos ejes, proporcionado medidas en unidades de Voltios.

### ***Gramera Digital.***

Herramienta de marca GYNIPOT modelo GY-A11. Equipo encargado de suministrar la medida de la biomasa total de la plántulas en unidades gramos.

### ***Semilla Certificada***

La semilla empleada fue semilla de cilantro (*Coriandrum Sativum*) de la variedad Long standing

### ***Fertilizantes***

Se empleó abono orgánico tipo Bocashi como fuente de fertilizante.

### ***Insecticida***

Se empleó un extracto orgánico a base de ajo y ají para el control de insectos barrenadores.

## **Metodología**

Este proyecto es de tipo descriptivo cuantitativo, mediante el cual se evaluó la efectividad del uso de antenas de cobre como técnica de electro agricultura y su aplicación sobre cuatro tratamientos diferentes como se muestra en la (Tabla 3.), donde a partir de un muestreo aleatorio sistemático se realizaron registros del comportamiento e influencia sobre el desarrollo vegetativo de la especie cilantro (*Coriandrum Sativum*), por lo cual se analizaron variables como: biomasa

obtenida, altura de plantas y porcentaje de afectación por insectos, correlacionando la información recopilada.

**Tabla 3.**

*Descripción del montaje en campo*

Tratamiento	Técnica	No. de antenas	Descripción	Unidades experimentales	Muestra
T - 1	Antena de cobre	(1)	Calibre 14	200	20
T - 2	Antena de cobre	(2)	Calibre 14	200	20
T - 3	Antena de cobre	(3)	Calibre 14	200	20
T - 4	Testigo	*	N.A.	200	20

*Nota.* Esta tabla presenta la formulación del diseño de los tratamientos ejecutados en campo.

*Fuente:* Autor (2024).

En base a los datos recopilados, se aplicó un análisis de varianza ( $p > 0.05$ ) y comparación de medias con test de tuckey, con el procesamiento del paquete de datos estadísticos SPSS del Software IBM, mediante el cual se analizaron y sintetizaron los resultados alcanzados, por lo tanto, se presenta un informe compuesto de observaciones, histogramas y descripciones de influencia encontradas dentro evaluación proyectada.

La semilla empleada fue semilla certificada de cilantro (*Coriandrum Sativum*) de la variedad Long standing, donde se destinaron para la siembra 4 lotes experimentales de 7 metros cuadrados cada uno, en el cual se realizaron las correspondientes preparaciones de terreno. Posteriormente se realizó la fabricación e instalación de las antenas de cobre, donde se tomaron

soportes de madera de 1.2 metros, en el cual se instalaron 3.5 metros el alambre de cobre calibre No.14 por cada una, donde en la punta superior se enrolló el material de cobre con un distanciamiento de 0.5 cm que actuaría en forma de bobina, donde se dispuso la punta de la terminal en orientación norte. Las antenas se establecieron en el centro de cada lote experimental, donde los lotes que poseían dos o más antenas se ubicaron con un distanciamiento de 0.5 metros entre cada una, se enterraron al suelo con una profundidad de 20 centímetros, ya que el cilantro posee una raíz superficial pivotante.

Las prácticas agrícolas fueron las correspondientes a este cultivo, riego por manguera dos veces por semana, control de arvenses con herramientas manuales cada 20 días, las especies reconocidas más características: kikuyo (*pennisetum clandestinum*,) Atacu (*Amarantus spinosus*), Canutillo (*Commelina difusa*). En el control de plagas se reconoce la afectación temprana por (*liriomyza spp.*) Minador de la hoja, donde se realizaron dos aplicaciones de extracto de ajo y ají en dosis de 30ml/litro en el día 42 a partir de la siembra, con diferencia de 15 días. Fertilización con abono orgánico Bocashi. Durante los monitoreos no se presentan signos ni síntomas de enfermedades, se garantizaron manejos homogéneos en todos los tratamientos.

Para llevar a cabo el muestreo aleatorio sistemático fue necesario aplicar la fórmula de selección de intervalos ( $K = N/n$ ) sobre el total de las unidades experimentales, donde por medio de la herramienta función aleatorio de Excel se realiza la elección de la numeración de muestreo probabilístico, seleccionando 20 muestras por cada tratamiento, donde se identificaron en campo con cintas amarillas y marcadas con numeración.

Para el análisis de datos se llevó a cabo una bitácora de investigación en la cual se registraron:

***Altura de plántulas:*** esta variable se obtuvo a partir de tres lecturas, registradas sobre los 30, 60 y 90 días de siembra, haciendo uso de la herramienta cinta métrica obteniendo el valor de elevación de cada una de las muestras desde el pie del tallo, hasta la formación apical de la hoja más elevada.

***Biomasa:*** esta variable se tomó en una única lectura sobre el día 90 de cosecha, para llevar a cabo este registro fue necesario cosechar el total de las muestras, las cuales fueron pesadas por medio de una gramera digital, teniendo en cuenta el retirar la parte radicular de la misma de tal forma que solo se valorara la materia verde de las plantas, esta lectura se debe dar el mismo día en que se realiza la recolección para evitar alteración de datos como efecto de deshidratación de las plantas.

***Afectación por insectos:*** esta variable se obtuvo en una única lectura sobre el día 90 de cosecha, para llevar a cabo este registro fue necesario el empaque individual de cada muestra, donde se realiza el conteo uno a uno del número de hojas café o amarillas afectadas con clorosis por ataque de insectos, solo se contaron hojas objetivamente afectadas. Así mismo esta lectura se debe dar el mismo día en que se realiza la recolección para evitar alteración de datos.

***Conductividad Eléctrica:*** esta variable se obtuvo a partir de tres lecturas registradas a 30, 60 y 90 días de siembra, para llevar a cabo este registro fue necesario tomar una muestra de suelo de cada uno de los tratamientos, disueltos en 50ml de agua destilada y con el uso del equipo conductímetro, se expusieron los electrodos de la herramienta sobre la muestra obteniendo un valor exacto de esta variable expresado en decisiemens por metro.

***pH:*** esta variable se obtuvo a partir de la toma de tres lecturas registradas a 30, 60 y 90 días de siembra, para llevar a cabo este registro fue necesario el uso del equipo pH metro digital,

que brindo un valor exacto de esta variable, exponiendo los electrodos de la herramienta sobre diferentes lugares del suelo de los lotes experimentales.

***Potencial Eléctrico:*** esta variable se obtuvo a partir de tres lecturas, registradas a 30, 60 y 90 días de siembra, para el registro de esta variable se usó del equipo multímetro digital exponiendo los electrodos configurados en corriente directa sobre la antena de cobre instalada y el hierro que actúan como fases positiva (cobre) y negativa (hierro) de los lotes experimentales, brindando una medida de voltaje, interpretada como pulsaciones eléctricas.

## Resultados

En la implementación de prácticas de electro agricultura se eligió la técnica de antenas receptoras fabricadas en cobre, establecidas sobre la producción de la especie cilantro (*Coriandrum Sativum*) a campo abierto en el municipio de Soraca, Boyacá.

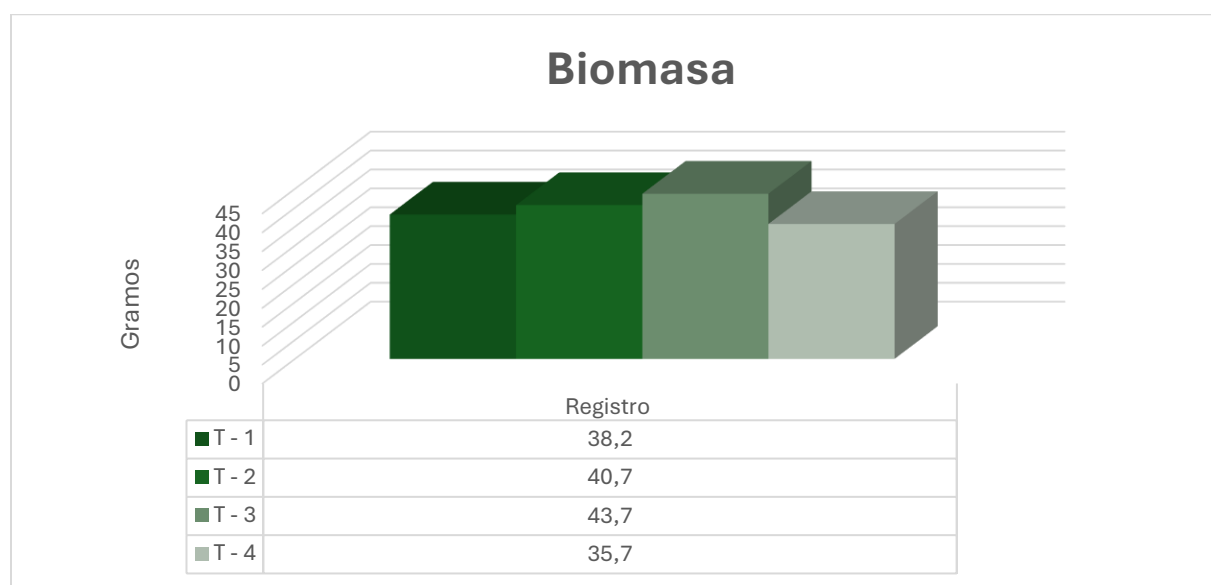
En el análisis de comportamiento alcanzado se pudo establecer que:

### Determinación de Producción de Biomasa

De acuerdo a la variable de biomasa registrada en cosecha, se puede reconocer que hay un contraste en el análisis de los datos del Tratamiento No.3 con respecto al testigo, como se evidencia en la (Figura 2.) se presenta una variación en las tendencias centrales. Los resultados estadísticos ( $p > 0.05$ ) indican que existe una diferencia significativa, con una comparación de medias representada en un 18.4%.

### Figura 2.

*Determinación de la producción de biomasa*

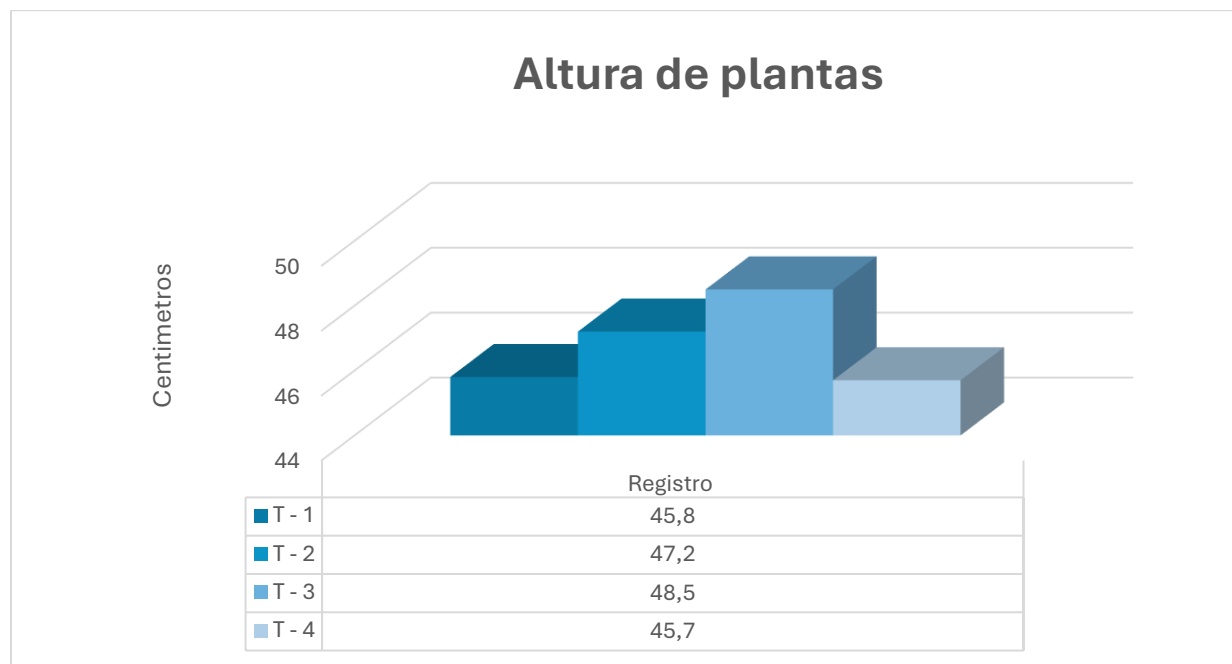


*Nota:* Histograma determinado por la biomasa obtenida. *Fuente:* Autor (2024).

El comportamiento de los tratamientos permite corroborar que existe una diferencia en la producción de biomasa, donde se puede establecer que se ejerce algún tipo de estímulo presentado al efectuar magnetismo por antenas receptoras de cobre. Como lo menciona el autor Sellanes (2023), el medio atmosférico contiene una cantidad de compuestos en estado libre, cargados eléctricamente, donde estas partículas generan un gradiente potencial que fluye sobre la tierra, por lo cual esta se convierte una determinate de corrientes que puede influir en el comportamiento de los organismos, debido que al orientar estas energías al suelo, se estimula una onda que influencia la atracción de iones, consolidando áreas de anclaje donde se impide la perdida por arrastre, por lo cual se genera un sustento constante de elementos esenciales, considerados como nutricionales, beneficiando indirectamente, metabolitos y procesos primarios en las plantas como la absorción radicular.

### **Determinación de Altura de Plantas**

De acuerdo a las variables de altura registradas en campo, se puede establecer que hay un contraste en el análisis de datos del Tratamiento No.3 con respecto al testigo, como se evidencia en la (Figura 3.) se presenta una variación en las tendencias centrales en cuanto al porte de las plantas, inducido como respuesta a cierto estímulo encontrado. Los resultados estadísticos ( $p>0.05$ ) indican que existe una diferencia significativa representada en un 5.8%.

**Figura 3.***Determinación de la altura de plantas*

*Nota:* Histograma determinado por la altura obtenida. *Fuente:* Autor (2024).

Al identificar un contraste en la altura de las plantas, se puede establecer que hay un mejor desarrollo en cuanto al porte, inducido como respuesta a un estímulo encontrado. Como lo menciona el autor Acosta (2016), existen diversas respuestas fisiológicas ante estímulos ejercidos hacia los organismos, las plantas establecen formas de adaptación creando tropismos y estableciendo disposiciones de desarrollo. El magnetismo al igual que la luz o la gravedad, se traduce como un estímulo que genera una movilidad de materia, donde se pueden orientar estas determinantes a áreas de beneficio. Este proceso de movilidad por magnetismo sobre el suelo logra atraer cargas de iones que son transferidos e intercambiados en los procesos metabólicos de la planta. Esta cadena de corriente genera una movilidad constante de elementos considerados

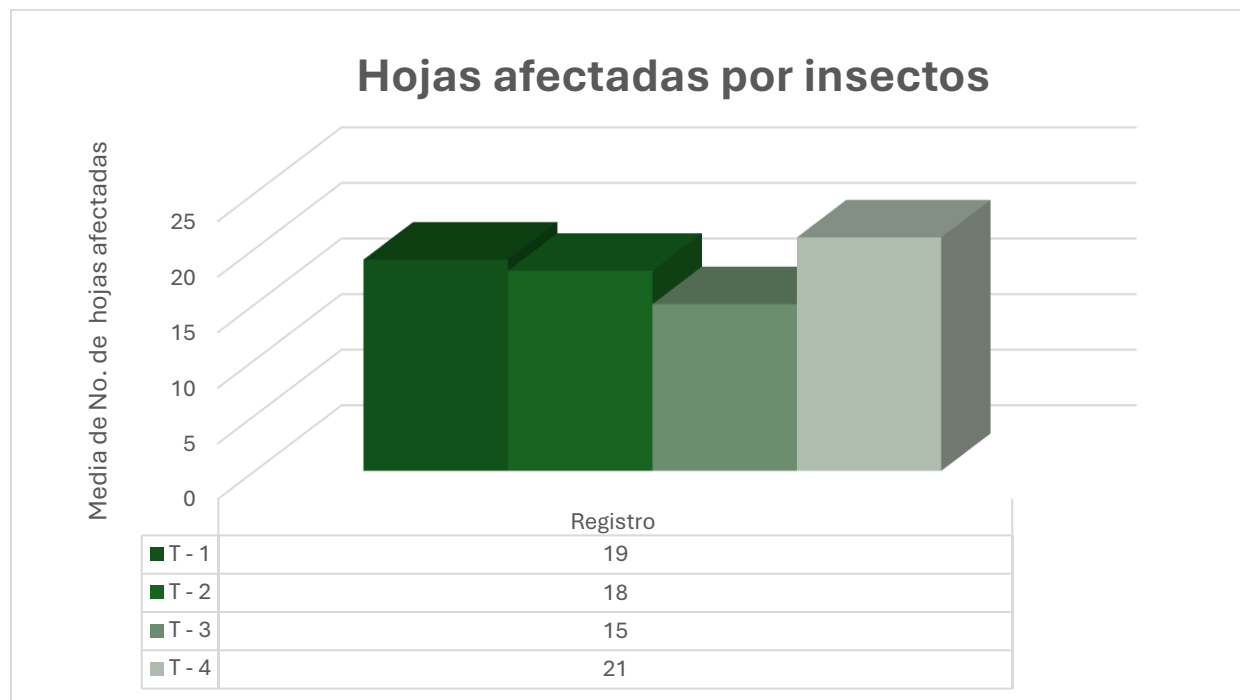
nutricionales, aumentando el estímulo y la efectividad de procesos metabólicos que establecen un beneficio sobre el desarrollo vegetal.

### Determinación de Hojas Afectadas por Insectos

De acuerdo al registro de hojas afectadas con clorosis por ataque de insectos, se puede establecer que hay un contraste en el análisis de datos del tratamiento No.3 con respecto al testigo, como se evidencia en la (Figura 4.) se presenta una variación en las tendencias centrales. Los resultados estadísticos ( $p>0.05$ ) indican que existe una diferencia significativa, representada en un 28.6%.

#### Figura 4.

*Determinación de hojas afectadas por insectos*

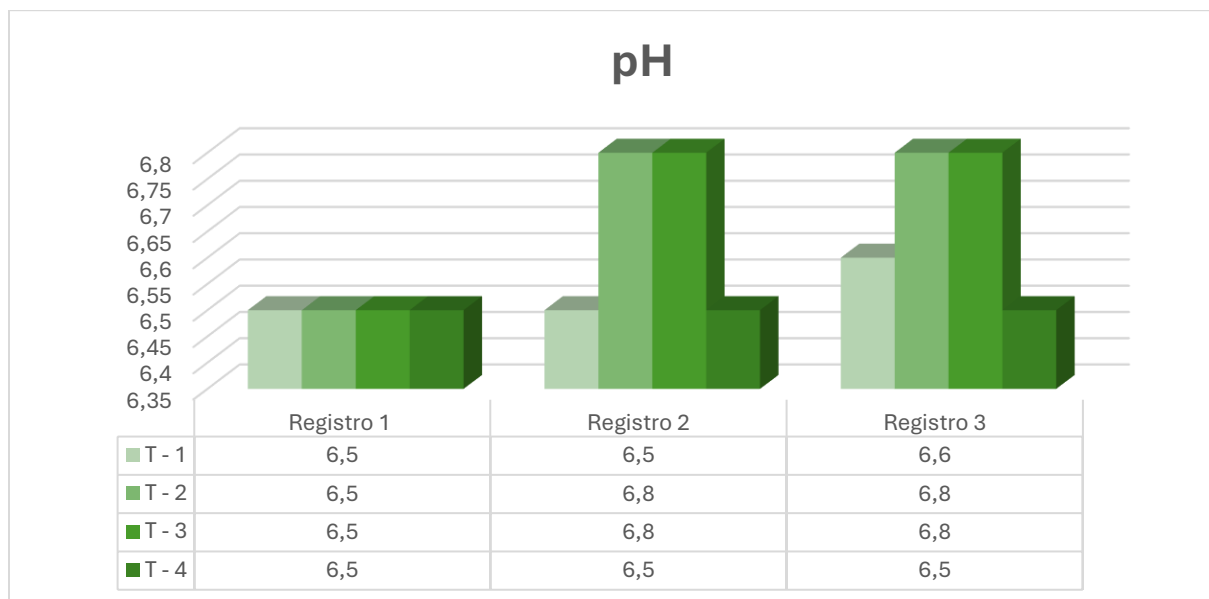


*Nota:* Histograma determinado por el conteo de hojas afectadas. *Fuente:* Autor (2024).

Se puede evidenciar un sistema inmunológico con mejor resistencia a la actividad de plagas como el minador (*liriomyza spp.*), donde se reconoce una menor cantidad de hojas afectadas en la parte basal de las plantas. Como lo menciona el autor Sellanes (2023) A través del electromagnetismo se pueden estimular indirectamente capacidades inmunológicas como el desarrollo de fitoalexinas, desplegando mecanismos de defensa a factores de estrés biótico o abiótico. los materiales que ejercen una corriente de iones dispuestos en el suelo pueden reforzar actividades metabólicas, fortaleciendo el desarrollo de procesos y mecanismos naturales de adaptaciones al medio. La disponibilidad de iones para los organismos vegetales juega un papel determinante sobre características como crecimiento, desarrollo, resistencias inmunológicas o capacidad de reproducción. Al llegar a ofrecer un balance físico, químico y biológico como soporte, los organismos encuentran propiedades de sostenimiento favorables para expresar su mejor potencial genético.

### **Determinación de Influencia de pH**

De acuerdo a los registros obtenidos a los 30, 60 y 90 días de siembra, se puede establecer que se manifiesta una variación de nivel de iones  $H^+$  con tendencia de levemente ácido a neutro (6.5 a 6.8), como se evidencia en la (Figura 5.) se infiere que hay una disposición en el balance de hidroxilos  $OH^-$  sobre los iones hidrogeniones  $H^+$ . Los resultados estadísticos ( $p > 0.05$ ) indican que existe una diferencia, pero no es significativa entre los tratamientos evaluados.

**Figura 5.***Determinación de pH*

*Nota:* Histograma determinado por monitoreos de pH obtenidos. *Fuente:* Autor (2024).

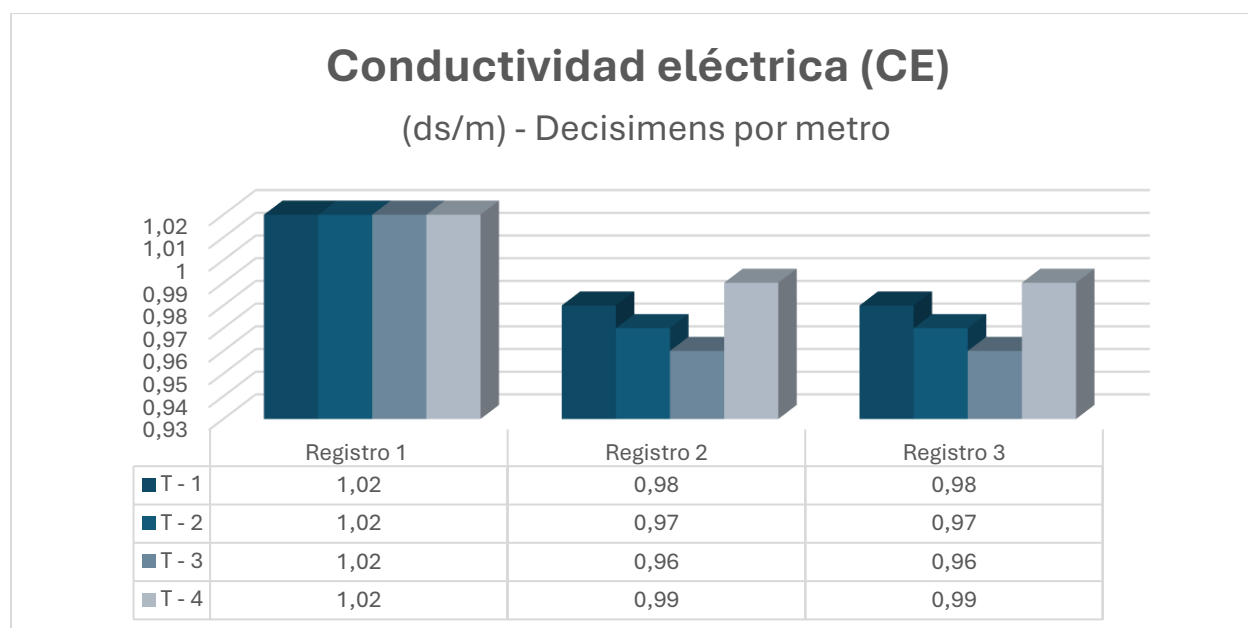
El resultado no demuestra variación significativa, sin embargo, cabe resaltar como lo mencionan los autores Ramírez et all. (2020) el pH incide en el comportamiento de cargas en la solución del suelo, ya que esta variable demuestra procesos vinculados en la disponibilidad de elementos en forma de cationes, fundamentales en la nutrición vegetal. Esta información sobre el nivel de cargas de hidrogeniones e hidroxilos permite valorar el nivel de soporte en la solución del suelo. Esta variable está directamente relacionada con el balance de cargas eléctricas, ya que al presentarse un suelo con un nivel ácido, debido a la alta concentración de iones  $H^+$ , se podría presentar una pérdida por arrastre y disminuir la disponibilidad de otros nutrientes presentes en forma de cationes como: calcio, magnesio y potasio, afectando el desarrollo de la planta.

## Determinación de influencia de conductividad eléctrica

De acuerdo a los datos obtenidos a los 30, 60 y 90 días de siembra, se puede establecer que hay una reducción de la cantidad de sales disueltas en el suelo de (1.02 a 0.96 dS/m), medición expresada en unidades decisiemens por metro. Como se evidencia en la (Figura 6.) los resultados estadísticos ( $p > 0.05$ ) indican que existe una diferencia, pero no es significativa entre los tratamientos evaluados.

**Figura 6.**

*Determinación de Conductividad Eléctrica (CE)*



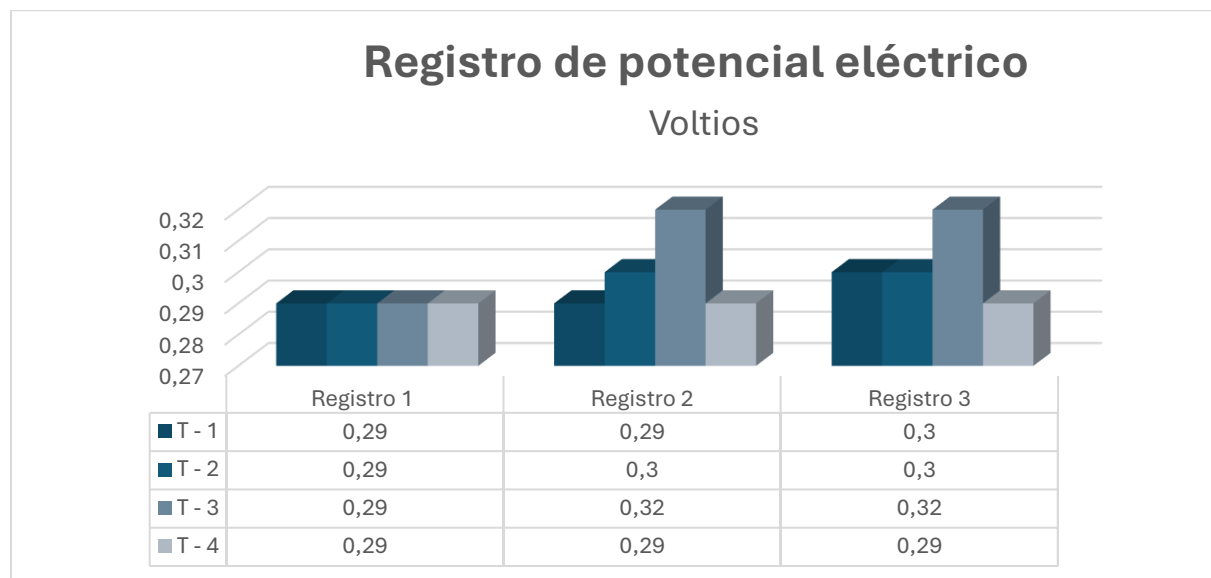
*Nota:* Histograma determinado por monitoreos de CE obtenidos. *Fuente:* Autor (2024).

Se puede reconocer que la capacidad de conducir electricidad en la solución del suelo es indispensable para la producción de los cultivos. Sin embargo, esta debe mantener un balance, (1 a 2 dS/m), ya que, al superar estos valores, se puede transgredir el factor del nivel de conducción iónica, causando afectaciones en la actividad de procesos metabólicos de desarrollo. Como lo

mencionan los autores Ramírez et al. (2020) la conductividad eléctrica es un factor que actúa en la interacción de iones sobre una solución, por lo tanto, para la producción vegetal se debe garantizar niveles que no superen tolerancias permitidas [2 dS/m], ya que al elevar estos niveles se presentan afectaciones irreversibles. Estas sales disueltas pueden estar presentes en: cloruros, sulfatos, bicarbonatos, carbonatos o nitratos, donde al exceder su concentración se reduce el potencial osmótico de las plantas, por lo cual, se puede someter la capacidad de absorción de nutrientes y agua, donde la raíz inicia un proceso de disolución, causando una descompensación hasta ocasionar deshidratación y punto de marchitez.

### **Determinación de registro de potencial eléctrico**

De acuerdo a los datos obtenidos a los 30, 60 y 90 días de siembra, se puede establecer que hay un aumento en la actividad de magnitudes eléctricas en contacto con la antena, donde afirmados con un multímetro se registra una diferencia de (0.29 a 0.36 Volts). Como se evidencia en la (Figura 7.) los resultados estadísticos ( $p > 0.05$ ) indican que existe una diferencia, pero no es significativa entre los tratamientos evaluados.

**Figura 7.***Determinación de potencial eléctrico*

*Nota:* Histograma determinado por monitoreos de pH obtenidos. *Fuente:* Autor (2024).

Se puede reconocer que existe un contraste en los registros obtenidos en unidades de voltaje, lo cual evidencia que así no se presente una diferencia significativa se establece un cambio en el flujo de actividad eléctrica, por lo cual al correlacionar la información se reconoce que el potencial eléctrico podría estar intrínseco entre los niveles de actividad edáfica. Como lo menciona el autor Sellanes (2023) el suelo es una asociación en la cual habitan diferentes organismos en medio de elementos cargados eléctricamente, de acuerdo a esto se presentan reacciones fisicoquímicas en base a estímulos eléctricos que se presentan naturalmente en la atmósfera, por ejemplo, el comportamiento de los rayos al encontrar una diferencia de cargas entre la superficie y el suelo. Estas interacciones son indispensables para generar balances en la superficie terrestre, por lo cual, naturalmente se pueden encontrar diferentes tipos de corrientes que pueden generar un sustento de cargas, debido a que estas se disipan libremente en distintas

direcciones. Estas pueden transmitirse al suelo, donde se estimulan procesos que estarían relacionados con el soporte vegetal.

### **Determinación del método de siembra más efectivo**

Se puede reconocer que el tratamiento con un mejor resultado es el tratamiento No.3 con un método de ubicación de tres antenas receptoras de 1.2 metros distribuidas cada 0.5 metros, donde se evidencio una mejor respuesta en cuanto al desarrollo final obtenido. Se puede registrar que la implementación de prácticas de electro agricultura con antenas receptoras fabricadas en cobre mostraron una mejor respuesta en cuanto al desarrollo de la utilidad obtenida en producción de biomasa y en la resistencia a insectos, variables que infieren en el rendimiento y la protección del cultivo. Se establece que esta técnica puede proporcionar estímulos eléctricos, de baja concentración, pero que podrían estar relacionados con procesos primarios para las plantas como el soporte de iones vinculados a la síntesis de metabolitos encargados de desarrollo vegetal.

## Conclusiones

Se puede evidenciar que la implementación de prácticas de electro agricultura mostraron una mejor respuesta en cuanto al desarrollo final obtenido en producción de biomasa y en la resistencia a insectos, donde se presentan diferencias significativas reveladas en el desarrollo del tratamiento No.3 con respecto al testigo, donde se establece un resultado representado en porcentajes de un 18.4% de la producción de biomasa, 5.8% altura de la planta y un 28.6% de diferencia entre hojas afectadas por insectos. En correlación a variables edáficas de pH de 6.8, Conductividad eléctrica 0.9 dS/m y un potencial eléctrico 0.32V. por lo cual se pudo establecer que la incorporación de técnicas de electro agricultura con antenas fabricadas en cobre proporciona estímulos sobre las plantas, donde se complementan procesos encargados del rendimiento y la protección del cultivo, reforzando el soporte de iones y así mismo la capacidad de procesos metabólicos que están directamente relacionados con procesos primarios como la absorción radicular

Si se consideran las ventajas de la incorporación de estas técnicas en las explotaciones agrarias como base o complemento, se podrían percibir sistemas que no se sustentan en la dependencia de insumos sintéticos, mitigando las afectaciones al ambiente y reduciendo así mismo las consecuencias que se estriban de estos. Además, es una alternativa que cuenta con una plusvalía comercial al ser un enfoque de producción sostenible de alimentos inocuos, libre de pesticidas.

Cabe resaltar que esta técnica con enfoque sostenible podría explorar modificaciones o mejoras en cuanto a los modelos de instalación y diseño de equipos, ya que estas variables se pueden ajustar a las capacidades económicas, técnicas y de requerimientos de área, donde se pretenda llegar a la efectividad de estas técnicas.

## Recomendaciones

Al reconocer los factores que afectan al ambiente, la salud y así mismo a la rentabilidad de las producciones, se sugiere a los productores interesados orientar las plantaciones hacia una transición de nuevos modelos de producción agrícola que causen menor impacto al medio ambiente y sus recursos, donde la electro agricultura brindaría un complemento, para la generación de adaptaciones a los diferentes territorios donde se logre buscar el desarrollo agrario con manejos sostenibles.

Para seguir avanzando en el conocimiento de alternativas sostenibles se propone continuar con la exploración y ajuste de los requerimientos técnicos de estos modelos agrícolas, así mismo en el reconocimiento de beneficios y ventajas que se puedan presentar en otras especies, complementando con alternativas como agricultura sinérgica o la agricultura sin trópica, con el fin de generar sistemas de equilibrio entre la comunidad, la economía y el medio ambiente.

Cabe resaltar la importancia que tiene la gestión de los recursos en las explotaciones agrarias y la búsqueda de un balance productivo y ambiental, por lo tanto, es conveniente seguir ampliando enfoques que permitan evaluar requerimientos técnicos y realizar ajustes que generen una mayor efectividad de estos procesos.

### Referencias Bibliográficas

- Acosta, S. (2018). *Evaluación de la aplicación de un campo eléctrico para estimulación de la germinación y desarrollo de plantas con metabolismo C3, C4, y CAM empleando un arreglo de electrodos 1D y 2D* [tesis de doctorado, Centro de investigación y desarrollo tecnológico en electroquímica]. Repositorio institucional CIDETEQ.  
<https://cideteq.repositorioinstitucional.mx/jspui/handle/1021/275>
- Acosta, S. (2016). Electro cultivo de plantas con importancia biológica (*Lolium perenne*) empleando electrodos de titanio. *Centro de investigación y desarrollo tecnológico en electroquímica*.  
[https://www.academia.edu/31667965/Electrocultivo\\_de\\_plantas\\_con\\_importancia\\_biol%C3%B3gica\\_Lolium\\_perenne\\_empleando\\_electrodos\\_de\\_titanio](https://www.academia.edu/31667965/Electrocultivo_de_plantas_con_importancia_biol%C3%B3gica_Lolium_perenne_empleando_electrodos_de_titanio)
- Acuña, J. (2019). *Desarrollo de superficies modificadas de IrO<sub>2</sub>- Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub> | Ti Y Ru O<sub>2</sub>-Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub> | Ti por electroforesis para la germinación de semillas y crecimiento de plantas de maíz (Zea mays)* [tesis de maestría, Centro de investigación y desarrollo tecnológico en electroquímica]. Repositorio institucional CIDETEQ.  
<https://cideteq.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1021/393/1/TESIS%20JAZMIN%20ACUC%3%91A%20CHAIREZ%20MAE%20res.pdf>
- Balanta, S. (2017). Implementación de un sistema productivo de *cilantro (Coriandrum Sativum)* variedad unapal precoz como modelo sostenible de producción agrícola en corregimiento de Rozo. *Palmira, Valle del Cauca*. [tesis de grado. Universidad de la Salle]. Repositorio Unisalle. <https://hdl.handle.net/20.500.14625/18452>

- Brunner, B., Morales, J., Flores, F., Martínez, S. (2011). Cilantrillo Orgánico. *Proyecto de agricultura orgánica. Estación experimental agrícola de lajas*. 007.  
<https://www.academia.edu/19671463/Cilantrillo>
- F.A.O. (2011). *La reducción de la pobreza y el hambre: la función fundamental de la financiación de la alimentación, la agricultura y el desarrollo rural*. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación FAO.  
<https://www.fao.org/4/y6265s/y6265s03.htm>
- Fuentes, J. (2014). *Comportamiento agronómico del cultivo de cilantro (Coriandrum Sativum) con dos densidades de siembra, utilizando tres tipos de viales de residuos ganaderos, en la zona de Babahoyo* [tesis de grado. Universidad Técnica de Babahoyo]. Repositorio institucional UTB. <https://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/562>
- Guevara, M. (2020). *Efecto de bioabono de efluentes de tilapia (oreochromis niloticus) en el cultivo de cilantro (Coriandrum Sativum) en un sistema acuapónico*. Chiclayo. [tesis de grado. Universidad Cesar Vallejo]. Repositorio institucional CONCYTEC.  
<https://hdl.handle.net/20.500.12692/48471>
- INCAP. (2012). *Tabla de Composición de Alimentos de Centro América*. Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá INCAP. <https://bvssan.incap.int>
- MADR. (2012). *Anuario estadístico de frutas y hortalizas*. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural MADR. <https://www.agronet.gov.co/Noticias/paginas/noticia842.aspx>
- Parra, A., Forero, A. (2021). *Diseño experimental para análisis de la incidencia de campos magnetostáticos en el crecimiento de cilantro en pre y post siembra* [tesis de grado. Universidad de la Salle]. Repositorio Unisalle. <https://hdl.handle.net/20.500.14625/34336>

Pérez, A; Galvis, A; Bugarin, R; Hernández, T; Vázquez, M; Rodríguez, A. (2017). Capacidad de intercambio catiónico: descripción del método de la tiourea de plata. *Revista mexicana, ciencias agrícolas*, Vol. 8. 8(1), 171–177. <https://doi.org/10.29312/remexca.v8i1.80>

Saucedo, L; Bosques, L. (2019). *Manual de contenido del participante. Electricidad Básica*. Universidad nacional de la plata. - Ternium.

[https://www.trabajosocial.unlp.edu.ar/uploads/docs/electricidad\\_basica\\_ii.pdf](https://www.trabajosocial.unlp.edu.ar/uploads/docs/electricidad_basica_ii.pdf)

Sellanes, L. (2023). *Manual Práctico de Electro cultivos: Una guía útil para obtener la soberanía alimentaria*. <https://es.scribd.com/document/749007822/Manual-Electrocultivos-libro-15-6-x-23-1>