



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE CIENCIAS

AGROPECUARIAS



CARRERA DE AGRONOMÍA

**Evaluación de la electrocultura en la producción de tomate riñón
(*Solanum lycopersicum*) de la variedad Pietro.**

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

AUTOR:

Bryan Ricardo Quiña Telenchana

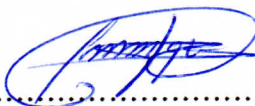
TUTOR:

Ing. Giovanni Patricio Velasteguí Espín

CEVALLOS 2024

**Evaluación de la electrocultura en la producción de tomate riñón
(*Solanum lycopersicum*) de la variedad Pietro.**

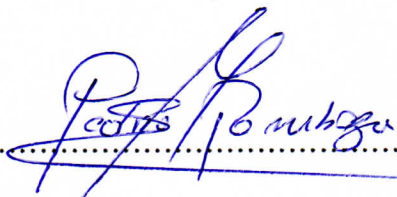
REVISADO POR Y APROBADO POR:



Ing. Giovanni Patricio Velasteguí Espín
TUTOR

APROBADO POR LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL DE GRADO:

Fecha


Ing. Pomboza Tamaquiza Pedro Pablo. PhD

12-02-2025

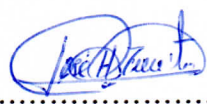
**PRESIDENTE DE TRIBUNAL DE
CALIFICACIÓN**



Ing. Mg Santana Mayorga Rita Cumandá

12-02-2025

**MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE
CALIFICACIÓN**



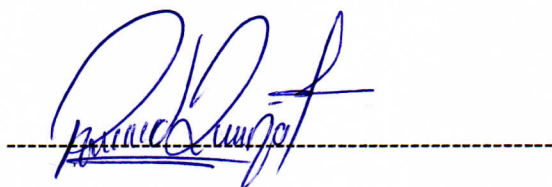
Ing. Mg Zurita Vásquez José Hernán

**MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE
CALIFICACIÓN**

12-02-2025

AUTORIA DE LA INVESTIGACIÓN

El suscrito, **BRYAN RICARDO QUIÑA TELENCHANA**, portador de cédula de ciudadanía número: **1805156187**, libre y voluntariamente declaro que el Informe Final del Proyecto de investigación titulado: **“Evaluación de la electrocultura en la producción de tomate riñón (*Solanum lycopersicum*) de la variedad Pietro”** es original, auténtico y personal. En tal virtud, declaro que el contenido es de mi sola responsabilidad legal y académica, excepto donde se indican las fuentes de información consultadas.



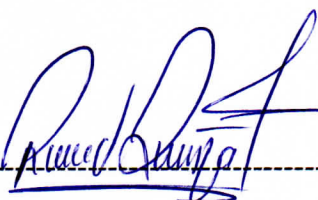
BRYAN RICARDO QUIÑA TELENCHANA

DERECHO DE AUTOR

Al presentar este Informe Final del Proyecto de Investigación titulado **“Evaluación de la electrocultura en la producción de tomate riñón (*Solanum lycopersicum*) de la variedad Pietro”** como uno de los requisitos previos para la obtención del título de grado de Ingeniero Agrónomo, en la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Ambato, autorizo a la Biblioteca de la Facultad, para que este documento esté disponible para su lectura, según las normas de la Universidad.

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

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



BRYAN RICARDO QUIÑA TELENCHANA

DEDICATORIA

Con gratitud y cariño dedico este proyecto a mis padres Carlos y Georgina, quienes me han enseñado el valor del esfuerzo y la perseverancia, por sus consejos y ejemplo que me han motivado a perseguir mis sueños. Les debo todo lo que soy, en recompensa a eso hoy les cumplo un sueño como un homenaje a sus sacrificios silenciosos que han hecho por mí.

A mis hermanos, por ser mi compañía por su apoyo incondicional y sus palabras de aliento me han impulsado a lograr esta meta.

Por ultimo a mis abuelos por dejar su legado y el amor por el campo, sus enseñanzas y el arduo trabajo en la agricultura.

AGRADECIMIENTO

A Dios y la Virgen de Guadalupe, por darme la sabiduría necesaria y protegerme durante esta etapa estudiantil permitiéndome cumplir este objetivo.

Mi más sincero agradecimiento a cada una de las autoridades y personal administrativo de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Ambato, de manera especial al Ing. Giovanny Velasteguí mi tutor de tesis, Ing. Hernán Zurita y estimada Ing. Rita Santana, gracias a ustedes por su amistad y conocimientos impartidos durante el desarrollo del proyecto final de investigación.

Agradecido con cada uno de los ingenieros docentes por su orientación en cada una de las materias por los consejos que han sido fundamentales para no detenerme en este largo trayecto universitario.

ÍNDICE GENERAL

CAPÍTULO I.....	12
INTRODUCCIÓN	12
MARCO TEÓRICO.....	13
1.1 Antecedentes Investigativos	14
1.2 Categorías fundamentales.....	16
1.2.1 Electrocultura	16
1.2.2 Antenas	17
1.2.3 Fructificación	17
1.2.4 Nutrición	17
Objetivos.....	18
Objetivo general:	18
Objetivos específicos:	18
CAPÍTULO II.....	19
METODOLOGÍA.....	19
2.1 Ubicación del estudio	19
2.2 Caracterización del lugar	19
2.2.1 Clima	19
2.2.2 Cultivos	20
2.2.3 Suelo	20
2.3 Equipos y materiales	20
2.3.1 Equipos	20
2.3.2 Materiales	20
2.3.3 Material de oficinas	20
2.4 Factores de Estudio	21

Factor 1.....	21
Factor 2.....	21
2.5 Manejo del experimento.....	21
2.5.1 Colocación de abono orgánico y químico.....	21
2.5.2 Preparación de las camas.....	21
2.5.3 Instalación del sistema de goteo.....	22
2.5.4 Desinfección de las camas y toda el área de siembra.....	22
2.5.5 Trasplante de la variedad Pietro.....	22
2.5.6 Colocación de las antenas.....	22
2.6 Variables respuestas.....	22
2.6.1 Numero de frutos.....	22
2.6.2 Altura de planta.....	22
2.6.3 Diámetro en 5 frutos.....	22
2.6.4 Peso del fruto.....	23
2.6.5 Dureza del fruto.....	23
2.6.6 Diseño experimental.....	23
2.6.7 Unidad experimental.....	23
2.6.8 Esquema del diseño o unidad experimental.....	23
CAPÍTULO III.....	24
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	24
3.1 Análisis y discusión de resultados.....	24
CAPITULO IV.....	28
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	28
4.1 CONCLUSIONES.....	28
4.2 RECOMENDACIONES.....	28

BIBLIOGRAFIA	30
ANEXOS	32
ANEXO DE FOTOGRAFÍAS.....	35

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Prueba de Tukey al 5 % para la variable diámetro polar del fruto	21
Tabla 2. Prueba de Tukey al 5 % para la variable de diámetro ecuatorial del fruto.	22
Tabla 3. Prueba de Tukey al 5 % para la variable de peso del fruto.....	22
Tabla 4. Prueba de Tukey al 5 % para la variable de dureza del fruto	28

RESÚMEN

La presente investigación fue realizada en la parroquia Izamba del cantón Ambato, provincia de Tungurahua, con el propósito de aplicar la electrocultura y observar su impacto en el crecimiento y el rendimiento de las plantas de tomate riñón (*Solanum lycopersicum*) utilizando antenas de alambre galvanizado número 12. Se realizó un diseño de bloques completos al azar con cuatro tratamientos y un testigo sin antena. Mediante la aplicación de campos eléctricos débiles a las plantas, el objetivo fue mejorar la calidad del cultivo y reducir la necesidad de insumos químicos. Las plantas expuestas a la antena **H2A1** con un diámetro de 10 cm y una altura de 20 cm, en el estudio se descubrió que la configuración específica de las antenas eléctricas influyó significativamente en el tamaño y el peso de los tomates exhibiendo unos frutos más grandes con un diámetro polar de 6,31 cm y diámetro ecuatorial de 7,91 cm con un peso promedio de 225,10 gr. Estos hallazgos sugieren que el electrocultivo tiene el potencial de mejorar la producción de tomates y contribuir a prácticas agrícolas más sostenibles. Si bien el estudio no encontró efectos significativos en la altura de la planta o el número de frutos, los resultados positivos con respecto al tamaño y el peso de los frutos justifican una mayor investigación sobre los mecanismos subyacentes y la aplicación óptima del electrocultivo en el cultivo de tomates.

Palabras claves: tomate riñón, electrocultura, antenas, alambre galvanizado, altura, peso, dureza, diámetro, ecuatorial, polar.

ABSTRACT

The present research was carried out in the Izamba parish of the Ambato canton, province of Tungurahua, with the purpose of applying electroculture and observing its impact on the growth and yield of kidney tomato (*Solanum lycopersicum*) plants using galvanized wire antennas number 12. A randomized complete block design with four treatments and a control without antenna was used. By applying weak electric fields to the plants, the objective was to improve crop quality and reduce the need for chemical inputs. Plants exposed to the H2A1 antenna with a diameter of 10 cm and a height of 20 cm, the study found that the specific configuration of the electrical antennae significantly influenced the size and weight of tomatoes exhibiting larger fruits with a polar diameter of 6.31 cm and equatorial diameter of 7.91 cm with an average weight of 225.10 gr. These findings suggest that electrocultivation has the potential to improve tomato production and contribute to more sustainable farming practices. While the study found no significant effects on plant height or fruit number, the positive results with respect to fruit size and weight warrant further investigation into the underlying mechanisms and optimal application of electroculture in tomato cultivation.

Key words: kidney tomato, electroculture, antennae, galvanized wire, height, weight, hardness, diameter, equatorial, polar.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

La electrocultura es una técnica agrícola que utiliza campos eléctricos débiles para mejorar el crecimiento y la producción de las plantas. Aunque todavía se encuentra en sus primeras etapas de investigación y desarrollo, la electrocultura ha demostrado tener potencial para aumentar los rendimientos, mejorar la calidad de los cultivos y reducir el uso de pesticidas y fertilizantes **(Dannehl, 2018)**.

El cultivo del tomate riñón, una variedad popular en Ecuador, enfrenta diversos desafíos que afectan la producción, la calidad y el impacto ambiental, surge como una alternativa prometedora para abordar estos desafíos. El tomate riñón es susceptible a diversas enfermedades fúngicas y bacterianas, así como a plagas, que pueden ocasionar pérdidas significativas en la producción, promoviendo un cultivo más saludable y resistente. **(Gomez, 2021)**.

Diversos estudios han demostrado que la electrocultura puede estimular el crecimiento vegetativo y aumentar el rendimiento de diferentes cultivos. En el caso del tomate riñón, esto se traduciría en una mayor calidad de frutos, como también puede ayudar a las plantas a ser más resistentes a condiciones adversas, como sequías o temperaturas extremas, factores que están siendo exacerbados por el cambio climático. Por otro lado, reduce la necesidad de fertilizantes y pesticidas químicos, promoviendo una agricultura más sostenible y ecológica con poca aplicación de agroquímicos significan menos residuos tóxicos en los alimentos, lo que contribuye a una mayor seguridad alimentaria y a productos más saludables para los consumidores. **(Lee, 2020)**.

La electrocultura representa una prometedora alternativa para una agricultura más sostenible. Basada en el principio de aprovechar la energía electromagnética natural, esta práctica busca optimizar el crecimiento de las plantas y mejorar la calidad de los cultivos. Mediante el uso de antenas elaboradas de cobre en el mayor de los casos como también puede ser de alambre galvanizado y otros dispositivos, la electrocultura estimula el desarrollo radicular, aumentando la absorción de nutrientes y fortaleciendo las defensas naturales de

las plantas. Al instalar las antenas en el suelo de mayor preferencia cerca de la raíz, se crea un entorno energético que favorece el crecimiento vegetal. Aunque los mecanismos precisos aún están siendo investigados, se cree que estas antenas actúan como conductores, transmitiendo energía a las plantas y estimulando sus procesos metabólicos. La electrocultura representa una innovación en el campo de la agricultura, proponiendo un enfoque más holístico y sostenible. Mientras que la agricultura industrial se basa en la aplicación externa de insumos químicos, la electrocultura busca potenciar los procesos naturales de las plantas mediante la estimulación de su energía interna **(Medina, 2022)**.

Esta técnica es adaptable que puede aplicarse a una gran variedad de cultivos, desde hortalizas hasta ornamentales, y en diversos entornos agrícolas, desde pequeños huertos hasta grandes extensiones de tierra. La electrocultura no está limitada a un tipo de suelo en particular. Puede aplicarse en suelos arcillosos, arenosos o con baja fertilidad. De hecho, en suelos degradados, la electrocultura puede ayudar a restaurar su vitalidad **(Medina, 2022)**.

MARCO TEÓRICO

Llevar a cabo esta investigación y dilucidar los mecanismos detrás de los efectos de las perturbaciones eléctricas en las plantas es difícil porque no siempre se da el caso de que un tipo de estímulo produzca la misma respuesta en cualquier planta. Los métodos de aplicación utilizados en la mayoría de los estudios basados en perturbaciones eléctricas son diferentes, por ejemplo, en su germinación, plántulas y estados maduros de desarrollo, sistemas de aplicación con interferencia eléctrica, con el mismo tipo de estimulación, intensidad, equipo de aplicación y crecimiento; las condiciones del suelo pueden variar en su resultado. Sin embargo, con el tiempo, han propuesto diferentes hipótesis, por ejemplo, en algunos estudios, cuando se aplicó un campo eléctrico externo de baja intensidad a semillas en el ambiente del suelo circundante, reportaron una mejora en la germinación y el desarrollo, argumentando que este comportamiento puede ser asociado con mejores condiciones alrededor de las semillas. Migración de bacterias y hongos, cambios de pH y electroósmosis **(Sukhov, 2019)**.

El tomate, (*Solanum lycopersicum*) es una planta dicotiledónea, herbácea y perenne que pertenece a la familia botánica Solanaceae. La planta presenta una raíz principal pivotante que crece unos 3 cm al día hasta que alcanza los 60 cm de profundidad, simultáneamente se producen raíces adventicias y ramificaciones que pueden llegar a formar una masa densa y de cierto volumen. El tallo es erguido y cilíndrico en planta joven, el cual puede llegar a medir de 0,40- 2,50 m, y a medida que ésta crece, el tallo cae y se vuelve anguloso. Presenta gran cantidad de tricomas en la mayor parte de sus órganos y glándulas que segregan una sustancia color verde aromática. Muestra ramificación abundante y yemas axilares, y si al final del crecimiento todas las ramificaciones exhiben yemas reproductivas, éstas se clasifican como de crecimiento determinado; y si terminan con yemas vegetativas, son clasificadas como de crecimiento indeterminado. Las hojas son cortas, de tamaño medio o largo, son compuestas y se insertan sobre los diversos nudos en forma alterna. El limbo se encuentra fraccionado en siete, nueve y hasta once foliolos, en tanto que el haz es de color verde y el envés de color grisáceo; su tamaño depende de las características genéticas de la variedad **(Siqueira, 2024)**.

El fruto es una baya carnosa formada por lóculos, en donde el mesocarpio y endocarpio que viene a ser la parte carnosa del fruto. La superficie de la fruta es lisa o lobulada y brillante al madurar, mientras que su forma usualmente es globosa o deprimida en uno de los extremos. Sin embargo, existen las de forma casi cuadrada, alargada, ovalada y en forma de pera o piriforme, así como variantes de las formas antes mencionadas. El color rojo brillante que presenta este fruto es debido al pigmento licopeno, mientras que el color amarillo presente en madurez fisiológica, suele deberse a otros pigmentos **(Lado, 2015)**.

1.1 Antecedentes Investigativos

Los estudios sobre los efectos de los campos eléctricos en las plantas se remontan a lo largo de los siglos, fueron los primeros en realizar grandes experimentos. Karl Lemström es profesor de física en la Universidad de Helsinki. Lemstrom visita la región ártica y descubre que algunos árboles están creciendo más en varias regiones climáticas. Lemstrom realizó una serie de experimentos en el laboratorio para demostrar el efecto de los campos eléctricos. Desde entonces, la técnica de su utilización se denomina "electrocultivo". Los

campos eléctricos mejoran la germinación de las semillas y la eficiencia del crecimiento de la planta. Desde la primera práctica, ha aumentado la investigación sobre los efectos de la electrocultura en diversas especies de plantas, aunque los primeros estudios que utilizaron la tecnología para mejorar la germinación y el rendimiento arrojaron resultados inestables. Además, la electrocultura también se utiliza para salvar especies en peligro de extinción.

La electrocultura se estudia en dos variantes: tratamiento de alta intensidad y corto tiempo, tratamiento de baja intensidad y tratamiento de larga duración. Varios estudios han demostrado que las plantas responden de manera diferente a la estimulación eléctrica según la naturaleza y la intensidad de la perturbación. Se ha demostrado que la aplicación de campos magnéticos y eléctricos aumenta la tasa de germinación y mejora el desarrollo vegetativo. También se observó un aumento en el rendimiento y una estimulación del metabolismo de las plántulas. **(Dayal, 2024).**

Según **(Bahaduri, 2024)**, con los experimentos realizados para aumentar el crecimiento de las plantas utilizando electricidad surgen a inicios del siglo XVII en Edimburgo en 1746 donde Mambrey instaló su primer ensayo, a partir de este experimento otros autores han hecho contribuciones acerca del tema utilizando distintos tipos de corriente como la corriente alterna, corriente directa e intercambio de polaridad utilizando los dos tipos de corriente en diferentes plantas como maíz, soya, papas y varias otras por mencionar.

Un análisis exhaustivo en la Revista de Ciencia Agrícola explora la aplicación de diversas tecnologías electromagnéticas, incluyendo antenas magnéticas y bobinas de Hafeez, en el cultivo. Los resultados obtenidos respaldan la hipótesis de que estos métodos pueden influir positivamente en los procesos fisiológicos de las plantas, ofreciendo una perspectiva prometedora para la agricultura del futuro **(Hafeez, 2022).**

En un artículo publicado por **(Jahrudin, 2024)** menciona que la electrocultura se posiciona como una tecnología prometedora para la agricultura, aprovechando los campos eléctricos para estimular procesos fisiológicos en las plantas. Estudios científicos respaldan su eficacia en diversos cultivos, demostrando un aumento en el rendimiento y la calidad.

Además, la integración con fuentes de energía renovable, como la solar, la convierte en una opción atractiva para la agricultura sostenible.

En Iowa ilustra el potencial del electrocultivo para aumentar la productividad agrícola de manera sostenible. El agricultor experimentó un incremento del 18% en el rendimiento de maíz, reduciendo al mismo tiempo su dependencia de insumos químicos **(Dahlin, 2019)**.

La agricultura orgánica en California adoptó un enfoque innovador al incorporar métodos de electrocultivo en sus prácticas agrícolas. Los resultados obtenidos fueron notables, con un incremento del 20% en la producción de hortalizas y una mayor vigorosidad de las plantas, lo que sugiere un camino hacia una agricultura más sostenible y productiva **(Baur, 2022)**.

La electrocultura se presenta como una tecnología prometedora, pero su aplicación requiere un enfoque cauteloso. Aunque la mayoría de los estudios han demostrado la seguridad de los campos eléctricos de baja intensidad en las plantas, es fundamental reconocer que una configuración incorrecta puede tener consecuencias negativas. Por lo tanto, es necesario conciliar la innovación con la precaución, asegurando que la implementación de esta tecnología se base en una sólida evidencia científica. A pesar de que algunos estudios han reportado resultados alentadores en cuanto a la eficacia de la electrocultura, la comunidad científica aún no ha alcanzado un consenso sólido al respecto. La variabilidad en los resultados obtenidos hasta la fecha ha generado un debate sobre la legitimidad científica de esta práctica, con algunos investigadores considerándola una promesa y otros, una pseudociencia. Es evidente la necesidad de investigaciones más exhaustivas y rigurosas para dilucidar su verdadero potencial **(Smarandache, 2021)**.

1.2 Categorías fundamentales

1.2.1 Electrocultura

La agricultura sostenible demanda soluciones que permitan aumentar la producción sin comprometer la salud de los ecosistemas. La electrocultura emerge como una alternativa prometedora, ya que ofrece la posibilidad de acelerar el crecimiento vegetal y reducir el uso de pesticidas. Al aplicar campos eléctricos, esta técnica puede fortalecer las defensas naturales de las plantas, haciéndolas más resistentes a plagas y enfermedades. Sin embargo, se requieren más investigaciones para comprender a fondo los mecanismos biológicos involucrados y optimizar su aplicación en diferentes cultivos (**Gardones, 2022**).

1.2.2 Antenas

Las antenas de alambre galvanizado que se utiliza en la electrocultura son dispositivos simples, que se colocan en el suelo o cerca de las plantas. La idea detrás de ellas es aprovechar la energía electromagnética natural de la Tierra y del cosmos para estimular el crecimiento de las plantas. Las antenas actúan como receptores, capturando la energía electromagnética del entorno y transmitiéndola al suelo y a las plantas. Se dice que las antenas ayudan a equilibrar la energía eléctrica en las plantas, lo que puede mejorar su salud y vigor. Al proporcionar una fuente de energía adicional, las antenas pueden estimular el crecimiento de las raíces, aumentar la absorción de nutrientes y mejorar la resistencia a enfermedades (**Morales, 2021**).

1.2.3 Fructificación

Las condiciones óptimas para su correcta fecundación y amarre del fruto se establecen entre los 14 °C y 18 °C durante la noche y de 23 °C a 26 °C durante el día. Durante la etapa de llenado del fruto, las altas temperaturas provocan la disminución del tamaño de frutos cuajados, ya que tiene un retraso en la fotosíntesis, la respiración se acelera y las células se quedan con un tamaño pequeño (**Nah, 2023**).

1.2.4 Nutrición

La planta de tomate y todas las plantas son el conjunto de organismos más perfectos principalmente porque son capaces de transformar compuestos inorgánicos en compuestos orgánicos como resultado de la fotosíntesis. Estos carbohidratos son utilizados para el desarrollo de la misma planta y la producción de sus órganos (follaje, hojas, flor, frutos).

Tallos y raíz). Muchos de los elementos minerales que necesita la planta para su efecto en los procesos fisiológicos son aquellos que en forma natural se encuentran en el suelo; en algunos casos muchos de estos se encuentran en cantidades inferiores a las que la planta requiere o en otros casos los factores del suelo no permiten que sean absorbidos por la planta (Zhang, 2024).

Los elementos esenciales son los siguientes:

- a) Elementos no minerales, estos no son constituyentes del suelo, a pesar que se los puede encontrar en el medio:
Carbono (C), Hidrogeno (H) y Oxigeno (O)
- b) Elementos minerales; se les considera así porque son constituyentes del suelo:
Macro elementos: Nitrógeno (N), Fosforo (P), Potasio (K), Calcio (C), Magnesio (Mg) y Azufre (S)
Micro elementos: Manganeseo (Mn), Fierro (Fe), Cobre (Cu), Zinc (Zn), Cloro (Cl), Boro (B) y Molibdeno (Mo)

Objetivos

Objetivo general:

- Evaluar el efecto de la electrocultura en el crecimiento y la producción del tomate riñón.

Objetivos específicos:

- Determinar si la electrocultura puede mejorar la calidad del tomate riñón.
- Analizar si la electrocultura puede reducir el uso de pesticidas y fertilizantes en el cultivo del tomate riñón.

CAPÍTULO II

METODOLOGÍA

2.1 Ubicación del estudio

La presente investigación se realizó en la provincia de Tungurahua, Cantón Ambato, sector de Izamba dentro de un invernadero en un área de 10 metros de largo por 3 metros de ancho.

Mapa Izamba	Lugar de ensayo (invernadero)
	

Límites: Parroquias: Unamuncho, río Ambato, Atahualpa y el río Culapachán

Distancia: Por la Panamericana Norte a 5 Km de la ciudad de Ambato

Superficie: 27,2 Km

Altura promedio: 2500 msnm.

Temperatura Promedia: 12°C

(Gad Izamba, 2024).

2.2 Caracterización del lugar

2.2.1 Clima

El clima del sector de Izamba es templado en ciertos meses del año de agosto hasta diciembre presenta vientos. La temperatura promedio del sector de Izamba es de 12 °C

2.2.2 Cultivos

Los principales cultivos que se produce en el sector son las hortalizas como: lechugas, coles, brócoli, coliflor, remolacha entre otras más.

2.2.3 Suelo

El tipo de suelo que se tiene en el cultivo es Franco Limoso con un Ph de 7.3

2.3 Equipos y materiales

2.3.1 Equipos

- Balanza analítica
- Calibrador pie de rey
- Flexómetro

2.3.2 Materiales

- Alambre galvanizado número 12
- Invernadero
- Plantas de tomate
- Fertilizantes

2.3.3 Material de oficinas

- Cuadernos
- Esferos
- Reglas
- Calculadora
- Computadora

2.4 Factores de Estudio

- **Diámetro de antena**

5 cm H1

10 cm H2

- **Altura de antena**

0,20 cm A1

0,30 cm A2

2.5 Manejo del experimento

2.5.1 Colocación de abono orgánico y químico

Para cubrir toda el área con abono orgánico del terreno donde se instaló el ensayo se utilizó 225 kg de abono de la marca Fertiplus.

2.5.2 Preparación de las camas

Con un tractor utilizando el rotavator se procedió a elaborar las diferentes camas, para este ensayo se construyeron 15 camas de 25 m de largo y 60 cm de ancho.

2.5.3 Instalación del sistema de goteo

Se colocó dos cintas de goteo por cada cama. Los goteros tienen una distancia de 30 cm y cada cinta está ubicada a 10 cm del tallo de la planta.

2.5.4 Desinfección de las camas y toda el área de siembra

Para desinfectar se aplicó dos fungicidas: Terraclor como protectante para ciertas enfermedades presentes en el suelo más sulfato de cobre para prevenir y controlar la propagación de hongos. Adicional a esto se le incorporo un insecticida a base clorpirifos.

2.5.5 Trasplante de la variedad Pietro

La planta de variedad Pietro en su punto de trasplante a los 30 días, se las sembró a una distancia de 30 cm.

2.5.6 Colocación de las antenas

Se utilizó alambre galvanizado número 12, se realizó diferentes antenas con diámetro y alturas distintas. Después del trasplante se colocó junto a cada planta.

2.6 Variables respuestas

2.6.1 Altura de planta

Cada 30 días se tomó la altura de 5 plantas desde el cuello hasta el ápice, con la ayuda de un flexómetro.

2.6.2 Numero de frutos

A los 60 días se contabilizó el número de frutos cuajados en tres de los racimos de cinco plantas seleccionados para determinar la eficiencia de la técnica aplicada.

2.6.3 Diámetro en 5 frutos

Para determinar el diámetro seleccionamos cinco frutos al azar, con la ayuda del calibrador pie de rey medimos el diámetro polar y diámetro ecuatorial en el momento de la cosecha de tres racimos.

2.6.4 Peso del fruto

Sobre una superficie plana colocamos una balanza analítica y se pesó los frutos cosechados de los tres racimos.

2.6.5 Dureza del fruto

Para determinar la dureza en el tomate utilizamos el penetrómetro presionando suavemente contra el fruto hasta que la sonda penetre en la pulpa de cinco frutos tomados al azar de cada tratamiento.

2.6.6 Diseño experimental

Se utilizó un análisis de varianza (ADEVA) y la prueba de TUKEY al 5 %

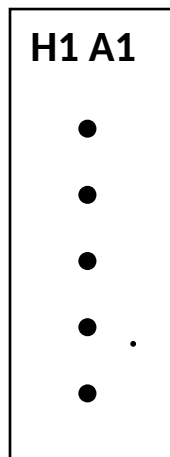
2.6.7 Unidad experimental

La unidad experimental que se realizó tiene las siguientes características:

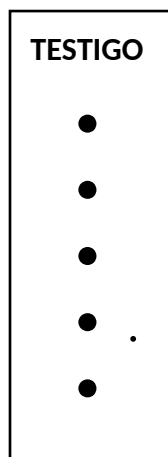
Ancho total	3,00 m
Largo total	10,00 m
Distancia de camas	10,00 m
Ancho de camas	0,60 cm
Ancho de caminos	0,40 cm
Número de plantas	105
Número de plantas por tratamiento	5
Distancia entre planta	0,30 cm

2.6.8 Esquema del diseño o unidad experimental

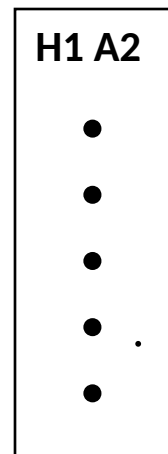
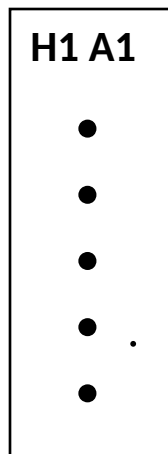
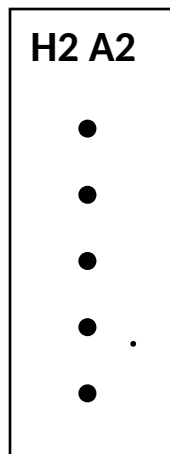
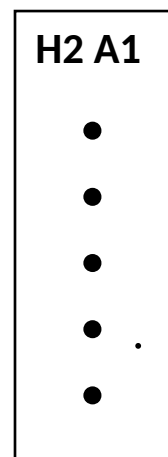
REPETICIÓN 1



REPETICIÓN 2



REPETICIÓN 3



H1 A2

•

•

•

•

•

H2 A1

•

•

•

•

•

H1 A1

•

•

•

•

•

H2 A1

•

•

•

•

•

H2 A2

•

•

•

•

•

TESTIGO

•

•

•

•

•

TESTIGO

•

•

•

•

•

H1 A2

•

•

•

•

•

H2 A2

•

•

•

•

•

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Análisis y discusión de resultados

3.1.1 Diámetro polar del fruto

La prueba de Tukey al 5 % (**Tabla 1**) para la variable de diámetro polar del fruto determino que existe diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos y el testigo, destacándose el tratamiento **H2A1** que se ubica en el rango A con un diámetro promedio de 6,31cm. Esta antena con un diámetro de 10 cm (Alambre galvanizado número 12), y altura de 20 cm. El testigo se ubica en el segundo lugar de la prueba (Rango B) sin antena, con un promedio de 5,11 cm de diámetro.

Tabla 1 Prueba de Tukey al 5 % para la variable diámetro polar del fruto

<u>TRATAMIENTOS</u>	<u>Medias</u>	<u>Rango</u>
H2A1	6 , 31	A
H1A1	5 , 65	B
H1A2	5 , 48	B
H2A2	5 , 28	B
TESTIGO	5 , 11	B

Estos resultados muestran que la Electrocultura si influye de una manera positiva en el desarrollo de la planta por lo cual el fruto se ha mostrado con un diámetro mayor a los frutos del testigo que no se aplicaron electrocultura dando valores no significativos ni mejoras en la planta, esto concuerda con **Jahrudin (2024)** quien manifiesta que los sistemas de electrocultivo aceleran eficazmente el crecimiento y desarrollo de las plantas, minimizando las plagas de insectos y virus, con diversas aplicaciones que incluyen sistemas de antenas, corriente continua, corriente alterna, semillas electrogenéticas y electrólisis.

3.1.2 Diámetro ecuatorial del fruto

La prueba de Tukey al 5 % (**Tabla 2**) para la variable de diámetro ecuatorial del fruto determino que existe tres rangos de significación estadística, destacándose el tratamiento H2 A1 (Diámetro de antena 10 cm y altura de 20 cm) que se ubica en el rango A, con un diámetro ecuatorial del fruto de 7,91 cm. El tratamiento H1A1 (Diámetro de la antena 5 cm – altura 20 cm) se encuentra en el rango B conjuntamente con el tratamiento H1A2 (Antena con diámetro 5 cm – altura 30 cm) con promedios de 6,73 y 6,69 respectivamente. El testigo se ubica en último lugar de la prueba (Rango C) con un valor promedio de 6,08 cm de diámetro ecuatorial.

Tabla 2. Prueba de Tukey al 5 % para la variable de diámetro ecuatorial del fruto.

TRATAMIENTOS	Medias	Rango
H2A1	7 , 91	A
H1A1	6 , 73	B
H1A2	6 , 69	B
H2A2	6 , 42	B C
TESTIGO	6 , 08	C

Una vez realizado la aplicación de la electrocultura efectivamente se puede observar los resultados donde el diámetro ecuatorial es de mayor tamaño a los testigos, así también lo menciona **Farooq (2014)** la estimulación con pulsos eléctricos mejora significativamente la producción de cuerpos fructíferos de *Sparassis crispa* en diversas condiciones de crecimiento y con diferentes fuentes de carbono y nitrógeno.

3.1.3 Peso del fruto

La prueba de Tukey al 5 % (Tabla 3), para la variable de peso del fruto determino que existe tres rangos de significación estadística, destacándose el tratamiento H2 A1 que se

ubica en el rango A. Con una antena (Alambre galvanizado número 12), con un diámetro de 10 cm y altura de 20 cm con un peso promedio de 225,10 gr. En el rango B con un peso promedio de 155,09 gr se encuentra el tratamiento H1A1 con un diámetro 5 cm y altura 20 cm, H1A2 con un diámetro 5 cm y altura 30 cm con un peso de 142,69 gr, H2A2 antena con un diámetro 10 cm y altura 30 cm con un peso del tomate de 129,26 gr. El testigo con un peso del tomate de 107,24 gr se ubica en el tercer lugar de la prueba (Rango C) sin antena.

Tabla 3. Prueba de Tukey al 5 % para la variable de peso del fruto.

TRATAMIENTOS	Medias	Rango
H2A1	225 , 10	A
H1A1	155 , 09	B
H1A2	142 , 69	B
H2A2	129 , 26	B C
TESTIGO	107 , 24	C

El peso promedio de un tomate normalmente varía dependiendo de varios factores, la variedad del tomate es un factor principal. Los tomates cosechados en su punto óptimo de madurez suelen ser más pesados que los cosechados antes o después, como otro factor es el cuidado en las fertilizaciones así la electrocultura puede mejorar la absorción de nutrientes por parte de las plantas, lo que a su vez podría favorecer el desarrollo de frutos más grandes y pesados así lo concuerda **Lee (2020)** mencionando que la estimulación eléctrica, particularmente de 50 mA, promueve el crecimiento, la absorción de minerales y la acumulación de antioxidantes en las plantas de col rizada, mejorando potencialmente el rendimiento y la calidad de los cultivos.

3.1.4 Dureza del fruto

La prueba de Tukey al 5 % (**Tabla 4**) para la variable de dureza del fruto determino que existe un solo rango de significación estadística entre los tratamientos y el testigo, todos

los tratamientos conjuntamente con el testigo se ubican en el rango A destacándose los tratamientos H2A2 y H2A1 con un promedio similar de 8,99 kg/cm² a continuación el testigo con un valor de 8,51 kg/cm², el tratamiento H1A1 con promedio de 7,57 kg/cm² y por ultimo dentro del mismo rango el tratamiento H1A2 con un valor de 7,31 kg/cm².

Tabla 4. Prueba de Tukey al 5 % para la variable de dureza del fruto.

TRATAMIENTOS	Medias	Rango
H2A2	8,99	A
H2A1	8,99	A
TESTIGO	8,51	A
H1A1	7,57	A
H1A2	7,31	A

Una vez realizado el análisis de varianza se puede verificar que no presenta significación estadística con un CV de 18,98 para la variable de la dureza del tomate (**Anexo 7**) determino que existe significación estadística para el testigo **p valor 0,5796** versus el resto. No es representativa porque no hay una influencia de las antenas en el cultivo de tomate ya que las características que presenta son de la variedad misma.

CAPITULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 CONCLUSIONES

Como conclusiones del proyecto de investigación tenemos las siguientes

- El tratamiento **H2A1** con una antena de diámetro de 10 cm y altura de 20 cm de alambre galvanizado número 12, se concluye que la planta es capaz de promover su producción de hormonas influyendo en la distribución de las mismas obteniendo de esta manera mejores resultados en el diámetro ecuatorial por ende en el peso del fruto que la antena ayudo a la electroestimulación mejorando la absorción de nutrientes.
- Con respecto a las demás variables respuestas de altura de la planta y número de frutos cuajados tenemos por conclusión que no obtuvo un efecto positivo, ya que la electrocultura no modifica la genética de la planta.
- Para la reducción de plagas y enfermedades la estimulación eléctrica puede fortalecer las defensas naturales de la planta haciéndoles así más resistentes a los distintos ataques por insectos y hongos.

4.2 RECOMENDACIONES

- Para obtener buenos resultados se recomienda utilizar alambre galvanizado número 12, formando una antena con un diámetro de 10 cm y altura de 20 cm, la misma que promueve a la planta una mejor absorción de nutrientes y desarrollo del fruto.
- Se recomienda utilizar las antenas H2A1 colocándolas lo más cerca de las raíces, para maximizar su efecto desarrollando las mismas para absorber los nutrientes disponibles en el suelo.

- Para obtener un diámetro ecuatorial de 7,91 cm mediante la electrocultura se recomienda utilizar la antena H2A1 que tiene un diámetro de 10 cm y altura de 20 cm, que ayudo al fruto alcanzar un diámetro efectivo para su comercialización.

BIBLIOGRAFIA

Bhavani, L., y Dayal, A. (2024). Efecto de los tratamientos magnéticos y eléctricos en el crecimiento, el rendimiento y los parámetros de las plántulas de garbanzo (*Cicer arietinum* L.). *Environment Conservation Journal* . <https://doi.org/10.36953/ecj.26892788>.

Bhaduri, A., y Ha, T. (2024). Nanogeneradores triboeléctricos derivados de residuos biológicos para la bioelectrónica emergente. *Ciencia avanzada* , e2405666. <https://doi.org/10.1002/advs.202405666>.

Carlisle, L., Esquivel, K., Baur, P., Ichikawa, N., Olimpi, E., Ory, J., Waterhouse, H., Iles, A., Karp, D., Kremen, C., & Bowles, T. (2022). Los agricultores orgánicos enfrentan barreras persistentes para adoptar prácticas de diversificación en la Costa Central de California. *Agroecología y sistemas alimentarios sostenibles* , 46, 1145 - 1172. <https://doi.org/10.1080/21683565.2022.2104420>.

Christianto, V., y Smarandache, F. (2021). Una revisión sobre electrocultivo, magnetocultivo y lásercultivo para estimular el crecimiento de las plantas. *Boletín de Ciencias Puras y Aplicadas - Botánica* . <https://doi.org/10.5958/2320-3196.2021.00006.9>.

Dahlin, A., y Rusinamhodzi, L. (2019). Rendimiento y relaciones laborales de las opciones de intensificación sostenible para pequeños agricultores en el África subsahariana. Un metaanálisis. *Agronomía para el Desarrollo Sostenible* , 39, 1-18. <https://doi.org/10.1007/s13593-019-0575-1>.

Dannehl, D. (2018). Efectos de la electricidad en las respuestas de las plantas. *Scientia Horticulturae* , 234, 382-392. <https://doi.org/10.1016/J.SCIENTA.2018.02.007>

Farooq, M., y Chioza, S. (2014). Desarrollo vegetativo de *Sparassis crispa* en diversas condiciones de crecimiento y efecto de la simulación de pulsos eléctricos en la producción de su cuerpo fructífero. *Ai Magazine*, 4, 267-274. <https://doi.org/10.4236/AIM.2014.45033>.

Gómez, M., Alarcón, D., & Santos, D. (2021). Caracterización estática del comportamiento agroeconómico del tomate riñón producido en invernadero., 3, 379-391. <https://doi.org/10.33262/AP.V3I3.1.104>.

Jahrudin, A. y Kumala, S. (2024). Estudio de la literatura sobre sistemas de electrocultivo para acelerar el crecimiento y desarrollo de las plantas. *Revista de investigación de física de Indonesia*. <https://doi.org/10.33019/jrfi.v4i2.5338>.

Lee, S., y Oh, M. (2020). La estimulación eléctrica promueve el crecimiento, la absorción de minerales y la acumulación de antioxidantes en la col rizada (*Brassica oleracea* var. *acephala*). *Bioelectrochemistry*, 138, 107727. <https://doi.org/10.1016/j.bioelechem.2020.107727>.

Morales, C., Solís, S., Bacame-Valenzuela, F., Reyes-Vidal, Y., Cárdenas, J., Manríquez, J., & Bustos, E. (2021). Estimulación eléctrica de *Cucumis sativus* en un Antrosol utilizando electrodos modificados con óxidos de metales de transición a nivel piloto in situ. *Journal of Electroanalytical Chemistry*. <https://doi.org/10.1016/j.jelechem>.

Medina, O. (2022). Análisis del crecimiento basado en IoT de cebolla roja en un entorno hidropónico controlado utilizando electrocultivo. *TENCON 2022 - 2022 IEEE Region 10 Conference (TENCON)*, 1-6. <https://doi.org/10.1109/TENCON55691>

Sukhov, V., Sukhova, E., y Vodeneev, V. (2019). Señales eléctricas de larga distancia como vínculo entre la acción local de los factores estresantes y las respuestas fisiológicas sistémicas en plantas superiores. *Avances en biofísica y biología molecular*. <https://doi.org/10.1016/j.pbiomolbio.2018.11.009>.

ANEXOS

ANEXO 1

Análisis de varianza para la variable altura de la planta a los 30 días.

Variable	N	R ²	R ²	Aj	CV
ALTURA 30 DIAS	15	0,12	0,00	2,41	

F.V.	SC	gl	CM	F
BLOQUES	1,3E-05	2	6,7E-06	0,07
TRATAMIENTOS	9,3E-05	4	2,3E-05	0,24
DIAMETRO ANTENA	8,3E-06	1	8,3E-06	0,08
ALTURA ANTENA	8,3E-06	1	8,3E-06	0,08
DIAMETRO ANTENA*ALTURA ANT	7,5E-05	1	7,5E-05	0,75
TVSRESTO	1,7E-06	1	1,7E-06	0,02
Error	7,9E-04	8	9,8E-05	
Total	8,9E-04	14		

Anexo 2

Análisis de varianza para la variable altura de la planta a los 60 días.

Variable	N	R ²	R ²	Aj	CV
ALTURA 60 DIAS	12	0,08	0,00	9,01	

F.V.	SC	gl	CM	F
BLOQUES	0,01	2	3,0E-03	0,27
TRATAMIENTOS	0,01	4	2,1E-03	0,19
DIAMETRO ANTENA	5,3E-04	1	5,3E-04	0,06
ALTURA ANTENA	1,2E-03	1	1,2E-03	0,13
DIAMETRO ANTENA*ALTURA ANT	4,8E-03	1	4,8E-03	0,51
TVSRESTO	1,7E-03	1	1,7E-03	0,15
Error	0,08	8	0,01	
Total	0,08	11		

Anexo 3

Análisis de varianza para la variable número de frutos cuajados.

Variable	N	R ²	R ²	Aj	CV
NUMERO DE FRUTOS	12	0,06	0,00	18,04	

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
BLOQUES	0,49	2	0,24	1,20	
TRATAMIENTOS	1,07	4	0,27	1,32	
DIAMETRO ANTENA	0,04	1	0,04	0,14	
ALTURA ANTENA	0,01	1	0,01	0,02	
DIAMETRO ANTENA*ALTURA ANT..	0,08	1	0,08	0,33	
TVSRESTO	0,94	1	0,94	4,65	
Error	2,03	8	0,25		
Total	2,15	11			

Anexo 4

Análisis de varianza para la variable diámetro polar

Variable	N	R ²	R ²	Aj	CV
DIAMETRO POLAR	15	0,87	0,77	3,98	

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
BLOQUES	0,01	2	0,01	0,14	
TRATAMIENTOS	2,55	4	0,64	12,95	
DIAMETRO ANTENA	0,16	1	0,16	5,39	
ALTURA ANTENA	1,07	1	1,07	36,25	
DIAMETRO ANTENA*ALTURA ANT..	0,55	1	0,55	18,82	
T VS RESTO	0,77	1	0,77	15,58	
Error	0,39	8	0,05		
Total	2,95	14			

Anexo 5

Análisis de varianza para la variable diámetro ecuatorial

Variable	N	R ²	R ²	Aj	CV
DIAMETRO ECUATORIAL	15	0,94	0,90	3,06	

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F
BLOQUES	0,11	2	0,05	1,23
TRATAMIENTOS	5,74	4	1,44	33,44
DIAMETRO ANTENA	0,63	1	0,63	11,92
ALTURA ANTENA	1,78	1	1,78	33,88
DIAMETRO ANTENA*ALTURA ANT..	1,57	1	1,57	29,90
T VS RESTO	1,77	1	1,77	41,18
Error	0,34	8	0,04	
Total	6,19	14		

Anexo 6

Análisis de varianza para la variable de peso

Variable	N	R ²	R ²	Aj	CV
PESO	15	0,97	0,94	6,80	

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F
BLOQUES	94,18	2	47,09	0,44
TRATAMIENTOS	23880,76	4	5970,19	55,96
DIAMETRO ANTENA	0,63	1	0,63	11,92
ALTURA ANTENA	1,78	1	1,78	33,88
DIAMETRO ANTENA*ALTURA ANT..	1,57	1	1,57	29,90
T VS RESTO	7471,71	1	7471,71	70,04
Error	853,46	8	106,68	
Total	24828,40	14		

Anexo 7

Análisis de varianza para dureza del fruto

F.V.	SC	gl	CM	F	
BLOQUES	8,88	2	4,44	1,80	ns
TRATAMIENTOS	7,49	4	1,87	0,76	ns
DIAMETRO ANTENA	7,18	1	7,18	3,63	ns
ALTURA ANTENA	0,05	1	0,05	0,03	ns
DIAMETRO ANTENA*ALTURA ANT..	0,05	1	0,05	0,03	ns
T VS RESTO	7471,71	1	7471,71	70,04	**
Error	19,72	8	2,46		
Total	36,09	14			

CV: 18,98

ANEXO DE FOTOGRAFÍAS

fotografia 1. Preparacion del terreno dentro del invernadero



Fotografia 2. Instalacion de las cintas de goteo y desinfección de las camas



Fotografia 3. Instalacion del acolchado



Fotografia 4. Trasplante del tomate y colocacion de las antenas



Fotografía 5. Labores culturales (colocacion de la cinta de tutereo, poda, aplicación de fumigaciones para las diferentes etapas)





Fotografía 6. Colocacion de rotulos



Fotografía 7. Cosecha y toma de datos (peso, diámetro polar, diámetro ecuatorial y dureza).



