



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE CIENCIAS

AGROPECUARIAS



CARRERA DE AGRONOMÍA

TÍTULO DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

**Evaluación de las cargas electromagnéticas en el proceso germinativo de
dos especies (*Zea mays* y *Phaseolus vulgaris*)**

Autor:

Andrew Ariel Sánchez Guaman

Tutor:

José Hernán Zurita Vásquez

Cevallos, 2024

Evaluación de las cargas electromagnéticas en el proceso germinativo de dos
especies (*Zea mays* y *Phaseolus vulgaris*)

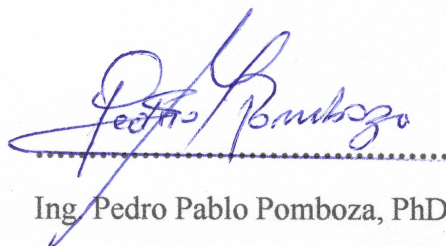
REVISADO POR



Ing. Mg. José Hernán Zurita Vásquez

TUTOR

APROBADO POR LOS MIEMBROS DE CALIFICACIÓN



Ing. Pedro Pablo Pomboza, PhD.

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL DE CALIFICACIÓN

Fecha

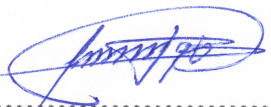
12/02/2025



Ing. Mg. Rita Cumandá Santana Mayorga

MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE CALIFICACIÓN

12/02/2025



Ing. Mg. Giovanni Patricio Velástegui Espín

MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE CALIFICACIÓN

12/02/2025

AUTORIA DE LA INVESTIGACIÓN

El suscrito, **ANDREW ARIEL SÁNCHEZ GUAMAN**, portador de cedula de ciudadanía número: **1850401595**, libre y voluntariamente declaro que el Informe Final de Proyecto de investigación titulado: **“Evaluación de las cargas electromagnéticas en el proceso germinativo de dos especies (*Zea mays* y *Phaseolus vulgaris*)”** es original, autentico 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.



.....

Andrew Ariel Sánchez Guaman

DERECHO DEL AUTOR

Al presentar este Informe Final del Proyecto de Investigación titulado “**Evaluación de las cargas electromagnéticas en el proceso germinativo de dos especies (*Zea mays* y *Phaseolus vulgaris*)**” como uso 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.



.....

Andrew Ariel Sánchez Guaman

DEDICATORIA

La presente investigación se la dedico a mis padres Rómulo y Grace, mis abuelos Segundo y Julia que en este tiempo de aprendizaje me han brindado su apoyo y sus mejores deseos para seguir adelante en la vida y en el estudio. Ellos me han demostrado que con esfuerzo y dedicación todo es posible a pesar de las adversidades.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a todas las personas que formaron parte de mi carrera universitaria por las experiencias, y conocimientos compartidos que fueron importantes para terminar esta etapa de mi vida y empezar una nueva etapa como profesional.

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a mi madre fuente de inspiración y admiración por el sacrificio, comprensión, amor y enseñanzas que me ayudaron a esforzarme cada vez más.

A mi padre que me brindó su apoyo y entusiasmo para continuar en el camino.

A mis abuelos por su confianza, motivación, sus consejos y su gran apoyo que me permitió culminar mis estudios.

A mi tutor quién supo guiarme y compartir sus conocimientos en el desarrollo de este proyecto.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN.....	11
ABSTRACT.....	12
CAPÍTULO I.....	13
INTRODUCCIÓN	13
MARCO TEORICO.....	14
1.1 Antecedentes investigativos	14
1.2 Categorías fundamentales	15
1.2.1 Germinación	15
1.2.2 Qué es el electromagnetismo.....	17
1.2.3 Influencia del electromagnetismo.....	17
OBJETIVOS	19
1.3 Objetivo general	19
1.4 Objetivos específicos.....	19
CAPÍTULO II	20
METODOLOGÍA	20
2.1 Ubicación del estudio	20
2.2 Caracterización del lugar	20
2.3 Equipos y materiales	20

2.3.1	Equipos	20
2.3.2	Materiales	20
2.3.3	Material de oficina.....	21
2.4	Factores de estudio	21
2.4.1	Factor 1: Especies.....	21
2.4.2	Factor 2: Tiempo de exposición a las cargas electromagnéticas.....	21
2.5	Tratamientos.....	21
2.6	Diseño experimental.....	22
2.7	Manejo del experimento.....	22
2.7.1	Preparación de recipientes	22
2.7.2	Exposición a las cargas electromagnéticas.....	23
2.7.3	Siembra.....	23
2.8	Variables de respuesta.....	23
2.8.1	Porcentaje de germinación	23
2.8.2	Longitud radicular	23
2.8.3	Número de hojas.....	23
2.8.4	Volumen de raíz	24
2.8.5	Altura de la planta	24
CAPÍTULO III.....		25
Resultados y Discusión		25

3.1	Porcentaje de germinación	25
3.2	Longitud radicular	26
3.3	Número de hojas.....	28
3.4	Volumen radicular	29
3.5	Altura de planta	31
CAPITULO IV		33
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....		33
4.1	Conclusiones	33
4.2	Recomendaciones.....	33
Bibliografía		34
Anexos		37

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 <i>Tratamientos en semilla de maíz.....</i>	21
Tabla 2 <i>Tratamientos en semilla de frejol.....</i>	22
Tabla 3 <i>Análisis de varianza para la variable porcentaje de germinación en maíz.....</i>	25
Tabla 4 <i>Prueba de tukey al 5 % para la variable porcentaje de germinación en frejol..</i>	26
Tabla 5 <i>Análisis de varianza para la variable longitud radicular en maíz</i>	27
Tabla 6 <i>Prueba de tukey al 5 % para la variable longitud radicular en frejol</i>	27
Tabla 7 <i>Análisis de varianza para la variable número de hojas en maíz</i>	28
Tabla 8 <i>Análisis de varianza para la variable de número de hojas en frejol</i>	28
Tabla 9 <i>Prueba de tukey al 5 % para la variable volumen radicular en maíz</i>	30
Tabla 10 <i>Prueba de tukey al 5 % para la variable volumen radicular en frejol</i>	30
Tabla 11 <i>Análisis de varianza para la variable altura de planta en maíz</i>	31
Tabla 12 <i>Análisis de varianza para la variable altura de planta en frejol</i>	31

RESUMEN

La investigación realizada tuvo como objetivo demostrar la influencia de las ondas electromagnéticas en el proceso germinativo de maíz (*Zea mays*) y frejol (*Phaseolus vulgaris*). Determinando si al someter las semillas a un campo electromagnético de 400 mT con tiempo de exposición diferentes interviene en variables morfológicas. La investigación se realizó en la provincia de Tungurahua, cantón Ambato, en el sector de Ingahurco, con una altitud de 2585 msnm. Se seleccionaron semillas sanas de ambas especies las cuales se sometieron a 400 mT en tres tiempos diferentes 15, 30, y 45 minutos. El estímulo electromagnético se realizó durante 5 días consecutivos, después las semillas tuvieron un proceso de imbibición durante 24 horas para finalmente sembrarlas en recipientes plásticos con sustrato. Al transcurrir 30 días desde la siembra se extrajo las plantas para comparar con el testigo y establecer diferencias. Las variables medidas son porcentaje de germinación, longitud radicular, número de hojas, volumen radicular y altura de planta. Los resultados obtenidos demostraron efectos positivos en el frejol para la longitud radicular con un promedio de 18.30 cm en comparación con el testigo que tiene un promedio de 12.10 cm y en el volumen radicular con un promedio de 1,87 cm³, mientras el testigo tuvo un promedio de 1.10 cm³. En el maíz a pesar de presentarse diferencias entre los tratamientos y el testigo, los resultados no tuvieron un efecto demostrativo estadísticamente. Estos resultados sugieren que la estimulación electromagnética en el proceso germinativo puede influir en el desarrollo radicular dependiendo de la especie y el tiempo de exposición.

Palabras clave: Ondas electromagnéticas, germinación, tiempo

ABSTRACT

The objective of the research carried out was to demonstrate the influence of electromagnetic waves on the germination process of corn (*Zea mays*) and beans (*Phaseolus vulgaris*). Determining whether subjecting the seeds to an electromagnetic field of 400 mT with different exposure times intervenes in morphological variables. The research was carried out in the province of Tungurahua, Ambato canton, in the Ingahurco sector, with an altitude of 2585 meters above sea level. Healthy seeds of both species were selected and subjected to 400 mT at three different times: 15, 30, and 45 minutes. The electromagnetic stimulation was carried out for 5 consecutive days, then the seeds had an imbibition process for 24 hours to finally sow them in plastic containers with substrate. After 30 days from sowing, the plants were extracted to compare with the control and establish differences. The variables measured are germination percentage, root length, number of leaves, root volume and plant height. The results obtained demonstrated positive effects in the bean for root length with an average of 18.30 cm compared to the control that has an average of 12.10 cm and in the root volume with an average of 1.87 cm³, while the control had a average of 1.10 cm³. In corn, despite differences between the treatments and the control, the results did not have a statistically demonstrative effect. These results suggest that electromagnetic stimulation in the germination process can influence root development depending on the species and exposure time.

Keywords: Electromagnetic waves, germination, time

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

La agricultura actualmente con el propósito de obtener una mejor productividad comercial modifica las propiedades del suelo mediante el uso de productos químicos, provocando un desbalance genético en las semillas, especies animales, además disminuye la diversidad biológica (Lovera et al., 2018).

Las semillas representan el inicio esencial para cualquier proceso de producción agrícola. Es imprescindible que estas respondan de manera óptima a las condiciones específicas de siembra, lo cual incluye factores como la temperatura, la humedad y el tipo de suelo. Además, deben tener la capacidad de desarrollar plántulas vigorosas y saludables, ya que esto influye directamente en el crecimiento posterior de la planta. Al garantizar que las semillas cumplan con estos requisitos, se puede maximizar el potencial productivo y alcanzar el rendimiento más alto posible en la cosecha (Doria, 2010).

La germinación es un proceso en el que las estructuras fundamentales para el desarrollo de una planta sana emergen y se desarrollan a partir del embrión, dependiendo de las condiciones germinativas la planta obtendrá óptimas condiciones morfológicas necesarias para una mejor productividad (Morales-Santos et al., 2017).

Este estudio tiene como objetivo evaluar un enfoque alternativo al método tradicional, aplicando un campo electromagnético durante la fase de germinación. Se busca mejorar la respuesta fisiológica de las plántulas, lo que no solo beneficiaría la calidad del producto final, sino también la economía de los agricultores y el medio ambiente, al reducir el impacto negativo en el suelo y el entorno causado por el uso de agroquímicos.

MARCO TEORICO

1.1 Antecedentes investigativos

El uso de campos magnéticos en la agricultura como método para mejorar la germinación de semillas y el crecimiento de plántulas es considerado seguro y efectivo. Estos campos se destacan por ser amigables con el medio ambiente, económicos y no intrusivos. Aunque no se comprenden completamente los efectos de los campos magnéticos en la fisiología de las plantas, varios estudios han señalado resultados positivos en parámetros como la germinación, el vigor y el crecimiento de las plántulas. La respuesta de las plantas a estos campos varía según la intensidad, la duración de la exposición, la preparación de las semillas y la especie. Aunque los resultados no son definitivos, se ha observado que un tratamiento magnético de 9 minutos puede mejorar significativamente la germinación y el crecimiento de las plántulas (Alemán et al., 2020).

Un estudio se llevó a cabo para investigar cómo los campos electromagnéticos afectan el crecimiento, desarrollo y productividad del maíz como una alternativa tecnológica sostenible en la agricultura. Las semillas fueron expuestas a campos electromagnéticos durante diferentes períodos de tiempo antes de la siembra, con un grupo control sin exposición. Se observó que la germinación y el crecimiento de las plantas fueron estimulados por los campos electromagnéticos, con resultados similares en la dinámica de germinación, longitud de la raíz, altura de la planta y síntesis de pigmentos. Además, se encontró un mejor rendimiento en todas las variables analizadas para las plantas expuestas a los campos electromagnéticos en comparación con el grupo control (Suárez et al., 2023).

La investigación realizada describe el proceso de estimulación electromagnética y ultrasónica realizado en semillas utilizando equipos específicos en el laboratorio de telecomunicaciones de la Universidad Católica de Manizales. Tras la estimulación, se observó un

efecto en el tiempo de germinación de las semillas estimuladas, lo que sugiere la influencia de estos medios estimulantes en el proceso de germinación (Jurado & Blandón, 2021).

Durante décadas se ha investigado el impacto de los campos magnéticos en los organismos biológicos, explorando tanto respuestas físicas como cambios en la composición química. Un área específica de estudio se enfoca en cómo estos campos afectan características morfológicas y la producción. En un estudio, la estimulación magnética resultó en cambios notables en la germinación de semillas, longitud de raíces, altura de plántulas, concentración de nitrógeno y cantidad de proteínas, cuando se aplicó a *Leucaena leucocephala* durante 60 minutos a 125 mT. Esto sugiere un nuevo enfoque para la fijación de nitrógeno en el suelo y plantea alternativas en procesos de escarificación vegetal (Hincapié et al., 2010).

El uso del magnetismo para mejorar el rendimiento y la calidad de los tubérculos de papa criolla de manera rentable. El proceso de magnetización de las semillas se llevó a cabo en el laboratorio de Suelos de la U.D.C.A utilizando dos métodos diferentes. Después de cuatro meses, se cosecharon los tubérculos, se clasificaron según diversos criterios y se recolectaron en costales para su venta o consumo. Este enfoque muestra cómo la aplicación de campos magnéticos puede influir en la producción agrícola y mejorar la calidad de los cultivos (Luna et al., 2015).

1.2 Categorías fundamentales

1.2.1 Germinación

Las semillas se componen del embrión, una reserva de proteínas, lípidos y glúcidos (diferente proporción dependiendo de la semilla) protegidos por un recubrimiento seminal. Cuando el agua entra en la semilla comienza la germinación con una serie de procesos metabólicos que en conjunto a las condiciones externas se obtendrá el desarrollo de la radícula. La movilización de los

compuestos de reserva es un proceso fundamental en la germinación por que determina la subsistencia hasta que la plántula generada sea capaz de realizar la fotosíntesis. Aspectos como el agua en proporciones abundantes o escasas, la temperatura dependerá de la semilla y la ubicación geográfica, por último, la iluminación en la que se clasifican en;

- Fotosensibles positivas: requieren iluminación
- Fotosensibles negativas: no requieren iluminación
- No fotosensibles: germinan sin necesidad de tener o no iluminación (Pita & Perez, n.d.)

La estructura de la semilla está compuesta por varias capas y componentes esenciales. Externamente, se encuentra el pericarpio, una cubierta dura que protege al grano. Justo debajo de esta capa está la aleurona, responsable de dar color al grano, el cual puede variar entre blanco, amarillo o morado, y que además contiene proteínas. En el interior de la semilla se localiza el endospermo, que representa entre el 85% y 90% del peso total del grano. Finalmente, el embrión, que es la parte vital para el desarrollo de la futura planta, está formado por dos estructuras principales: la radícula, que dará origen a la raíz, y la plúmula, de donde se desarrollará el tallo y las hojas. Esta organización interna y externa de la semilla es fundamental para su función reproductiva y nutricional (Guacho, 2014).

La germinación es un proceso complejo que se desarrolla en cuatro etapas principales. La primera, la imbibición, consiste en la absorción de agua a través de estructuras como los tegumentos, la micrópila y las membranas celulares, lo que permite la rehidratación de macromoléculas y la recuperación de sus funciones. Durante esta fase, se pueden perder solutos de bajo peso molecular. La segunda etapa involucra la síntesis y activación de sistemas enzimáticos, donde se reactivan enzimas previamente inactivas y se sintetizan nuevas, esenciales

para movilizar las reservas de la semilla y convertirlas en formas solubles y metabolizables. En la tercera fase, las sustancias de reserva, como carbohidratos y lípidos, son degradadas por enzimas, liberando nutrientes y energía mediante procesos como la fermentación y la respiración. Finalmente, en la cuarta etapa, las células del embrión se elongan y emerge la radícula, gracias a los nutrientes obtenidos de las reservas, lo que marca el inicio del crecimiento de la nueva planta. Este proceso asegura el desarrollo exitoso del embrión y su transición a plántula (Azul, 2013).

1.2.2 Qué es el electromagnetismo

El fenómeno del magnetismo se comprende como la fuerza de atracción y repulsión, mientras que en el electromagnetismo intervienen otros fenómenos físicos ocasionados por las cargas eléctricas que se encuentran en desplazamiento o inmovilidad creando así un campo electromagnético. Un gran ejemplo de esto es el planeta que habitamos, la tierra es un imán producido por el campo magnético originado por su núcleo y al mismo tiempo la rotación de la tierra forma una corriente de electrones propagándolo alrededor de su superficie (Coluccio, 2019).

Exponerse a campos magnéticos o eléctricos no es algo inusual, por ejemplo, el cuerpo humano genera corrientes eléctricas cuando los nervios desprenden señales emitiendo impulsos eléctricos. Estos campos a bajas frecuencias influyen en diferentes procesos biológicos. El campo eléctrico afecta la distribución de cargas eléctricas, mientras que el campo magnético lograría excitar los nervios alterándolos y provocando un cambio (OMS, 2016).

1.2.3 Influencia del electromagnetismo

Mantenerse en constante exhibición a las ondas electromagnéticas se ha demostrado que perjudicial, sin embargo, un estudio demostró que esto ocasiona una sobreexcitación en el potencial celular dando apertura a las vías de salida del potasio reduciendo la electro positividad

de la célula, a esta etapa se la conoce como repolarización y su objetivo es reanudar el potencial de la membrana en reposo(Torres, 2023).

Otras acciones proporcionadas por el campo electromagnético es una mejor eficiencia en la mitosis, incremento del DNA, influencia en la actividad metabólica de iones y en la oxigenación (Zayas, 2001).

La energía electromagnética es una forma de energía que interactúa con la materia y, en particular, con los organismos biológicos, influyendo en diversos procesos fisiológicos desde las primeras etapas de desarrollo, como la germinación. Estudios científicos han demostrado que la exposición controlada de semillas a campos electromagnéticos puede estimular su actividad metabólica, mejorar la absorción de agua durante la imbibición y acelerar la movilización de reservas nutritivas, lo que se traduce en una mayor tasa de germinación y un crecimiento más vigoroso de las plántulas (Carbonell et al., 2004).

La energía electromagnética, que abarca tanto campos magnéticos como electromagnéticos, tiene una influencia significativa sobre los procesos biológicos a nivel celular y molecular. cuando las semillas son expuestas a campos magnéticos o a agua tratada magnéticamente, los iones en las células de la semilla pueden experimentar modificaciones. Este fenómeno puede alterar las propiedades fisicoquímicas del agua, que es esencial para la germinación y el crecimiento celular. Al mismo tiempo, los campos magnéticos pueden influir en el metabolismo de las semillas, estimulando procesos bioquímicos como la activación de enzimas y la mejora en la absorción de nutrientes. (Arenas et al., 2015).

El espectro electromagnético se divide en dos categorías principales basadas en la energía de las radiaciones. Las radiaciones ionizantes, caracterizadas por longitudes de onda más cortas y

frecuencias más altas, poseen suficiente energía para ionizar la materia al romper enlaces químicos. Por otro lado, las radiaciones no ionizantes abarcan longitudes de onda más largas y frecuencias más bajas, como la radiación ultravioleta, la luz visible, la radiación infrarroja y las radiofrecuencias, que incluyen microondas, radio celular, y ondas utilizadas en tecnologías como la radio y la televisión. Estas últimas carecen de la energía necesaria para ionizar la materia, es decir, no pueden romper enlaces químicos moleculares (Revueltas et al., 2014).

OBJETIVOS

1.3 Objetivo general

- Evaluar cargas electromagnéticas en el proceso germinativo de dos especies (*Zea mays* y *Phaseolus vulgaris*)

1.4 Objetivos específicos

- Establecer la especie vegetal que mejor responde a las cargas electromagnéticas.
- Determinar el tiempo adecuado de exposición a cargas electromagnéticas para el proceso de germinación.

CAPÍTULO II

METODOLOGÍA

2.1 Ubicación del estudio

El análisis se realizó en la provincia de Tungurahua, específicamente en el cantón Ambato, en el sector de Ingahurco. La altitud del sitio experimental es de 2585 msnm con las siguientes coordenadas: E 765218, N 9862598. Esta región se caracteriza por el clima cálido templado con una temperatura media de 14.6 °C y precipitaciones con un promedio de 504 mm en el año (Granda, 2020).

2.2 Caracterización del lugar

El lugar de la investigación es un espacio abierto pero protegido. La estructura, construida principalmente de ladrillo, estaba equipada con una cubierta metálica que evitó el exceso de luz solar, además proporcionó una barrera contra las condiciones climáticas, tales como lluvias fuertes o vientos excesivos.

2.3 Equipos y materiales

2.3.1 Equipos

- Bobina electromagnética
- Medidor de ondas electromagnéticas

2.3.2 Materiales

- Semillas de maíz y frejol
- Vasos de plástico
- Probeta

2.3.3 Material de oficina

- Papel adhesivo
- Esfero

2.4 Factores de estudio

2.4.1 Factor 1: Especies

- Maíz (E1)
- Frejol (E2)

2.4.2 Factor 2: Tiempo de exposición a las cargas electromagnéticas

- T1 (15 minutos)
- T2 (30 minutos)
- T3 (45 minutos)

2.5 Tratamientos

Tabla 1

Tratamientos en semilla de maíz

N°Tratamientos	Simbología	Descripción
1	E1T1	Maíz con tiempo de exposición de 15 min
2	E1T2	Maíz con tiempo de exposición de 30 min
3	E1T3	Maíz con tiempo de exposición de 45 min
4	Testigo 1	Maíz en sustrato sin carga electromagnética

Tabla 2

Tratamientos en semilla de frejol

NºTratamientos	Simbología	Descripción
1	E2T1	Frejol con tiempo de exposición de 15 min
2	E2T2	Frejol con tiempo de exposición de 30 min
3	E2T3	Frejol con tiempo de exposición de 45 min
4	Testigo 2	Frejol en sustrato sin carga electromagnética

2.6 Diseño experimental

Se realizó un diseño de parcela dividida con 3 repeticiones y arreglo factorial $2 \times 3 + 2$. Para el análisis de resultados mediante el uso del software estadístico infostat se realizó el cuadro de análisis de varianza (ANOVA) para las variables que no demostraron diferencias estadísticas y una prueba de tukey al 5 % para las variables que si demostraron diferencias estadísticas entre los tratamientos.

2.7 Manejo del experimento

2.7.1 Preparación de recipientes

Para garantizar condiciones homogéneas de crecimiento, todos los tratamientos, incluidos los testigos, fueron sembrados en recipientes plásticos que fueron rellenos con tierra como sustrato. Antes de la siembra, el sustrato fue preparado y humedecido uniformemente para favorecer la imbibición de las semillas y crear condiciones óptimas para la emergencia y establecimiento.

2.7.2 Exposición a las cargas electromagnéticas

Luego de colocar las semillas en los recipientes plásticos, se expusieron a las cargas electromagnéticas en tiempos variados, a excepción de las semillas que se encontraron en los tratamientos testigos.

2.7.3 Siembra

Las semillas fueron sometidas durante 5 días en tiempos de 15, 30 y 45 minutos, luego se procedió a remojarlas durante 12 horas para finalmente colocar las semillas en los recipientes previamente preparados.

2.8 Variables de respuesta

2.8.1 Porcentaje de germinación

Se calculó el porcentaje de germinación luego de 15 días con la siguiente fórmula:

$$\frac{\text{número de semillas germinadas}}{\text{total de semillas}} \times 100$$

2.8.2 Longitud radicular

Para medir la longitud radicular se utilizó un hilo con el cual se tomó la distancia desde la base de tallo hasta el extremo de la raíz y para obtener el valor específico se midió con una regla a los 30 días de haber realizado el ensayo.

2.8.3 Número de hojas

Luego de 30 días a partir de la siembra, se procedió al conteo de las primeras hojas desarrolladas de todas las plántulas (maíz y frejol). Luego se calculó el promedio sumando el total

de las hojas contabilizadas por planta y el resultado se dividió para el total de las plántulas muestreadas.

2.8.4 Volumen de raíz

El volumen radicular de las plantas se midió con el uso de una probeta en la que se rellenó de agua, marcando los 80 ml. Transcurridos los 30 días de haber realizado la siembra, tiempo suficiente para que las raíces se desarrollen y tengan un tamaño representativo se introdujo la raíz de cada planta en la probeta y el desplazamiento volumétrico en la probeta fue el volumen radicular.

2.8.5 Altura de la planta

A los 30 días de haber iniciado el ensayo se procedió a registrar la altura de cada planta. En el proceso se utilizó una regla que se colocó de forma vertical junto a la planta, tomando como base la parte del tallo que emerge del suelo estirándole hasta el ápice de la planta.

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Porcentaje de germinación

En la tabla 3 se presenta el análisis de varianza (ANOVA) para la variable porcentaje de germinación, donde se puede evidenciar que no existe una diferencia estadística significativa para repeticiones y tratamientos en la aplicación de ondas electromagnéticas en semillas de maíz provocado por un posible sobre estímulo a nivel celular. Con un coeficiente de variación de 13.62%

Tabla 3

Análisis de varianza para la variable porcentaje de germinación en maíz

F.V	SC	GI	CM	F	P-Valor
Repetición	1276.67	3	425.56	3.33	0.1378
Tratamientos	1622.22	2	811.11	6.35	0.0574
Error	511.11	4	127.78		
Total	3410.00	9			

CV 13.62%

En la tabla 4 se presenta la prueba de tukey al 5% para la variable porcentaje de germinación en semillas de frejol donde se evidencia que el tratamiento Testigo 2 tuvo la mejor capacidad germinativa (100%) en relación al resto, seguido del tratamiento E2T1 (Frejol a 15 min de exposición) con un porcentaje de germinación de 76,67%, los tratamientos E2T3 (frejol a 30 min de exposición) y E2T2 (frejol a 45 min de exposición) obtuvieron un porcentaje de germinación de 63.33 % ubicándose en el rango B. Lo que se puede deducir que las semillas que recibieron ondas electromagnéticas tuvieron un proceso de imbibición por 24h, pero se manejó con 400 mT por 5 días en diferentes tiempos (15,30 y 45 min) por lo tanto, la estimulación

electromagnética posiblemente fue muy alta, provocando un efecto contraproducente a lo esperado. En una investigación realizada en la cual se utilizaron frecuencias electromagnéticas de baja frecuencia (2, 4, y 6 mT) para medir la rapidez germinativa en *Vigna unguiculata* L. demostraron que las semillas que previamente estaban en un proceso de imbibición durante 24h en la frecuencia 2mT representó un aumento del 13.3% de germinación y con 4 mT tuvieron un efecto contrario al detectar una disminución en la rapidez germinativa (Suárez et al., 2023). Todos los tratamientos de la presente investigación

Tabla 4

Prueba de Tukey 5% para la variable porcentaje de germinación en frejol

Tratamientos	Rango
Testigo 2	A
E2T1	A B
E2T3	B
E2T2	B

3.2 Longitud radicular

En la tabla 5 en base al análisis de varianza (ANOVA) el P-valor (0.0902) representa que no existe variabilidad entre los tratamientos sometidos a ondas electromagnéticas y el testigo, de igual manera, el P-valor en los tratamientos es de (0.2139) el cual no es representativo estadísticamente. Con un CV de 14,29 %

Tabla 5

Prueba de tukey al 5% para la variable longitud radicular en maíz

F.V	SC	Gl	CM	F	P-Valor
Repetición	148.81	2	74.40	4.66	0.0902
Tratamientos	112.46	3	37.49	2.35	0.2139
Error	63.85	4	15.96		
Total	325.11	9			

CV 14.29%

Tabla 6

Prueba de Tukey 5% para la variable longitud radicular en frejol

Tratamientos	Rango
E2T1	A
E2T2	A B
E2T3	A B
Testigo 2	B

El resultado de la prueba de tukey al 5 % para la variable longitud radicular en la tabla 6 en frejol indica que el tratamiento E2T1 (Frejol a 15 min de exposición) se ubica en el primer lugar de la prueba (Rango A) con una longitud radicular de 18,30 centímetros, mientras que los tratamientos E2T2 (frejol a 30 min de exposición) y E2T3 (frejol a 45 min de exposición) comparten el rango AB con una longitud de raíz de 16,17 y 15,11 cm. Respectivamente, mientras que el Testigo 2 se ubica en el último lugar de la prueba (rango B) con una media de 12.10 cm, si bien esto demuestra la eficacia al exponer semillas a ondas electromagnéticas durante 15 min como mejor opción, según la (DICYT, 2008) en una investigación realizada se comprobó que las plantas estimuladas magnéticamente tuvieron un mayor crecimiento radicular debido a una mejor

absorción de calcio, elemento esencial para el desarrollo de tejidos y el hierro que favorece en la fotosíntesis.

3.3 Número de hojas

De acuerdo a los resultados obtenidos en el análisis de varianza en la tabla 5 para la variable número de hojas no se presenta diferencia estadística entre los datos registrados en las repeticiones con un P-valor de (0.0430), mientras que en los tratamientos el P-valor es de (0.2295) indicando que no tiene un efecto positivo la intensidad y tiempo de ondas electromagnéticas aplicadas en los tratamientos

Tabla 7

Análisis de varianza para la variable conteo de hojas en maíz

F.V	SC	gl	CM	F	P-Valor
Repetición	1.50	2	0.75	7.65	0.0430
Tratamientos	0.65	3	0.22	2.21	0.2295
Error	0.39	4	0.10		
Total	2.54	9			
CV 6.30%					

Con los resultados obtenidos en el análisis estadístico en la tabla 8 se interpreta que no hubo diferencia significativa al 5% en los tratamientos y repeticiones, si bien el P-valor es próximo al nivel estadístico (0.05) en los tratamientos (0.0533) demostrando que la influencia de las ondas electromagnéticas no fue lo suficientemente efectiva para considerarse significativa. De igual manera los tratamientos tuvieron un efecto casi significativo con un valor de (0.0703) que no fue óptimo para confirmar su efectividad en la variable medida. El error de la muestra con un valor

mínimo de 0.39 se considera eficiente para el diseño experimental aplicado en el conteo de hojas en frejol.

Tabla 8

Análisis de varianza para la variable número de hojas en frejol

F.V	SC	gl	CM	F	P-Valor
Repetición	5.23	2	2.61	6.66	0.0533
Tratamientos	6.25	3	2.08	5.31	0.0703
Error	1.57	4	0.39		
Total	13.05	9			
CV 13.60%					

3.4 Volumen radicular

Los resultados estadísticos de la prueba de tukey al 5% en la tabla 9 demuestran una significancia en el tratamiento E1T1 (maíz a 15 min de exposición) obteniendo el mejor volumen radicular de(3.13 cm³) en comparación con los demás tratamientos, sin embargo, los datos contradicen los resultados esperados en la variable medida, según (Benavides & Ramírez, 2002) la respuesta de las plantas en actividades fotosintéticas en conjunto con la acumulación de biomasa depende de la cantidad de ondas electromagnéticas. En diversos estudios el impacto fotosintético y la acumulación de biomasa mantiene una progresión estable hasta alcanzar un punto de saturación en el cual mayor cantidad de ondas electromagnéticas no genera ningún tipo de estimulación e incluso provocando efectos adversos en los tratamientos. En base a la información obtenida de la investigación se puede establecer que el tiempo de exposición aumentaría la activación en diferentes procesos bioquímicos y físicos en el interior de la semilla afectando el proceso germinativo hasta llegar a un nivel de saturación. Esto se corrobora al interpretar que el

tratamiento Testigo 1 resultó con un volumen radicular de (2.40 cm³) mientras que los tratamientos E1T3 (maíz a 45 min de exposición) y E1T2 (maíz a 30 min de exposición) sometidos a ondas electromagnéticas resultaron con (1.98 y 1.95 cm³) de volumen radicular.

Tabla 9

Prueba de Tukey 5% para la variable volumen radicular en maíz

Tratamientos	Rango
E1T1	A
Testigo 1	A B
E1T3	B
E1T2	B

Tabla 10

Prueba de Tukey 5% para la variable volumen radicular en frejol

Tratamientos	Rango
E2T1	A
E2T2	A B
E2T3	A B
Testigo 2	B

En el análisis de varianza en la tabla 10 se afirma con los resultados obtenidos en la prueba de tukey al 5% que existe una significancia para la variable volumen radicular, como ya se mencionó en la investigación de la (DICYT, 2008) las ondas magnéticas favorecen el crecimiento radicular. El tratamiento con mayor efectividad fue el E2T1 (frejol a 15 min de exposición) con

un media de (1.87 cm³) ubicándose en el rango A, seguido de los tratamientos E2T2 (frejol a 30 min de exposición) y E2T3 (frejol a 45 min de exposición) con una media de (1.55 y 1.45 cm³) compartiendo el rango estadístico AB, finalmente el Testigo 2 con un volumen radicular de (1.10 cm³) obtuvo el menor rango estadístico (B).

3.5 Altura de planta

En la tabla 11 realizado el análisis de varianza para la altura de planta en maíz presenta valores significativos en las repeticiones de (0.0204), sin embargo, en los tratamientos con un P-valor de (0.0718) no se presentan diferencias significativas necesarias. Esto indica que la variabilidad de los resultados en los tratamientos que se utilizó ondas electromagnéticas y el testigo no son representativas.

Tabla 11

Análisis de varianza para la variable altura de planta en maíz

F.V	SC	gl	CM	F	P-Valor
Repetición	10.65	2	5.33	12.02	0.0204
Tratamientos	6.96	3	2.32	5.23	0.0718
Error	1.77	4	0.44		
Total	19.38	9			
CV 5.61%					

En la tabla 12 del análisis de varianza (ANOVA) como resultado en la investigación se presentó que no existe diferencia a nivel estadístico entre las repeticiones con un P-valor de (0.9660) de la investigación y a pesar de que en los tratamientos si hubo significancia con un valor de (0.0333) el análisis en general no tuvo relevancia estadísticamente.

Tabla 12

Análisis de varianza para la variable altura de planta en frejol

F.V	SC	Gl	CM	F	P-Valor
Repetición	0.87	2	0.43	0.03	0.9660
Tratamientos	314.24	3	104.75	8.43	0.0333
Error	49.70	4	12.42		
Total	364.80	9			

CV 11.90%

CAPITULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

Se estableció que entre las especies *Zea mays* y *Phaseolus vulgaris* tuvo mejor respuesta a ondas electromagnéticas durante el proceso germinativo fue *Phaseolus vulgaris*. En las variables longitud radicular con 18.30 cm y volumen radicular con 1.87 cm³.

Se determinó que el tiempo óptimo para el uso de ondas electromagnéticas es de 15 minutos por que este tratamiento presentó un mayor margen de mejora en la longitud y volumen radicular en las plantas de frejol.

4.2 Recomendaciones

Aumentar el tamaño de muestra para el testigo o control

Disminuir la cantidad de ondas electromagnéticas

Reducir el tiempo de exposición

Utilizar otras especies

BIBLIOGRAFÍA

- Alemán, E. I., Roca, L. B., Barrera Roca, L., Fung Boix, Y., & Ferrer Dubois, A. E. (2020). *Efecto del tratamiento electromagnético de frecuencia extremadamente baja en el proceso de germinación de habichuela (Vigna unguiculata L.)*. 47(3), 51–58. <http://cagricola.uclv.edu.cu>
- Arenas, A., Angarita, W., & Jácome, R. (2015). Data driven fault detection and isolation: a wind turbine scenario. *Revista Tecnura*, 19(44), 71. <https://doi.org/10.14483/udistrital.jour.tecnura.2015.2.a05>
- Azul, C. (2013). GERMINACIÓN DE SEMILLAS. In *Fisiología vegetal*. UNNE.
- Benavides, A., & Ramírez, H. (2002). *RESPUESTAS DE LA PLANTAS A LA RADIACION ELECTROMAGNETICA* [Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro]. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.19278.61769>
- Carbonell, M. V., Martínez, E., Díaz, J. E., Amaya, J. M., & Flórez, M. (2004). Influence of magnetically treated water on germination of signalgrass seeds. *Seed Science and Technology*, 32(2), 617–619. <https://doi.org/10.15258/sst.2004.32.2.30>
- Coluccio, L. (2019, April 8). *Electromagnetismo*. Enciclopedia Concepto. <https://concepto.de/electromagnetismo/>
- DICYT. (2008, January 28). La aplicación de campos magnéticos favorece el crecimiento de las plantas leguminosas. *Agencia Iberoamericana Para La Difusión de Ciencia y Tecnología*.
- Doria, J. (2010). GENERALIDADES SOBRE LAS SEMILLAS: SU PRODUCCIÓN, CONSERVACIÓN Y ALMACENAMIENTO. *Cultivos Tropicales*, 31(1), 74–85.

Granda, N. (2020). *Provincia de Tungurahua*. UNEMI.
<https://sites.google.com/unemi.edu.ec/provincia-de-tungurahua/ambato?authuser=0>

Guacho, F. (2014). “*CARACTERIZACIÓN AGRO-MORFOLOGICA DEL MAÍZ (Zea mays L.) DE LA LOCALIDAD SAN JOSÉ DE CHAZO.*” ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO.

Hincapie, A., Torres, J., & Lopez, L. (2010). Efecto del Campo Magnético sobre la Germinación de la Leucaena Leucocephala. *Scientia et Technica Año XVI, 44*.

Jurado, N., & Blandón, G. (2021). *Evaluación germinación semillas especies arbóreas tropicales estimulación ultrasónica electromagnética fines conservación especies*.

Lovera, M., González Segnana, L., Velázquez, A., & Zarza, L. (2018). *PROBLEMAS FITOSANITARIOS EN LA AGRICULTURA CAMPESINA E INDÍGENA EN PARAGUAY: Vol. I* (Mauricio Paiva, Ed.).

Luna, E., Gómez, J., Lora, R., & Abueta, R. (2015). EFECTO DE MAGNETIZACIÓN DE SEMILLAS DE PAPA CRIOLLA (*Solanum phureja* juz et buk) SOBRE LA CALIDAD Y RENDIMIENTO BAJO CONDICIONES DE CAMPO. *Ciencia: Desarrollo e Innovación, 1*, 19–30. <http://www.Cipotato.org/potato/facts/>

Morales-Santos, M. E., Peña-Valdivia, C. B., García-Esteva, A., Aguilar-Benítez, G., Kohashi-Shibata, J., & Potosí, L. (2017). CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y DE GERMINACIÓN EN SEMILLAS Y PLÁNTULAS DE FRIJOL (*Phaseolus vulgaris* L.) SILVESTRE, DOMESTICADO Y SU PROGENIE SEED AND SEEDLINGS PHYSICAL CHARACTERISTICS AND SEEDS GERMINATION OF WILD AND DOMESTICATED COMMON BEAN (*Phaseolus vulgaris* L.) AND THEIR PROGENY. *Agrociencia, 51*.

- OMS. (2016, August 4). *¿Qué son los campos electromagnéticos?* Organización Mundial de La Salud. <https://www.who.int/es/news-room/questions-and-answers/item/electromagnetic-fields>
- Pita, J., & Perez, F. (n.d.). *GERMINACION DE SEMILLAS MINISTERIO DE AGRICULTURA PESCA Y ALIMENTACIÓN SECRETARIA GENERAL TECNICA* (Hojas Divulgadoras, Vol. 2090). Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación. Retrieved December 19, 2024, from chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgiclfindmkaj/https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/hojas/hd_1998_2090.pdf
- Revueltas, M., Avila, I., Baqués, R., & Consuelo, R. (2014). Los campos electromagnéticos de frecuencia extremadamente baja y su impacto sobre la salud de los seres humanos. *Revista Cubana de Higiene y Epidemiología*, 52(2), 210–227. <http://scielo.sld.cu>
- Suárez, D., Galvis, J., Guzmán, T., & Ardisana, E. (2023). *Efecto de campos electromagnéticos inducidos a baja intensidad sobre procesos morfo-fisiológicos y de productividad de Zea mays L. var Porva, como alternativa tecnológica sostenible para la producción agrícola.*
- Torres, A. (2023, October 30). *Potencial de Acción.* Kenhub. <https://www.kenhub.com/es/library/fisiologia/potencial-de-accion>
- Zayas, D. (2001, June 30). MAGNETOTERAPIA, SU APLICACIÓN EN LA MEDICINA. *Rev Cubana Med Milit*, 30(4), 263–271.

ANEXOS

MAÍZ

ANEXO 1

Porcentaje de Germinación

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
%Ger.	10	0.85	0.66	13.62

*Datos desbalanceados en celdas.
Para otra descomposición de la SC
especifique los contrastes apropiados.. !!*

ANEXO 2

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	2898.89	5	579.78	4.54	0.0840
Tratam.	1276.67	3	425.56	3.33	0.1378
Repetición	1622.22	2	811.11	6.35	0.0574
Error	511.11	4	127.78		
Total	3410.00	9			

ANEXO 3

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=46.01647

Error: 127.7778 gl: 4

Tratam.	Medias	n	E.E.
4	100.00	1	11.30 A
2	90.00	3	6.53 A
1	86.67	3	6.53 A
3	66.67	3	6.53 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

ANEXO 4

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=31.49373

Error: 127.7778 gl: 4

Repetición	Medias	n	E.E.
1	100.00	4	5.65 A
2	73.33	3	6.53 A
3	70.00	3	6.53 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

ANEXO 5

Longitud Radicular

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Long. R	10	0.80	0.56	14.29

*Datos desbalanceados en celdas.
Para otra descomposición de la SC
especifique los contrastes apropiados.. !!*

ANEXO 6

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	261.26	5	52.25	3.27	0.1369
Repetición	148.81	2	74.40	4.66	0.0902
Tratam.	112.46	3	37.49	2.35	0.2139
Error	6<3.85	4	15.96		
Total	325.11	9			

ANEXO 7

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=11.13157

Error: 15.9632 gl: 4

Repetición	Medias	n	E.E.
1	32.66	4	2.00 A
3	25.30	3	2.31 A
2	24.34	3	2.31 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

ANEXO 8

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=16.26469

Error: 15.9632 gl: 4

Tratam.	Medias	n	E.E.
1	32.40	3	2.31 A
4	30.00	1	4.00 A
3	26.29	3	2.31 A
2	24.50	3	2.31 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

ANEXO 9

Número de Hojas

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
# Hojas	10	0.85	0.65	6.30

Datos desbalanceados en celdas.

Para otra descomposición de la SC

especifique los contrastes apropiados.. !!

ANEXO 10

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	2.15	5	0.43	4.38	0.0886
Repetición	1.50	2	0.75	7.65	0.0430
Tratam.	0.65	3	0.22	2.21	0.2295
Error	0.39	4	0.10		
Total	2.54	9			

ANEXO 11

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.87261

Error: 0.0981 gl: 4

Repetición	Medias	n	E.E.
1	5.43	4	0.16 A
3	4.77	3	0.18 A B
2	4.55	3	0.18 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

ANEXO 12

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=1.27499

Error: 0.0981 gl: 4

Tratam.	Medias	n	E.E.	
3	5.07	3	0.18	A
1	5.07	3	0.18	A
2	4.83	3	0.18	A
4	4.80	1	0.31	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

ANEXO 13

Volumen Radicular

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Vol	10	0.95	0.88	11.72

Datos desbalanceados en celdas.

Para otra descomposición de la SC

especifique los contrastes apropiados.. !!

ANEXO 14

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	5.62	5	1.12	14.70	0.0111
Repetición	2.46	2	1.23	16.12	0.0122
Tratam.	3.15	3	1.05	13.75	0.0142
Error	0.31	4	0.08		
Total	5.92	9			

ANEXO 15

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.77015

Error: 0.0764 gl: 4

Repetición	Medias	n	E.E.	
1	2.96	4	0.14	A
3	2.03	3	0.16	B
2	1.88	3	0.16	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

ANEXO 16

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=1.12529

Error: 0.0764 gl: 4

Tratam.	Medias	n	E.E.	
1	3.13	3	0.16	A
4	2.40	1	0.28	A B
3	1.98	3	0.16	B
2	1.95	3	0.16	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

ANEXO 17

Altura de Planta

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Alt	10	0.91	0.79	5.61

Datos desbalanceados en celdas.

Para otra descomposición de la SC

especifique los contrastes apropiados.. !!

ANEXO 18

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	17.61	5	3.52	7.95	0.0333
Repetición	10.65	2	5.33	12.02	0.0204
Tratam.	6.96	3	2.32	5.23	0.0718
Error	1.77	4	0.44		
Total	19.38	9			

ANEXO 19

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=1.85473

Error: 0.4432 gl: 4

Repetición	Medias	n	E.E.	
1	12.70	4	0.33	A
2	12.29	3	0.38	A
3	10.30	3	0.38	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

ANEXO 20

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=2.71000

Error: 0.4432 gl: 4

Tratam.	Medias	n	E.E.	
1	12.67	3	0.38	A
2	11.66	3	0.38	A
3	11.59	3	0.38	A
4	10.80	1	0.67	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

FREJOL

ANEXO 21

Longitud Radicular

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Long. R	10	0.92	0.82	7.01

Datos desbalanceados en celdas.

Para otra descomposición de la SC

especifique los contrastes apropiados.. !!

ANEXO 22

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	57.60	5	11.52	9.06	0.0265
Repetición	9.16	2	4.58	3.60	0.1274
Tratam.	48.44	3	16.15	12.70	0.0164
Error	5.09	4	1.27		
Total	62.69	9			

ANEXO 23

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=4.59041

Error: 1.2715 gl: 4

Tratam.	Medias	n	E.E.	
1	18.30	3	0.65	A
2	16.17	3	0.65	A B
3	15.11	3	0.65	A B
4	12.10	1	1.13	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

ANEXO 24

Número de Hojas

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
# Hojas	10	0.88	0.73	13.60

Datos desbalanceados en celdas.

Para otra descomposición de la SC

especifique los contrastes apropiados.. !!

ANEXO 25

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	11.48	5	2.30	5.85	0.0559
Repetición	5.23	2	2.61	6.66	0.0533
Tratam.	6.25	3	2.08	5.31	0.0703
Error	1.57	4	0.39		
Total	13.05	9			

ANEXO 26

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=2.55038

Error: 0.3925 gl: 4

Tratam.	Medias	n	E.E.	
1	5.40	3	0.36	A
2	4.65	3	0.36	A
3	4.00	3	0.36	A
4	3.90	1	0.63	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

ANEXO 27

Volumen Radicular

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Vol	10	0.97	0.94	7.90

Datos desbalanceados en celdas.

Para otra descomposición de la SC

especifique los contrastes apropiados.. !!

ANEXO 28

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	2.29	5	0.46	29.89	0.0029
Repetición	1.02	2	0.51	33.22	0.0032
Tratam.	1.27	3	0.42	27.66	0.0039
Error	0.06	4	0.02		
Total	2.35	9			

ANEXO 29

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.50427

Error: 0.0153 gl: 4

Tratam. Medias n E.E.

1	1.87	3	0.07	A
2	1.55	3	0.07	A B
3	1.45	3	0.07	A B
4	1.10	1	0.12	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

ANEXO 30

Altura de Planta

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Alt	10	0.86	0.69	11.90

Datos desbalanceados en celdas.

Para otra descomposición de la SC

especifique los contrastes apropiados.. !!

ANEXO 31

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	315.10	5	63.02	5.07	0.0704
Repetición	0.87	2	0.43	0.03	0.9660
Tratam.	314.24	3	104.75	8.43	0.0333
Error	49.70	4	12.42		
Total	364.80	9			

ANEXO 32

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=14.34931

Error: 12.4248 gl: 4

Tratam. Medias n E.E.

1	37.90	3	2.04	A
3	27.93	3	2.04	A
4	25.30	1	3.52	A
2	24.47	3	2.04	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

ANEXO 33

Porcentaje de Germinación

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
% Ger.	10	0.97	0.94	9.39

Datos desbalanceados en celdas.

Para otra descomposición de la SC

especifique los contrastes apropiados.. !!

ANEXO 34

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	6112.22	5	1222.44	27.50	0.0034
Repetición	5756.67	2	2878.33	64.76	0.0009
Tratam.	355.56	3	118.52	2.67	0.1835
Error	177.78	4	44.44		
Total	6290.00	9			

ANEXO 35

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=18.57399

Error: 44.4444 gl: 4

Repetición Medias n E.E.

1	100.00	4	3.33	A
2	56.67	3	3.85	B
3	46.67	3	3.85	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

ANEXO 36

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=27.13903

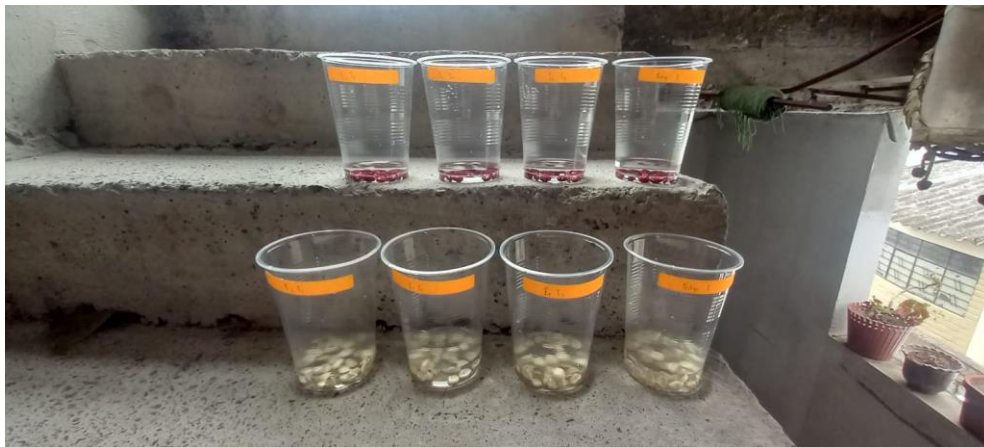
Error: 44.4444 gl: 4

Tratam. Medias n E.E.

4	100.00	1	6.67	A
1	76.67	3	3.85	A B
3	63.33	3	3.85	B
2	63.33	3	3.85	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Exposición a ondas electromagnéticas y proceso de imbibición



Proceso de desarrollo



Planta luego de 30 días



Limpieza de raíces y toma de datos

