



Estimulación de la germinación de espinaca (*spinacia oleracea*) a través de electromagnetismo

Resumen

Debido a la creciente demanda de alimentos se hace necesario optimizar los procesos de desarrollo de las plantas. En efecto, la germinación es uno de los pasos más complejos para producir eficientemente hortalizas; en este caso espinaca. Este proyecto investiga sobre la germinación en corto plazo de semillas vegetales, como herramienta facilitadora por medio del electromagnetismo. Este artículo explica, desde el punto de vista eléctrico, la creación de una bobina que genere un campo electromagnético, para aumentar el porcentaje de germinación de las semillas de espinaca, que habitualmente es de 75% (Ayala, *et. al.*, 2004), y la velocidad de germinación de 7 y 15 días sin la utilización de este tipo de elementos eléctricos (Serratos, 2012). Su ejecución estuvo a cargo de los aprendices del técnico en implementación y mantenimiento de equipos electrónicos industriales del municipio del Socorro, con acompañamiento de instructores especialistas en las áreas agropecuaria y electrónica, pertenecientes al Centro Agroturístico, SENA.

La metodología utilizada para el desarrollo del proyecto es el estudio de casos con enfoque cualitativo, experimentando para la elaboración de la bobina, identificando los elementos y conocimientos electrónicos para mostrar las siguientes pautas: Identificación de elementos en la manipulación y montaje de la bobina, elaboración y medición práctica de las bobinas y montaje del Gaussímetro. Para ello, se consultaron las fórmulas para analizar el número de espiras. Seguidamente se comparó la inductancia de la bobina con un medidor de inductancia de acuerdo con la fórmula de Wheeler (Domínguez, 2017). De acuerdo a la medición del campo magnético que irradiaba cada bobina se hacían mejoras en cada experimento, hasta encontrar una bobina con un campo magnético adecuado para la germinación de las semillas.

Palabras clave: germinación de semillas, bobina, electromagnetismo, Gaussímetro, electrónica, espinaca.

Abstract

Due to the growing demand for food it's been necessary to optimize the development processes of the plants. In effect, germination is one of the most complex steps to efficiently produce vegetables; in this case spinach. This project investigates the short-term germination of plant seeds, as a facilitator tool through electromagnetism. This article explains, from the electrical point of view, the creation of a coil that generates an electromagnetic field, to increase the percentage of germination of spinach seeds, which is usually 75% (Ayala, *et. al.*, 2004), and the germination speed of 7 and 15 days without the use of this type of electrical elements (Serratos, 2012). Its execution was in charge of the apprentices of the technician in implementation and maintenance of industrial electronic equipment of the municipality of Socorro, with the accompaniment of instructors specialized in the agricultural and electronic areas, belonging to the Agrotourism Center, SENA.

The methodology used for the development of the project is the study of cases with qualitative approach, experimenting for the elaboration of the coil, identifying the elements and electronic knowledge to show the following guidelines: Identification of elements in the handling and assembly of the coil, elaboration and practical measurement of the coils and assembly of the Gauss Meter. For this, the formulas used to analyze the number of turns were consulted. Next, the inductance of the coil was compared with an inductance meter according to Wheeler's formula (Domínguez, 2017). According to the measurement of the magnetic field that radiated each coil, improvements were made in each experiment, until finding a coil with a magnetic field suitable for the germination of the seeds.

Keywords: Germination of Seeds, Coil, Electromagnetism, Gauss Meter, Electronics, Spinach.

Introducción

Los cambios ambientales, el desarrollo de tecnologías nuevas, las necesidades culturales, políticas y socioeconómicas en el desarrollo de la vida actual, exigen cambios urgentes tendientes a mejorar la calidad de vida del ser humano como la necesidad de implementar sistemas de producción en la agricultura, más rápidos, de buena calidad que proporcionen el requerimiento en la demanda de ellos en el mercado colombiano y porque no en el internacional.

Una de las técnicas que puede mejorar la velocidad de germinación, es la estimulación semillas por electromagnetismo, que involucra fenómenos eléctricos y magnéticos para activar el desarrollo de la semilla en dormancia, por condiciones innatas o ambientales de las semillas (Vashisth & Nagarajan. 2010).

La espinaca, es una hortaliza, rica en minerales y vitaminas, puede favorecer la salud corporal, que al consumirse beneficia en efectos anticancerígenos (Lelyen, 2018). También está involucrada en los proyectos de seguridad alimenticia de comunidades rurales, creando huertas, que conllevan a: educación ecológica, producción orgánica, aprovechamiento de espacios, bienestar social, calidad de vida, cambio climático, actividad micro empresarial, y concientización en manejo de residuos. (PNUD, 2011).

Por lo tanto, el equipo implicado para esta investigación, se colocó a la tarea de desarrollar desde el punto de vista eléctrico, una bobina práctica y útil que pueda implementarse a la técnica de estimulación electromagnética, para iniciar un proceso innovador en la producción de esta planta en las provincias Comunera y de Guanenta del departamento de Santander y así mejorar los sistemas productivos que involucran la laboranza para una agricultura sostenible.

Antecedentes

Germinación de semillas de ají (*Capsicum sinense*) estimuladas electromagnéticamente

En el país se han hecho estudios en electromagnetismo en el Valle de Cauca, la Universidad del Valle, con el objetivo de estudiar el uso de la aplicación de campos electromagnéticos en semillas de ají, variedad Limo Rojo, evaluando el tiempo y porcentaje de germinación de las semillas, utilizando bobinas para generar campos electromagnéticos continuos (DC) y alternos (AC) a intensidades de 30 y 60 militeslas (mT) y tiempos de exposición de las semillas de 30, 60 y 120 min.

Se encontró que al incrementar la intensidad y el tiempo de exposición al campo electromagnético, se redujo el tiempo de germinación. Con relación al porcentaje de germinación final, no encontraron diferencias significativas entre tratamientos. Concluyendo en su investigación, los campos electromagnéticos tuvieron efecto en el tiempo de germinación mas no en el porcentaje de germinación de semillas de ají. Este estudio es de gran importancia para guiarnos en la investigación que vamos abordar porque pretendemos incrementar el porcentaje y la velocidad de germinación de las semillas de espinaca (Jiménez, Méndez, Daza, & Zuñiga, 2013).

Efecto de campos magnéticos en la germinación de semillas de arroz (*Oryza sativa* L.) y tomate (*Solanum lycopersicum* L.)

En Bogotá, la Universidad Nacional con el propósito de desarrollar nuevas tecnologías que contribuyan al mejoramiento de la germinación, implementaron este proyecto en el año 2008, este trabajo examinó el efecto de campos magnéticos con intensidades de 5 mT y de 10 mT sobre la germinación de semillas de arroz (*Oryza*

sativa L.) y tomate (*Solanum lycopersicum* L.). Igualmente se estudió el incremento de biomasa en plántulas de las mismas especies. Semillas de *O. sativa* y *L. esculentum* fueron expuestas a los campos magnéticos durante periodos de tiempo de 1, 10, 20 y 60 min, 24 y 48 h. En las semillas de *S. lycopersicum* el tiempo de exposición de 10 min mostró efectos positivos respecto al testigo. Las plántulas de *S. lycopersicum* presentaron un incremento más rápido de biomasa (longitud y peso). (Torres, Díaz & Cabal, 2008).

Campo magnético variable en semillas de brócoli (*Brassica oleracea* L.) bajo una perspectiva sistémica transdisciplinaria

En México en el instituto Politécnico Nacional en el año 2014 se realizó este proyecto; El propósito del proyecto fue mejorar la calidad fisiológica de semillas de brócoli con el uso de estimulación en pre siembra en campos magnéticos variables. En los resultados que encontraron pudieron observar que la mejor respuesta a la bio estimulación aplicada fue a menor nivel de inducción electromagnética de (0.42 mT). En la investigación también lograron observar inhibición total de la germinación mediante los tratamientos de 17 y 55 mT por 10 min y 7.5 min respectivamente. Al comparar estos tres estudios vemos que son diversas las intensidades que se utilizaron en el primer estudio de 30 mT y 60 mT y en el segundo estudio de 5 mT a 10 mT, y el tercero que es de 0.42 mT (Rico, 2014).

Definición del problema

La germinación es uno de los procesos en que varias investigaciones han fundamentado su objeto de estudio como método de desarrollo para producir eficientemente cultivos para la demanda actual de alimentos, para ello proponen iniciativas estratégicas que fortalezcan el cultivo de la espinaca en el crecimiento acelerado de germinación de estas semillas.

El fenómeno que se pretende abordar es el bajo porcentaje de crecimiento y velocidad de germinación en el contexto de las provincias Comunera y de Guanenta del departamento de Santander, como una innovación agrícola en la región, con desconocimiento de la técnica de estimulación de la germinación de semillas de espinaca a través de electromagnetismo que dará solución al bajo porcentaje y velocidad de germinación en el contexto de la provincia comunera del departamento de Santander como una innovación agrícola en la región.

Considerando las limitantes del problema para esta investigación, se reflexiona: ¿Cómo hacer una bobina apropiada para estimular la germinación de semillas de espinaca (*Spinacia oleracea*)?

Al determinar un proceso de germinación corto sobre la espinaca, se puede pensar en otras alternativas de comercio y de poder adquisitivo en fuentes económicas para nuestro país, de ahí la necesidad implementar el cultivo de esta hortaliza por medios electromagnéticos, acompañado de manejo de extensos cultivos aprovechando al máximo la nutrición vegetal, densidades de siembra y tecnologías aplicadas, satisfaciendo la demanda nacional y acercarnos al mercado mundial, para evitar así la importación del producto dando oportunidad para que el pequeño agricultor, tenga opciones de trabajo y mejore su calidad de vida.

Descripción de objetivos

Objetivo general

Elaborar una bobina eficiente para optimizar el porcentaje de crecimiento y velocidad de germinación de la semilla de espinaca.

Objetivos específicos

Implementar una bobina funcional de acuerdo con la variación de inducción electromagnética necesaria

para los porcentajes de velocidad en la germinación de las semillas, consultados en los antecedentes.

Experimentar sobre diferentes prototipos de bobina.

Estado del arte

Los estudios de germinación de semillas expuestas en el artículo denotan un bajo crecimiento en las semillas de arroz, aji y brócoli y se realizan procesos que utilizan el electromagnetismo para aumentar los tiempos de las semillas mencionadas, por lo tanto las investigaciones anteriores han hecho énfasis en la temporización de diferentes campos electromagnéticos mostrando algunos favorables (Jiménez, *et. al.*, 2013). (Torres, Díaz, & Cabal, 2008). (Rico, 2014). Dentro del contexto de la espinaca, se denota su crecimiento dentro de diez a quince días (Rodríguez, *et. al.*, 2008). Y su facilidad de cosechamiento hace que tome como parte central de la experimentación del proyecto (Tecnoagro, 2010), análogamente a esto los principales productores se encuentran en Asia, Europa y Norteamérica; Colombia considera esta hortaliza como un producto con potencial para exportar, pero no existe un registro que exista una cadena productiva (Domínguez, *et. al.*, 2010), por lo tanto al realizar esta investigación en el departamento de Santander en el marco de Cobertura del Centro Agroturístico SENA, se aporta para que los aprendices y productores de la región, utilicen los datos recogidos en sus procedimientos de siembra.

Por otro lado un campo magnético superior al campo magnético de la tierra sobre una semilla afectada, hace que germine con mayor intensidad (Shimazaki & Shizuoka, 1986) aunque los factores como la humedad y régimen del tratamiento puede afectar su germinación (Torres, *et. al.*, 2008). Por lo tanto se debe tener en cuenta la variación del campo magnético que proponen los antecedentes, para la creación de la bobina funcional para proporcionar un mejoramiento en su sistema de germinación.

Marco teórico

Mediante el presente proyecto, se dar a conocer y se quiere experimentar con el electromagnetismo producido por la bobina para lograr que la semilla de espinaca se estimule más rápido y se produzca una germinación en más corto tiempo de lo normal, de acuerdo con (Shimazaki & Shikuoka, 1986), (como se citó en (Torres, *et. al.*, 2008), "las semillas afectadas por campos magnéticos germinan con mayor intensidad" por lo tanto, es beneficioso para el cultivador, el comercio y la demanda del producto agrícola que el mercado exige; dando así la oportunidad a los estudiantes de crecer como técnicos en el aprendizaje de la electrónica, en la determinación de este proyecto se tiene la limitante económica, ya que exige inversiones de materiales costosas y abundante, dificultando la elaboración de las bobinas para la experimentación en la producción del electromagnetismo".

Para la identificación de elementos eléctricos y electrónicos dentro de la conceptualización de proyecto, se proporciona las siguientes partes para la comprensión y su aplicabilidad en la línea metodológica.

Identificación de elementos

En este apartado se realiza una descripción de los elementos que integran el proyecto de acuerdo a su ensamble, para la elaboración de la bobina y del Gaussímetro.

Gaussímetro: para Barco y Rojas, (2004), "es un dispositivo que mide la intensidad del campo magnético constante, producido por corrientes continuas y alternas como ejemplo se menciona el campo magnético generado por transformadores e imanes". "Su punto principal es el sensor de efecto hall (A1302), un circuito integrado que amplifica las señales dadas por el campo magnético y las traduce en variaciones de voltaje" (Allegro, 2018).

Arduino: es una tarjeta impresa que utiliza un microcontrolador, específicamente un ATMELE. Un

microcontrolador es un circuito integrado (podríamos hablar de un microchip) en el cual se pueden grabar instrucciones. Su conexión es USB y su comunicación es Serial hacia la computadora. Para este proyecto las instrucciones que debe cumplir son la interpretación de señales del sensor de efecto hall (A1032) con la ejecución de instrucciones que dan respuesta en la pantalla LCD 16 x 2 del Gaussimetro (García, 2015).

Pantalla LCD 16x2: La pantalla de cristal líquido es un dispositivo empleado para la visualización de contenidos, mediante caracteres, símbolos, su término 16 x 2 se refiere a 2 filas de 16 caracteres cada una. (Portilla, 2015) Con este dispositivo se observa los resultados generados por el Gaussimetro.

Trimmer: son utilizados para ajustes de precisión en circuitos donde se requiere modificar ciertos parámetros (García, 2016,) es el adecuado para calibrar el rango de detección Gaussimetro, mostrando su estabilidad en la pantalla LCD 16x2.

Medidor de Bobinas Esr: es un instrumento de medición electrónico, para medir valores de resistencias bajos, capacitancias e inductancias, con algunas identificaciones de transistores, dando parámetros exactos, en su pantalla LCD. (Parker, 2014) Dentro del proyecto se utiliza para medir la inductancia e las bobinas que se hacen en el estudio de casos.

Fuente variable: es la encargada de variar el voltaje según las necesidades que cada circuito, convierte la corriente alterna que se encuentra en los tomacorrientes a directa, es uno de los principales equipos del laboratorio de electrónica, reemplaza el uso de baterías en proyectos de larga duración Adecuada para no quemar ninguna bobina regulando el voltaje (Romero, 2013).

Bobina: es un elemento pasivo de dos terminales capaz de generar un flujo magnético cuando se hace circular una corriente eléctrica, (Mecafenix, 2017) será el elemento por el cual producirá electromagnetismo para la germinación.

Definiciones físicas y agrícolas

Las magnitudes que se enuncian a continuación, fueron las utilizadas para comprender el análisis del campo eléctrico, su conversión y aplicación dentro del proyecto.

Gauss: es una unidad de medida que indica la fuerza de un campo magnético. Cuanto mayor sea el número de gauss, más fuerte será el campo magnético (Comunicación Alday, 2013) por medio del Gaussimetro tendremos datos exactos de cuantos gauss tiene cada bobina.

Henrio: el henrio o henry es la inductancia de un circuito en el que una corriente que varía a razón de un amperio por segundo da como resultado una fuerza electromotriz autoinducida de un voltio (Ecured, s. f.) por medio del henrio sabremos cuanta inductancia tiene cada bobina.

Tesla: es la a unidad de densidad de flujo magnético o inducción magnética del Sistema Internacional de Unidades (SI) (Tecnología, 2012) por medio de ella podemos saber cuánto electromagnetismo produce cada bobina.

Fórmula de Wheeler: permite el cálculo de bobinas con núcleo de aire, desde el punto de vista teórico hallando la inductancia, de acuerdo a la ecuación 1:

$$L = 0,394 * \frac{a^2 * N^2}{9a + 10l}$$

Ecuación 1: Formula de Wheeler

En donde las variables a=Área transversal de la espira dada en centímetros; l=Longitud del arrollamiento expresada también en centímetros y N=Numero de espiras permiten expresar el cálculo en micro-henrios (μH) (Domínguez, 2017).

Germinación: todas las Semillas con buen tamaño no tienen la misma capacidad de germinar, se hacen pruebas con semilla tomadas al azar sometiéndolas a condiciones adecuada de germinación, estas pruebas se pueden realizar en cubetas apropiadas, debemos hacer una esterilización del terreno a utilizar evitando la germinación de otras semillas o la afectaciones por hongos y de esta manera hallar el porcentaje de germinación

Las semillas de la mayor parte de las plantas no germinan inmediatamente después de la maduración. En la madurez entran en un estado de latencia de duración variada según la especie, latencia que puede durar desde unas pocas semanas o meses. Las semillas de otras especies germinan con irregularidad en un período de 2 a muchos años. Cuando multiplicamos plantas por semillas, conviene abreviar este tiempo de latencia que es debido principalmente a dos causas: la impermeabilidad de la cubierta de la semilla y la latencia interna del propio embrión (Vásquez, 2001).

Espinaca (*Spinacia oleracea* L.): la espinaca es una de las verduras caracterizada por sus usos nutricionales y medicinales debido a esto fue introducida en Europa la cual se encargó de extenderla a otras partes del mundo debido a las adecuadas condiciones que tiene Colombia para la siembra de espinaca la mayoría de semillas son importadas a Estados Unidos considera de gran potencial exportador teniendo en cuenta los tratados de libre comercio pactados con Estados Unidos y otros países consumidores, Colombia tiene alrededor de 200 hectáreas, distribuidas en los departamentos de Cundinamarca, Boyacá, Antioquia, Santander y Norte de Santander; el país en mención tiene un bajo nivel tecnológico y este es un aspecto que retarda el desarrollo del mercado de la Espinaca puesto que los productores tienen muy baja capacidad para dar valor agregado a la producto (Dominguez *et. al.*, 2010)

Materiales y métodos

El proyecto exige para su desarrollo el método de estudio de casos de orden cualitativo y experimental (Stake, 1999) sin descartar la parte tecnológica y científica, para lograr implementar la aceleración de germinación de semillas de espinacas, por electromagnetismo, se necesita un estudio que identifique los elementos en la manipulación y montaje de la bobina, el siguiente paso es la elaboración y medición práctica de la bobina.

Al obtener bobinas con diferentes inductancias y datos teóricos se realiza la medición practica para identificar su comprobación, por esto se realiza el siguiente paso llamado montaje del Gaussímetro, que realiza la medición práctica de la inducción electromagnética necesaria para el proceso de germinación de semillas de espinaca.

Identificación de elementos en la manipulación y montaje de la bobina

Para indagar e Investigar la fórmula de la inductancia de una bobina y saber el voltaje continuo hay que volver sobre la comprensión temática de los elementos vistos y su funcionamiento en la vida práctica, se sugiere al técnico realizar el montaje propuesto con los elementos necesarios, realizando la reflexión de su utilización y aplicabilidad por medio de comparaciones y escogencia de los resultados obtenidos.

Consultando la fórmula para medir la inductancia de una bobina se descubre mediante la escogencia, comprobación y aplicación de diferentes resultados obtenidos por el aprendiz como se observa en la Figura 1, hasta llegar a la precisa que resulto ser la fórmula de Wheeler.



Figura 1. Aprendices investigando la fórmula para hallar la inductancia en la bobina

Esta ecuación fue utilizada en todas las bobinas y resultó datos más exactos o iguales al medidor de inductancia.

Se decidió medir la inducción magnética (gauss) de una bobina, y averiguar cómo crear un Gaussímetro e investigar cómo funciona el sensor de efecto hall (A1302) con distintos tipos de pruebas, conectándole una fuente con diferente voltaje el sensor, produjo por medio del ambiente una salida en gauss, acercando un imán por el lado norte, el Gaussímetro mostró magnitudes positivas, se probó al lado sur del imán y arrojó magnitudes negativas. Con ello, se comprobó y se colocó en práctica los resultados del experimento sobre el electromagnetismo producido por la bobina elaborada en el taller de Tecno Parque de Nodo Socorro.

Elaboración y medición práctica de las bobinas

Dentro de la germinación de las semillas se utiliza la bobina, para generar un campo electromagnético, el cual afecta de forma positiva o negativa su germinación (Shimazaki & Shizuoka, 1986) en este paso se requiere una bobina con un calibre especial y un tamaño específico, debido a que entre más grande sea soporta mayor voltaje y aumenta la cantidad de electromagnetismo. Con núcleo de aire, las medidas empleadas fueron, 1 pulgada de diámetro y 3 cm de longitud, que se identifican en la Tabla 1.

Tabla 1. Cantidad de casos (bobinas) para las pruebas. **Fuente:** Elaboración propia.

Bobina	Calibre	Longitud (altura)	Vueltas	Ohmio	Henrios	Radio	Diámetro	Espacio espiras	Cable
1	25	1.7cm	35	0.70hm	0.3mH	1.4cm	2.8cm	1mm	3m
2	21	3.2cm	35	0.40hm	0.2mH	1.4cm	2.8cm	2mm	3m
3	23	2.8cm	35	0.50hm	0.2mH	1.4cm	2.8cm	1mm	3m
4	24	2.25cm	105	1.0hm	0.13mH	1.75cm	3.5cm	1mm	9m
5	22	9cm	378	50hm	3.8mH	2.1cm	4.2cm	1.1mm	56m
6	22	4cm	300	4.9hm	3.7mH	2.1cm	4.2cm	1.5mm	45m

Fue necesario elaborar y experimentar con varias bobinas, para las tres primeras, se utilizó 3 metros de cable, después se hicieron tres pruebas con una batería de 9v; a continuación, se explica el procedimiento en la Tabla 2.

Tabla 2. Explicación del proceso realizado en cada bobina. **Fuente:** Elaboración propia.

Prueba	Calibre de la bobina	Tiempo de duración (antes de calentarse la bobina)	Observación
1	25	0 segundos	Para la primera prueba se conectó el cable de la batería a la bobina calibre 25, este se fundió debido a que la corriente es superior a la capacidad de disipación.
2	21	1 segundo	En la segunda prueba con una bobina calibre 21 se conecta la batería de 9v, en este proceso la bobina se calentó en 1 segundo, por falta de resistencia que soporte el voltaje de la batería.
3	23	0 segundos	En la tercera prueba con la bobina de calibre 23 se le conecto una batería de 7v, presenta un calentamiento mayor que la segunda prueba. En este punto se comprende que el calibre de la bobina no tiene la capacidad de transportar la corriente necesaria para esta prueba.

Basados en tres pruebas fallidas se decidió conectar una fuente de voltaje variable y una resistencia de $1k\Omega$, donde se notó que cuando se disminuyó el voltaje la bobina obtenía más resistencia, pero las bobinas previamente para validar el proceso se implementó la fórmula Wheeler para hallar la inductancia de cada bobina la cual nos servía para saber cuánta resistencia tenía cada una.

Se conectó cada bobina con una fuente variable y no produjo inducción electromagnética que pueda ser registrada en el Gaussímetro, por lo tanto se determinó hacer una cuarta bobina que tenía un cable calibre 24 con 105 espiras y dos capas, se hizo el cálculo teórico de la inductancia y se probó con el medidor ESR 12864 LCD Mega328 corroborando la igualdad en los datos.

A continuación, se explica en la Tabla 3, la prueba de la cuarta bobina:

Tabla 3. Análisis de la cuarta bobina. **Fuente:** Elaboración propia.

Prueba	Calibre de la bobina	Tiempo de duración (antes de calentarse la bobina)	Observación
4	24	30 segundos	La cuarta bobina se le instalo la fuente variable, no produjo inducción electromagnética, se determinó ubicar un transformador de 17 voltios alternos, se conectó un puente de diodos para rectificar a voltaje directo y comienza a producir inducción electromagnética, pero en un corto tiempo se empezó a calentar el puente de diodos, esto hizo que la bobina aumentara su temperatura rápidamente en un tiempo de 30 segundos. Se desconecta para evitar daños en el hilo conductor.

Debido a esta falla se conectó una resistencia de $1K\Omega$ y no funciono, seguimos en el proceso y se cambió la resistencia por una de menor valor, 560Ω la resistencia se calentó después de 15 segundos, por esta razón se le conecto una resistencia de 100Ω , calentándose en menos tiempo y no dio los resultados esperados, miramos la posibilidad de conectar un potenciómetro de $10K\Omega$ y al observar que sucedía y no fue lo mejor, se estipulo

instalar un potenciómetro de menor resistencia, $5K\Omega$, la bobina no genero alguna inducción electromagnética.

Otro intento fue instalar la bobina directamente a la salida del transformador, duro tres segundos en calentarse, pero en ese corto tiempo se midió la inducción electromagnética con el Gaussímetro, para evitar que subiera de temperatura se estipulo cambiar el transformador por uno de menor voltaje.

A continuación, se consiguieron dos transformadores uno de 9 voltios y otro de 3 voltios, colocamos el transformador de 9 voltios a la cuarta bobina esto hizo que aumentara su temperatura en menor tiempo, se decidió colocar un puente de diodos de 6 Amperios

lo cual disminuyo el tiempo en calentarse, pero no era el tiempo adecuado que se esperaba, lo mismo ocurrió cuando se ubicó el transformador de 3 voltios. Se dispuso a construir una quinta bobina, a continuación, explicamos los datos en la Tabla 4.

Tabla 4. Análisis de la quinta bobina. **Fuente:** Elaboración propia.

Prueba	Calibre de la bobina	Tiempo de duración (antes de calentarse la bobina)	Observación
5	22	120 segundos	El calibre del cable de la bobina es 22, con 378 espiras y 3 capas, se midió la inductancia y se instalo la fuente variable la cual no produjo ninguna inducción electromagnética, se determinó conectar un transformador de 9 voltios con el puente de diodos, el cual duro un minuto y treinta segundos en calentarse el puente de diodos y a los 2 minutos la bobina se calentó, se dispuso a conectar una resistencia, no genero inducción.

Después se determinó conseguir una batería de 12 Voltios y 35 Amperios, se conecta la bobina 5 a la batería y da como respuesta inducción electromagnética, pero a los 15 segundos la bobina se calentó se dispuso colocar una resistencia variable de 10k Ω lo cual no generó una inducción electromagnética que registrara el Gaussímetro, se dispuso a conectar un bombillo de 22W, pero tampoco dio una respuesta electromagnética.

Se estipuló conectar un transformador a la batería por la entrada de voltaje de 110V, este se calentó a los 4 minutos por lo tanto no se quiso conectar la bobina.

Se dispuso a construir una sexta bobina, su procedimiento se explica a continuación:

La bobina 6 estando ya conectada, mantiene un rango entre 15 y -15 Gauss, manteniendo su capacidad de disipación, se observa la imagen en la Figura 2 después de tener los datos de inducción magnética (Gauss) con la ecuación 2 procedemos a transformar a 0.1 y -0.1 Teslas. (Convertworld, 2018).

Tabla 5. Análisis de la sexta bobina. **Fuente:** Elaboración propia.

Prueba	Calibre de la bobina	Tiempo de duración (antes de calentarse la bobina)	Observación
6	22	120 segundos	El calibre del cable es 22 con 300 vueltas y 6 capas, la cual fue conectada a la batería pero esta se calentó en 10 segundos después se le instalo la fuente variable y no generaba una inducción electromagnética, se decidió conectarle el transformador de 9 voltios pero este se calentó a los 3 minutos lo cual a los 4 minutos, la bobina estaba tibia, se llegó al acuerdo de colocar en serie el transformador con un bombillo, para disminuir el voltaje de entrada a la bobina, se le instalo un transformador de 3 voltios en serie con el bombillo, dio una inducción electromagnética estable, pasados 15 minutos el transformador y la bobina no se calentaban, el circuito era más estable.

gauss = tesla

$$1 = 10^{-4}$$

Ecuación 2: Conversión Gauss a Tesla



Figura 2. Sexta Bobina. **Fuente:** Elaboración propia.

Montaje del Gaussimetro

La inducción electromagnética se puede medir en Gauss, para poder llegar a medir la bobina necesitamos elaborar un Gaussimetro el cual se investigó y se encontraron los pasos y la programación para montarlo en protoboard, se obtuvo un sensor efecto hall (49E), pero al implementarse mostraba error en su aplicabilidad. Acto seguido se consiguió el sensor (A1302), se consultó su funcionamiento y se inspecciona de modo práctico

con el multímetro, de acuerdo al acercamiento de un imán, en el polo norte mostraba un voltaje positivo que aumentaba y por el polo sur, disminuía el voltaje. Después de saber cómo funcionaba el sensor se procedió a construir el Gaussimetro en protoboard con Arduino, una pantalla LCD 16x2 el sensor, un potenciómetro y cables de conexión (Chessell, 2014).

Por consiguiente se simula la programación adecuada para el sensor (Chessell, 2014) se construyó, luego de estar construido el sensor no era estable, se le cambió el potenciómetro con un trimmer de 10KΩ y con este nuevo artefacto ya era más estable, se procedió a colocar un imán el cual nos muestra datos exactos, el imán en un polo norte el Gaussimetro nos mostraba en su pantalla LCD 16x2 datos positivos y en un polo sur el Gaussimetro nos mostraba datos negativos ya era más confiable para probarlo con las bobinas.

Resultados y discusión

Para la medición de inducción electromagnética en las bobinas, el sensor se colocó en la mitad de cada núcleo, su análisis se tabuló en la Tabla 6.

Tabla 6. Análisis de las Bobinas. **Fuente:** Elaboración propia.

Bobina	Elementos usados	Observación
1,2,3	-Fuente variable -Resistencias de 1KΩ,560Ω y 100Ω de 1/4 W -4 2 batería de 9v	No se evidencia lectura de inducción electromagnética en el Gaussimetro, debido a la poca cantidad de espiras enrolladas sobre la bobina.
4	-Fuente variable -Transformador -Punto de diodos	Con la fuente variable, la bobina no generaba inducción electromagnética, después con el transformador dio un rango entre 37Gauss y -24 Gauss de inducción electromagnética, luego con el puente de diodos la bobina producía un rango entre 45 Gauss y -35 Gauss, pero no duraba mucho tiempo, cuando se calentaba la bobina se aumentaban los resultados del Gaussimetro a un Punto de llegar a 48 Gauss y -50 Gauss de inducción electromagnética.
5	-Fuente variable -Batería de 12v a 35 amperios -Transformador	Con una fuente variable, no producía ninguna inducción electromagnética al conectarse la batería a la bobina, daba un resultado de 60 Gauss de inducción electromagnética, lo cual eran estables pero se calentaba la bobina, por lo tanto se le colocaron resistencias en serie pero no se registró variación de voltaje adecuado y no hacía funcionar la bobina, se conectó el transformador a la batería y nos produjo un polo norte el cual era 37 Gauss y un polo sur que daba -32Gauss, pero al poco tiempo de conectado se calentaba lo cual se descartó instalarle la bobina
6	-Transformador -Serie (plafón conectado a el transformador y a la bobina)	Dio un resultado de un rango de 15 Gauss y -15 Gauss de inducción electromagnética, El circuito no presento variaciones de temperatura durante un lapso de 15 minutos, se consideró que es la bobina más estable para iniciar con el proyecto.

Conclusiones

Los resultados obtenidos en este proyecto muestran que los valores de la inducción electromagnética se encuentran en un rango de -15 y 15 Gauss, obtenidos por medio de la creación de una bobina para lograr la germinación de semillas de espinaca.

Los seis casos en que se experimentaron las bobinas dependieron del número de espiras, el calibre y la longitud del cable de cada bobina, como lo demuestran la metodología y los resultados. En la experimentación de la bobina No 6, se conectó a un bombillo en serie y un transformador de salida en su voltaje a 3V con una corriente de 1.8 Amperios. Su funcionamiento fue superior a las experimentaciones anteriores debido a que este circuito contenía una resistencia de 180Ω, produciendo un rango entre 1,5 y -1,5 militeslas.

Esta bobina es adecuada ya que su inducción electromagnética es estable debido a que su variación de temperatura es baja. En los otros casos la inducción electromagnética registrada en el Gaussímetro era mínima, cuando su temperatura era estable y se generaba un aumento electromagnético, cuando la bobina sufría un aumento de temperatura.

Referencias

- Allegro, MicroSystem (2018). A1301 y A1302: Circuitos integrados de sensores de efecto Hall lineal radiométrico en tiempo continuo. Recuperado de: <https://www.allegromicro.com/en/Products/Magnetic-Linear-And-Angular-Position-Sensor-ICs/Linear-Position-Sensor-ICs/A1301-2.aspx> [Fecha de consulta: 29/07/2018].
- Ayala, G., Terrazas, T., López, L. & Trejo, C. (2004). Variación en el tamaño y peso de la semilla y su relación con la germinación en una población de *Stenocereus beneckeii*. *Interciencia*, 29 (12), 692-697. Recuperado de: <http://www.redalyc.org/pdf/339/33909907.pdf>. [Fecha de consulta: 29/07/2018].
- Barco, H. & Rojas, C., (2004). Diseño y construcción de un Gaussímetro y calibración de este por medio del campo magnético en el interior de un solenoide. *Revista NOOS*. pp 89-97. Recuperado de: <http://bdigital.unal.edu.co/9361/1/01235591.2004.pdf> [Fecha de consulta: 29/07/2018].
- Comunicación, A. (2013). ¿Y qué es un gauss? Recuperado de: <https://secretosparaelsenbienestar.com/blog/productos-magneticos-que-es-un-gauss/> [Fecha de consulta: 29/07/2018].
- Convertworld (2018). Tesla (T), inducción magnética. Recuperado de: <https://www.convertworld.com/es/induccin-magnetica/tesla.html> [Fecha de consulta: 1/05/2018].
- Chessell, J. (2014) Disponible en: <http://awesomejarret.blogspot.com/2014/10/hand-held-a1302-hall-effect-sensor.html>. [Fecha de consulta: 21/07/2018].
- Domínguez, J. (2017). Cálculo de Inductancias de bobinas. Recuperado de: <https://trescientosbaudios.blog/2017/02/20/calculo-de-inductancias-de-bobinas/>. [Fecha de consulta: 05/05/2018].
- Domínguez, P., Hernández, A., Aguilar, C., Cruz, O., Carballo, A., Zepeda, R. & Martínez, E. (2010). Semilla de maíz bajo la influencia de irradiación de campos electromagnéticos. *Revista fitotecnica mexicana*, 33(2), 183-188. Recuperado en 01 de agosto de 2018, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-73802010000200012&lng=es&tlng=es
- García, A. (2015). ¿Qué es Arduino y para qué se utiliza? Recuperado de: <http://panamahitek.com/que-es-arduino-y-para-que-se-utiliza>. [Fecha de consulta: 28/07/2018].
- Jiménez, C., Méndez, M., Daza, M. & Zuñiga, O. (2013). Germinación de semillas de ají (*Capsicum sinense*) estimuladas electromagnéticamente. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 7(1). Recuperado de: <http://www.scielo.org.co/pdf/rcch/v7n1/v7n1a05.pdf>. [Fecha de consulta: 24/02/2018].
- Mecafenix, F. (2017). ¿Que son las bobinas? Recuperado de: <http://www.ingmecafenix.com/electronica/bobinas>. [Fecha de consulta: 28/07/2018].

- Lelyen, R. (2018), ¿Por qué es bueno comer espinacas?
Recuperado de: <https://www.vix.com/es/imj/salud/4068/por-que-es-bueno-comer-espinacas>.
[Fecha de consulta: 23/02/2018].
- Parker, B. (2014). Assebly Manual ESR meter Mk.2.
Recuperado de: http://bobparker.net.au/esr_meter/k7214.pdf. [Fecha de consulta: 28/07/2018].
- PNUD, Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (2011). Informe Nacional de Desarrollo Humano 2011 Colombia rural. Razones para la esperanza. Bogotá, Cundinamarca, Colombia. Recuperado de: http://www.undp.org/content/dam/colombia/docs/DesarrolloHumano/undp-co_ic_indh2011, Isbn: 978-958-8447-63-6. [Fecha de consulta: 24/02/2018].
- Portilla, L. (2015). LCD pantalla de cristal líquido.
Recuperado de: http://www.unipamplona.edu.co/unipamplona/portallG/home_74/recursos/visual-basic-para-excel/03102016/u5_lcd16x2.jsp. [Fecha de consulta: 28/07/2018].
- Rico, F. (2014). Campo magnético variable en semillas de brócoli (*Brassica oleracea* L.) bajo una perspectiva sistémica transdisciplinaria. (Tesis de Doctorado). Instituto Politécnico nacional, México D.F, México [Fecha de consulta: 01/06/2018].
- Rodríguez, M., Plaza, G., Gil, R., Chaves, B. & Jiménez, J. (2008). Reconocimiento y fluctuación poblacional arvense en el cultivo de espinaca (*Spinacea oleracea* L.) para el municipio de Cota, Cundinamarca. *Agronomía Colombiana*, 26(1), 87-96. Recuperado de <https://revistas.unal.edu.co/index.php/agrocol/article/view/13922>
- Romero, V. (2013). Fuente Variable Regulada. Recuperado de: <https://prezi.com/ozfchbxma6kh/fuente-variable-regulada>. [Fecha de consulta: 28/07/2018].
- Serratos, Carlos., (2012). Efectos en la germinación de semillas de guayaba (*Psidium guajava*) después de ser consumidas por monos aulladores negros (*Alouatta pigra*) en Balancán Tabasco, México. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/256643848_Efectos_en_la_germinacion_de_semillas_de_guayaba_Psidium_guajava_despues_de_ser_consumidas_por_monos_aulladores_negros_Alouatta_pigra_en_Balancan_Tabasco_Mexico. [Fecha de consulta: 28/07/2018].
- Balancan_Tabasco_Mexico. [Fecha de consulta: 28/07/2018].
- Shimazaki, F. & H, Shizuoka (1986). Verfahren zur Herstellung von Magnitisiertem. Patente P36138916. [Fecha de consulta: 01/06/2018].
- Tecnoagro (2010). El cultivo de la espinaca *Spinacea oleracea* L. Recuperado de: <https://tecnoagro.com.mx/revista/2010/no-63/el-cultivo-de-la-espinaca-spinacea-oleracea-l>. [Fecha de consulta: 1/08/2018].
- Tecnología hecha palabra (2012). Tesla (unidad). Disponible <http://www.tecnologiahechapalabra.com/salud/enlaces/articulo.asp?i=6626> [Fecha de consulta: 29/07/2018].
- Torres, C., Díaz, J. & Cabal, P. (2008). Efecto de campos magnéticos en la germinación de semillas de arroz (*Oryza sativa* L.) y tomate (*Solanum lycopersicum* L.). *Agronomía Colombiana*, 26(2). Recuperado de <https://revistas.unal.edu.co/index.php/agrocol/article/view/13493>. [Fecha de consulta: 01/06/2018].
- Stake, R. (1999). *Investigación con estudio de casos*. Madrid, España Ediciones Morata. ISBN: 84-7112-422-X. [Fecha de consulta: 09/07/2018].
- Vashisth, A. & Nagarajan, S. (2010). Effect on germination and early growth characteristics in sunflower (*Helianthus annuus*) seeds exposed to static magnetic field. *J. Plant Physiol.* 167, 149-156. doi: 10.1016/j.jplph.2009.08.011. Recuperado de: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19783321>
- Vásquez, A. (2001). Silvicultura de plantaciones forestales en Colombia. Recuperado de: https://conectarural.org/sitio/sites/default/files/documentos/arc_7277.pdf. [Fecha de consulta: 01/06/2018].