

## **Inspección documental sobre la germinación de especies forestales en tratamientos con campos magnéticos**

**José L. Ortiz N<sup>1.</sup>, Nelcy E. Tapia C.<sup>2</sup>**

<sup>1,2</sup> Estudiantes Ingeniería Forestal

joslort\_8@hotmail.com, tapianelcy@gmail.com

### **Resumen**

Este artículo relaciona la inspección documental ejecutada a escritos de investigación correspondientes a la aplicación de electromagnetismo como tratamiento germinativo de semillas, con la prioridad de distinguir aquellos que contenga información sobre especies forestales y resumiendo conceptos básicos del proceso de reproducción de material vegetal. Se aborda un contexto reflexivo sobre la situación presente del aprovechamiento selectivo de especies forestales y la importancia de visibilizar a partir de la academia y las posibles acciones de mitigación para la situación crítica de deforestación que vive la amazonia. Con la ayuda de una paciente recopilación documental, se tratan los pormenores de los efectos sobre diversas especies de plantas del campo magnético, evidenciando resultados muy positivos para aumento en porcentajes de germinación y reducción de tiempos de los mismos, pero en divergencia a esto, identificando que son muy pocas las especies forestales aplicadas a este tipos de indagación y que no existe ninguna investigación que este inmersa en un sistema de gestión, ya sea ambiental o social que son los que más pertinentes al caso, las iniciativas son esporádicas e independientes, pero más que visibilizar una falencia, la inspección documental expone que los resultados tangibles en especies agrícolas como una

oportunidad de réplica hacia las especies forestales y más en Colombia donde se han realizado varios estudios.

**Palabras clave:** electromagnetismo, germinación, latencia, tratamiento

**Abstract:** This article relates the documentary inspection executed research relating to the application of electromagnetism as germination rates of seeds, treatment with the priority to distinguish those that contain information on forest species and summarizing the basic concepts of the reproduction process of plant material. Addresses a reflective context on the present situation of the selective harvesting of forest species and the importance of visibility from the academy and possible mitigating actions for the critical situation of deforestation that lives in the Amazon. With the help of a patient documentary collection, discusses the ins and outs of the effects on various species of plants of the magnetic field, showing very positive results for increase in germination percentages and reduction at the time of the same, but in this divergence, identifying that there are very few forest species applied to this types of inquiry and that there is no research that is immersed in a management system, either environmental or social, which are the most relevant to the case, initiatives are sporadic and independent, but more than make visible a bankruptcy, the inspection documentary exposes that the tangible results in agricultural species as an opportunity to reply toward the forest species and more In Colombia, where there have been several studies.

**Keywords:** electromagnetism, germination, latency, treatment

## Introducción

El departamento del Putumayo hace parte del gran ecosistema amazónico que alberga uno de los entornos más grandes e importantes del globo terrestre gracias a su biodiversidad, lo anterior lo hace susceptible al aprovechamiento selectivo de especies forestales, con el objetivo de suplir la gran demanda maderera del país. El monitoreo de los bosques y otras coberturas de la Amazonia colombiana, período 2007 al 2012 que la TMAD “Tasa Media Anual de Deforestación” para el departamento del Putumayo fue de 125,62 Km<sup>2</sup>/año (Murcia, Huertas, Rodriguez, & Castellanos, 2010) ubicándolo en 4 lugar entre 10 departamentos que conforman la región (Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas [SINCHI], 2012).

Para madereros ilegales suelen ser muy apetecidas las especies con propiedades mecánicas óptimas y por consiguiente elevada demanda y valor comercial; de aumentar y/o mantenerse estos parámetros de impacto perjudicial y nefasto para los bosques, muchas especies podrían desbordar su capacidad de resiliencia y tender a desaparecer. Eventualmente, la legalidad para aquellos que sustentan sus ingresos económicos en estas actividades ilícitas no será posible en la medida que solo se tenga como marco referencia el proteger el medio ambiente y responder a las condiciones ambientales cambiantes, pues la problemática hace parte de un sistema complejo, donde intervienen otras variables de tipo social, económico, cultural y metodológicas (Norma Técnica Colombiana - Organización Internacional de Normalización o Estandarización [NTC-ISO 14001], 2015) que pudiesen ser analizadas y concertadas bajo un sistema integrado de gestión:

De manera general, la integración significa llevar a cabo una combinación, es decir, poner todas las prácticas de gestión internas dentro de un sistema de tal manera que los componentes de dicho sistema no estén separados, sino vinculados para formar una parte integral del sistema de gestión (Carmona Calvo & Rivas Zapata, 2010, pág. 1556)

Especies forestales aprovechadas a mayor velocidad que su capacidad de reproducción, deberán estar inmersas en la aplicación de protocolos de germinación que relacionen investigación e información existente sobre la producción de material vegetal en condiciones ambiente, sitios especializados y que involucren diferentes tratamientos entre ellos el campo magnético producido por una corriente circular en un punto de su eje (Garcia, 2016), uno de los responsables de que en otras especies de uso agrícola como el Maíz (*Zea mays* L.), con un solenoide consten incrementos significativos en germinación de 123.2, 110 y 30.1 % en la velocidad de emergencia (Dominguez P, 2010).

## **Métodos**

Las eventualidades presentadas en el mundo durante los últimos días demuestran la importancia del acceso a las Tecnologías de la Información y la Comunicación TiCs (Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (MinTIC), 2020) por eso la recolección de la información se realizó en sistemas de indización digitales, como redalyc, motores de búsqueda como google scholar, pubmed y worldwidescience, además de los aportes de la biblioteca electrónica scielo en conjunto con redes sociales científicas

entre ellas researchgate, todos los anteriores catalogados como los más importantes servicios de búsqueda digital y que brindaron información de calidad.

Inicialmente se ejecutó un registro general de 106 artículos preseleccionados, para concluir con la lectura y análisis de 54 archivos correspondientes al caso, estos relacionan investigaciones de 22 países, 5 naciones de Suramérica con 16 artículos 29,6% de la información, 2 naciones de Centroamérica con 6 artículos 11,1% de la información, 8 naciones de Europa con 16 artículos 29,6% de la información, 5 naciones de Asia con 8 artículos 22,2% y 2 naciones de Norteamérica con 2 artículos 7,4 % de la información

### **Marco teórico**

Uno de los principales problemas del sector forestal en Colombia es la subutilización de recursos forestales. Esta situación se ha expresado en dos formas: por un lado, la poca diversificación de los productos extraídos de los bosques, tanto a nivel de especies como de partes vegetales, y por otro, el gran desperdicio generado a lo largo de todo el proceso de extracción de la madera. “El tipo de aprovechamiento forestal que se ha desarrollado en el país no ha permitido una regeneración sostenible de los recursos, sino que, por el contrario, propicia la deforestación masiva de los mejores terrenos forestales” (Cárdenas & Salinas, 2007, pág. 25) de la mano con el vacío de información que tenemos de muchas de las especies aprovechadas.

De esta forma, lo anterior es uno de los grandes retos a superar por parte del gobierno nacional y El Plan Nacional de desarrollo 2018 – 2022 Pacto por Colombia, que busca un equilibrio entre el desarrollo productivo y la conservación del ambiente Pacto por la Sostenibilidad (Departamento Nacional de Planeación [DNP], 2018). Según datos incluidos en reciente documento sobre el sector forestal, de las 114´174.800 ha de extensión de Colombia, el 61.5% es de vocación forestal, pero solo un 49% está bajo ese uso; llama la atención, la excesiva ocupación actual del suelo que hace la ganadería (35%) ante el uso potencial para esta actividad económica (16.8%) y el escaso uso actual del suelo en agricultura (4.7%) ante un potencial del 12.7% (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO], 2014).

La academia ha redoblado esfuerzos en implementar metodologías que inviertan los indicadores sobre uso del suelo y deforestación, desarrollando investigaciones recientes que por ejemplo para fases tan sensibles como la germinación han mostrado que además de luz y temperatura, los campos magnéticos y electromagnéticos influyen en el estado de latencia de una semilla, como es sabido la mayoría de las plantas no germinan inmediatamente después de la maduración, esta etapa puede durar desde unas pocas semanas o meses a varios años. “Las semillas de algunas especies germinan a continuación de un intervalo de almacenamiento seco o en la primavera siguiente. Las semillas de otras especies germinan con irregularidad en un período de 2 a muchos años” (Varela & Arana, 2010, pág. 2).

El electromagnetismo es el estudio de los fenómenos eléctricos y magnéticos causados por cargas eléctricas en reposo o en movimiento:

Un campo es la distribución espacial de una cantidad, la cual puede o no ser función del tiempo. Un campo eléctrico variable con el tiempo está acompañado por un campo magnético, y viceversa. En otras palabras, los campos eléctricos y magnéticos variables con el tiempo están acoplados, produciendo un campo electromagnético. En determinadas condiciones, los campos electromagnéticos variables con el tiempo producen ondas que radian de la fuente (Cheng, 1998, pág. 2)

Un campo magnético es un campo de fuerza magnética que se extiende hacia afuera a partir de un imán permanente. Las corrientes eléctricas en movimiento producen campos magnéticos. Por ejemplo, cuando una corriente eléctrica fluye a través de un cable, el movimiento de los electrones a través del cable produce un campo magnético en el espacio que rodea al cable (Sears & Jewett, 2009).

Como antecedente, la influencia del campo magnético sobre el crecimiento de las plantas fue científicamente establecida por primera vez en 1862 por el químico francés Louis Pasteur (1822-1895). Pero en realidad, el padre de los bio-magnéticos modernos es el Dr. Albert Roy Davies, que logró una patente en 1950 para tratar las semillas magnéticamente y conseguir así estimular su crecimiento (Lastras, 2010). Otro antecedente de la década de los 70 referencia a Girasoles (*Helianthus annuus*) criados en un campo electromagnético ELF débil en condiciones controladas de laboratorio y en un invernadero. (Rosenthal, 1975).

Existen diferentes tratamientos electromagnéticos que se realizan en agricultura, entre los que se puede mencionar, el tratamiento magnético del agua, que está basado en el principio de inducción electromagnética el cual evita que se formen incrustaciones calcáreas y paulatinamente elimina las ya existentes (Alfonso, Pérez, & Silvera, 2009, pág. 4)

Observamos que en Colombia se han realizan estudios de germinación con tratamientos de campos magnéticos con la semilla de ají, las cuales al compararlos con el testigo, el tratamiento AC-60mT-120' aumentó el número de plántulas germinadas en un 100%, 93%, 83%, 66%, 52% y 38% para los días 7, 8, 9, 10, 11 y 12 respectivamente. Los resultados indicaron que al incrementar la intensidad y el tiempo de exposición al campo electromagnético, se redujo el tiempo de germinación de las semillas de ají Limo Rojo (Jiménez, 2013, pág. 50)

Estudios realizados de maíz (*Zea mays*), hubo efectos de la radiación electromagnética sobre la germinación, con respecto a los resultados se observa que hay mayor porcentaje de germinación en las plantas que presentan mayor frecuencia de radiación teniendo en cuenta que el tratamiento 945 MHz supera en 12 y 42% de germinación al tratamiento 440 y 000 MHz, y el tratamiento 440 MHz supera en 30% de germinación al tratamiento 000 MHz, es decir, la radiación mejoró el porcentaje de germinación de las plantas. Se observó que “las plantas sometidas a alta frecuencia de radiación (945 MHz) perdieron altura, mostraron un color amarillento en las hojas y debilitamiento en su textura, lo cual conllevó un estrés a dichas plantas en relación con el aumento de frecuencia” (Arenas, 2015, pág. 68)

Por otra parte la implementación del tratamiento de campo magnético, ha demostrado grades resultados en semillas como la del maíz que en la aplicación de radiación electromagnética a una dosis 30 min de exposición a 560 mT, a semillas de maíz del híbrido ‘CL-12 x CL-11’, antes de la siembra, “hubo un incremento significativo de 69,2% en comparación con el testigo en velocidad de emergencia, de 90,5% en establecimiento de plántulas y de 36,6% en peso seco, aumentando su calidad fisiológica” (Armesto, Angarita., & Lobo, 2015).

Los campos magnéticos se pueden representar mediante vectores que determinan la dirección que presentan las líneas de campo o de fuerza en cada punto, a su vez el conjunto de líneas de fuerza que atraviesan una superficie se denomina flujo magnético (Carbonell, Flórez, Martínez, & Álvarez, 2017)

Teniendo como base la líneas de fuerza anteriormente mencionadas, se encontró que la velocidad de germinación y crecimiento de plántulas de algunas especies de cereales, maíz (*Zea mays*), frijol (*Phaseolus vulgaris*) y trigo (*Triticum spp*) se vieron afectadas positivamente cuando las semillas se orientaron paralelamente a estas líneas (Acero Sotto, 2018, pág. 21)

En la especie Algodón *Gossypium*:

Se utilizaron dos edades diferentes de semillas (de 1 y 2 años) para investigar los efectos promotores de las técnicas de cebado. Se descubrió

que el tratamiento con campo magnético de 15 minutos estimula el porcentaje de germinación y promueve las semillas, lo que resulta en valores 85% más altos que las semillas de control en condiciones reales de campo. Además, las semillas que fueron tratadas con campo magnético se desempeñaron mejor en términos de mediciones iniciales y características de la raíz (Dimitrios, Nikolaos, Aspasia, Anestis, & Panagiotis, 2012, pág. 147)

Otra investigación aplicada la encontramos en semillas agrícolas como en frijol y habichuela en la mayoría de los tratamientos aplicados, aunque no se aprecian de igual forma en ambas especies. En el caso de las semillas de frijol y ajonjolí las curvas de viabilidad mostraron que el tratamiento magnético incrementa la germinación cuando la siembra es inmediata al tratamiento, pero la inhibe cuando las semillas son almacenadas posterior al tratamiento. Las Evaluaciones de la humedad de equilibrio de las semillas antes y después del tratamiento confirman que el campo magnético incrementa la permeabilidad de la testa al agua, tal y como suponen algunos autores (Socorro & fraga, s.f.)

El efecto que generan los campos magnéticos sobre las repuestas físicas en los organismos biológicos y las variaciones en su composición química, son temas que ya se han estudiado desde varias décadas atrás. Un área específica de este tema de estudio, es el análisis de la respuesta respecto a la variación de características morfológicas o mayor producción, de plantas como frijol (Vasquez, 2006). Arveja (Vanegas & Londoño, 2006). (Podlesny, Pietruszewsk, & Podlesna, 2005). Tomate (Souza & Porras, 1999) y tabaco (Aladjadjiyan & Ylieva, 2003). Ensayos en la etapa de germinación fueron llevados a cabo

en laboratorios, sometiendo semillas de varias especies a un campo magnético con características físicas definidas, arrojando un aumento en los rasgos de la germinación (Carbonell, Flórez, Martínez, & Álvarez, 2017)

Para especies forestales tenemos que mediante un diseño de bloques al azar se pretendió determinar la carga (mT) más efectiva de exposición electromagnética para influir en el porcentaje de geminación y crecimiento inicial de las semillas de *C. montana*. Se emplearon diferentes cargas (3 intensidades) en dos tiempos (30min y 60 min).

Dichas cargas fueron descargadas a las semillas mediante el uso de un solenoide y por medio de un teslámetro se procedió a realizar el control y/o medición de la descarga. Además, se usó un tratamiento testigo (T0) al cual no se le aplicó ninguna descarga. Los resultados obtenidos no presentaron diferencias significativas, por lo cual se concluye que la especie no requiere de estímulos electromagnéticos para su germinación (Chica, Bernal, & Polanía, 2019)

Las semillas después del tratamiento electromagnético no mostraron contaminación por hongos o bacterias. La escarificación ayudó en la hidratación y extracción de los embriones. Se obtuvo un 87.3% de germinación en el tratamiento con campo electromagnético, un 67.7% con campo magnético y para el control un 28%. Corroborando que la aplicación de los campos electromagnéticos y magnéticos pueden ser utilizados como tratamiento pre germinativo en la especie forestal *A.pavonina* (Ferrer, 2013).

## Resultados y discusión

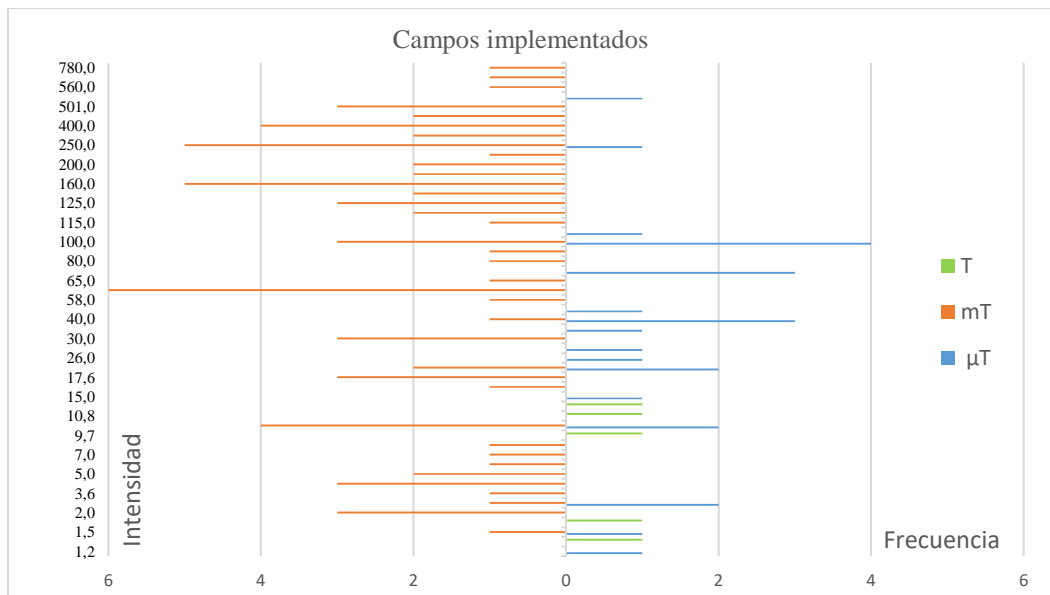
Al referir y exponer conocimiento científico y técnico para promover el uso racional de los recursos, la corriente investigadora de aplicación de campos magnéticos y electromagnéticos sobre especies vegetales, que comenzó a principios del siglo XX y que perdura hasta nuestros días, ofrece como conclusión mayoritaria que los campos magnéticos estacionarios y alternos favorecen la germinación de semillas y el crecimiento de plantas de un gran número de especies. “Más recientemente, los análisis en este campo se han dirigido hacia el estudio de los efectos de campos magnéticos, pero esta vez sobre parámetros o fenómenos fisiológicos a nivel celular, con resultados interesantes” (Carbonell, Flórez, Martínez, & Álvarez, 2017)

“La energía electromagnética actúa sobre la materia e interrelaciona con los organismos biológicos, en cada etapa de desarrollo desde la germinación, y por ello puede ser una técnica de bajo costo para mejorar la calidad de semilla” (Hernández, Cruz, Carballo, Zepeda, & Martínez, 2010) el número de investigaciones usando la técnica de irradiación mediante campos electromagnéticos es muy extenso, pero básicamente se puede agrupar en cuatro tipos

- Campos magnéticos estáticos homogéneos débiles (weak static homogeneous magnetic fields) que va del orden de 0 a 100  $\mu$ T, incluido el campo magnético)
- Campos Magnéticos Homogéneos Fuertes (strong homogeneous magnetic fields) que van del orden de milliTesla a Tesla

- Campo Magnéticos No Homogéneos Fuertes (strong inhomogeneous magnetic fields) van del orden de milliTesla a Tesla
- Campos Magnéticos de extremadamente baja frecuencia y de bajo a moderado flujo magnético (extremely low frequency (ELF) magnetic fields of low to moderate magnetic flux densities). Esta es de varios cientos de microTeslas

Los efectos de las investigaciones varían dependiendo del tipo de campo irradiado, la gráfica y tablas a continuación, presentan las densidades de campos referenciados en la inspección documental de acuerdo al número de ocasiones que se implementó y respuestas al tratamiento para algunas especies referenciadas. El campo más frecuente corresponde a 60 mT seguido de 160 mT y 250 mT.



“Figura 1 Gráfico intensidad de campos implementados vs frecuencia de uso. Fuente propia, junio de 2020.”

Tabla 1.

*Efecto de los campos magnéticos estáticos homogéneos, moderados y fuertes en las plantas.*

Organismo	Densidad de Campo	Unidad	Respuesta al tratamiento
Cebolla ( <i>Allium cepa</i> )	505	μT	Mayor desarrollo de hojas, clorofila y proteínas
Tejo ( <i>Taxus chinensis var. Marei</i> )	3,5	mT	El aumento del crecimiento celular y el taxol síntesis
Haba ( <i>Vicia faba</i> )	1,5 5	mT mT	Mitosis: aumento de la duración de prophase
Cebada ( <i>Hordeum vulgare</i> )	8	mT	Suspensiones celulares callo: disminución de la viabilidad
Lechuga ( <i>Lactuca sativa</i> )	10	mT	Semillas: aumento de la absorción de agua
Koelreuteria ( <i>Koelreuteria paniculata</i> )	10	mT	Sustitutos de la estratificación en frío
Lenteja ( <i>Lens culinaris</i> )	17,6	mT	La inhibición de crecimiento de las raíces
Soja ( <i>Glycine soja</i> )	17,6	mT	La inhibición de crecimiento de las raíces
Trigo harinero ( <i>Triticum aestivu</i> )	17,6	mT	La inhibición de crecimiento de las raíces
Chorela ( <i>Chlorella vulgaris</i> )	40 58	mT mT	Incremento crecimiento Decremento de crecimiento
Maíz ( <i>Zea mayz</i> )	150	mT	Estimulación de la germinación, rebrote
Maíz ( <i>Zea mayz</i> )	60 200	mT mT	Aumento del rendimiento de la germinación y cosecha
Algas ( <i>Chara fragilis</i> )	20 215	mT mT	Mejoramiento o la inhibición de movimiento de rotación citoplásmica
Algas ( <i>Nitella</i> )	20 215	mT mT	
Vallineria ( <i>Elodea Vallisneria</i> )	20 215	mT mT	
Trigo harinero ( <i>Triticum aestivu</i> )	20 215	mT mT	Hoja primaria: estimulación del crecimiento
Arroz ( <i>Oryza sativa</i> )	150 250	mT mT	Incremento en la germinación de la semilla
Soja ( <i>Glycine soja</i> )	300	mT	Aumento de la absorción del agua de la semilla

Zanahoria ( <i>Daucus carota</i> )	500	mT	Estimulación del crecimiento de las raíces
Maíz ( <i>Zea mayz</i> )	500	mT	Estimulación del crecimiento de las raíces
Trigo harinero ( <i>Triticum aestivu</i> )	501	mT	
Soja ( <i>Glycine soja</i> )	501	mT	Mayor crecimiento
Girasol ( <i>Helianthus annuus</i> )	501	mT	
Tradescantia ( <i>Tradescantia sp.</i> )	160	mT	Ningún efecto sobre las mutaciones en las células
	780	mT	
Maíz ( <i>Zea mayz</i> )	100	mT	Incremento de vigor a determinada combinación de tiempo e intensidad de irradiación
	250	mT	
Avena ( <i>Avena sativa</i> )	600	mT	Microfibrillas de celulosa irregulares
	1,8	T	
Trigo harinero ( <i>Triticum aestivu</i> )	10,8	T	La depresión de la l-fenilalanina amonio liasa
	14	T	Crecimiento orientado de la mejor alineación de los tubos de polen en el campo
Lirio ( <i>Lilium longiflorum</i> )	9,7	T	homogéneo, es decir, en ausencia de fuerzas diamagnética
	1,4	T	
Algodón ( <i>Gossypium</i> )	100	mT	Efecto sobre algunos procesos metabólicos
Mani ( <i>Arachis hypogea</i> )	100	mT	Efectos en el rendimiento

Fuente: (Rico, 2009, pág. 13)

Tabla 2.

*Efecto de los campos magnéticos estáticos homogéneos mediante imanes permanentes, moderados y fuertes en las plantas.*

Organismos	Densidad de Campo	Unidad	Observación	Respuesta
Arveja ( <i>Pisum sativum</i> )	60	mT	Imán permanente	Semillas: la mejora de la germinación
Manzana ( <i>Malus sylvestris</i> )	60	mT		
Melocoton ( <i>Prunus armenica</i> )	60	mT		
Durazno ( <i>Prunus persica</i> )	60	mT		

Cebada ( <i>Hordeum vulgare</i> )	65	mT	Imán permanente	Tratamiento magnético de semillas ineficaz la estimulación de la tasa neta de asimilación
Papa ( <i>Solanum tuberosum</i> )	115	mT	Imán permanente	aumento de peso y número de tubérculos
Trigo harinero ( <i>Triticum aestivu</i> )	180	mT	Imán permanente	Tratamiento de semillas germinadas y de reposo; efecto en las plantas de semillero: incremento de crecimiento , elevado contenido de azúcar
Trigo harinero ( <i>Triticum aestivu</i> )	400	mT	Imán permanente	Tratamiento de semillas secas: no hay efecto en la germinación y el crecimiento de plántulas
Trigo ( <i>Triticum durum</i> )	400	mT		
Cebada ( <i>Hordeum vulgare</i> )	400	mT		
Avena ( <i>Avena fatua</i> )	400	mT		
Cebolla ( <i>Allium cepa</i> )			Imán permanente	Mitosis en meristemas
Cebada ( <i>Hordeum vulgare</i> )			Imán permanente	Acelera la germinación
Frijol ( <i>Phaseolus vulgaris</i> )			Imán permanente	Incrementa el rendimiento de la cosecha
Tomate ( <i>Lycopersicon esculentum</i> )			Imanes indefinidos	Mejora el fruto maduro
Mostaza ( <i>Sinapis alba</i> )			Imán permanente	Germinación, crecimiento de las plántulas

Fuente: (Rico, 2009, pág. 14)

Tabla 3.

*Efectos de los campos electromagnéticos alternos en plantas.*

Organismos	Densidad de Campo	Unidad	Respuesta
Alcornoque mediterráneo ( <i>Quercus suber L.</i> )	15	uT	Efecto sobre la embriogénesis y la germinación
Girasol ( <i>Helianthus annuus</i> )	20	uT	Aumento de peso y aumento de la germinación

Trigo harinero ( <i>Triticum aestivum</i> )	20	uT	
Espinaca ( <i>Spinacia oleracea</i> )	27	uT	Modulación de la importación de Ca <sup>2+</sup> + en membranas aisladas
Rábano ( <i>Raphanus sativus</i> )	37	uT	Disminución de la absorción de CO <sub>2</sub> en las plantas de semillero se redujo el peso seco y área
Rábano ( <i>Raphanus sativus</i> )	40	uT	
Cebada ( <i>Hordeum vulgare</i> )	78	uT	Aumento de la raíz y diámetro de tallo de hoja
Mostza blanca ( <i>Sinapis alba</i> )	40	uT	
Haba (	40	uT	Sin efectos
<i>Vicia faba</i> )	78	uT	
Picea	10	uT	Raíces: el aumento de la permeabilidad iónica de las membranas de iones
( <i>Picea abies</i> )	100	uT	
Picea	26	uT	Reducción del crecimiento
( <i>Picea abies</i> )	105	uT	
Berro ( <i>Lepidium sativum</i> )	10	uT	
Berro ( <i>Lepidium sativum</i> )	100	uT	Resonancia sin efecto
Berro ( <i>Lepidium sativum</i> )	100	uT	Estimulación de crecimiento hasta la prueba
Hibrido mandarina naranja ( <i>Citrus clementina</i> )	100	uT	Incremento en el crecimiento de la plántula
Castaño ( <i>Castanea sativa</i> )	250	uT	Estimulación de crecimiento
Haba ( <i>Vicia faba</i> )	1,5	uT	Mitosis: aumento de la duración de profase ninguna rotura cromosómica
Kiwi ( <i>Actinidia deliciosa</i> )	3,5	uT	Anomalías morfológicas de los tubos de polen, crecimiento helicoidal.
Tejo ( <i>Taxus chinensis var. Marei</i> )	3,5	uT	Anomalías morfológicas de los tubos de polen, el crecimiento helicoidal
Castaño ( <i>Castanea sativa</i> )	1,2	uT	Modulación del crecimiento
Trigo harinero ( <i>Triticum aestivum</i> )	30	mT	Estimulación de la raíz y brote
Ciruelo ( <i>Prunus cerasifera</i> )			Aumento del número de raíz, longitud y peso

Es de reseñar que según la inspección documental sobre la germinación de especies forestales en tratamientos con campos magnéticos y electromagnéticos, no tiene un contraste tan significativo en su implementación como el expuesto para la germinación de especies de producción alimenticia, el 85,2 % de las especies referenciadas son de uso agrícola, contra un 14,8 % de especies forestales resaltando que solo 4 de las 8 encontradas se encuentran en nuestro país y solo dos en la Amazonía , esto no quiere decir que para las especies forestales no se reporten resultados positivos, casos especificativos como en la germinación de *Leucaena leucocephala* Se pudo observar aumento en el ritmo de germinación de las semillas expuestas al tratamiento magnético, así como al final del experimento, una mayor cantidad de semillas germinadas con respecto al grupo de control; notándose un aumento de la acentuación de este efecto para el tratamiento de 125 mT, 60 minutos (Torres, Bueno, & Hicapie, 2010)

Otro estudio que expresa resultados tangibles es la exposición de las semillas de Chocho pequeño (*A. pavonina L*)

En los campos magnéticos estáticos (95 mT) y campo electromagnético (2mT) que mostraron efectos positivos y estimulantes para las variables analizadas en el porcentaje de germinación por día, porcentaje total de germinación y el índice de germinación en relación a las no tratadas (Medeiros, 2013)

Sin embargo este estudio es muy claro en relacionar que previo a la aplicación de campos magnéticos y electromagnéticos es necesario implementar procesos de escarificación como

método pre-germinativo para especies como estas, de testa dura que presenta semillas de tegumento impermeable, periodo de latencia largo y de difícil germinación.

En divergencia con lo expuesto y como única referencia de todos los artículos analizados, todas las semillas de Cedro (*Cedrela montana Turcz*) sometidas a una alta intensidad de descarga y un alto tiempo de exposición (T5: 20 mT/60 min) se quemaron, lo cual sugiere que al implementar descargas electromagnéticas muy altas se puede llegar a tener el efecto contrario al deseado debido a la reducción de la viabilidad de las semillas (Chica, Bernal, & Polanía, 2019) lo anterior evidencia falencias en la unificación de parámetros, esto debido en gran parte a las diferencias en los estados de latencias de las semillas, como es sabido la mayoría de las plantas no germinan inmediatamente después de la maduración, esta etapa puede durar desde unas pocas semanas o meses a varios años dependiendo la exposición a diversos factores propios del ambiente como la luz, la temperatura, la precipitación entre otras que son difícil de simular en laboratorio, esto, aún más para especies forestales que como ya se ha especificado han sido poco experimentadas.

En la generación de los campos se ha usado bobinas inducidas eléctricamente con corriente directa, campos magnéticos homogéneos, corriente alterna campos magnéticos alternos o dinámicos y con imanes permanentes, uno de los estudios del ají (*Capsicum sinense*) dentro de sus variables a evaluar incluyo la implementación de campos electromagnéticos con corriente de tipo continua (DC) y paralelamente con corriente alterna (AC) donde no se encontraron diferencias significativas entre tipos de corriente pero sí entre

intensidades del campo magnético, con tendencia a presentar mejor porcentaje de germinación con el campo de 60 mT (Jiménez, 2013).

No se identifica directamente protocolos de reproducción de material vegetal con exposición a campos magnéticos y electromagnéticos inmersos en sistemas de gestión, la gran mayoría son iniciativas científicas académicas, sin embargo existe interacción de organizaciones productoras agrícolas, quienes indirectamente y gracias a los resultados positivos ya referenciados han creado la oportunidad de articular estos estudios dentro de los mismos sistemas, más que una falencia, esto puede ser percibido como una oportunidad de mejora y de entrever que cada vez resulta más notorio que las empresas buscan nuevas formas de generar valor agregado para sus productos y servicios, y que esto representa una gran oportunidad para alinear los objetivos de las organizaciones con aquellos que son altamente valorados por la sociedad, no sólo es el suministro de productos y servicios que satisfagan al cliente, y hacerlo sin poner en peligro el medio ambiente, sino también funcionar de una manera socialmente responsable (Organización Internacional de Normalización o Estandarización [ISO 26000], 2010).

### **Referencias**

Acero Sotto, L. M. (2018).

[http://repository.udistrital.edu.co/bitstream/11349/15448/1/EFFECTOS%20DE%20LOS%20TRATAMIENTOS%20MAGN%  
c3%89TICOS%20Y%20ELECTROMAGN%  
c3%89TICOS%20SOBRE%20SEMILLAS%20Y%20PL%  
c3%81NTULAS.pdf](http://repository.udistrital.edu.co/bitstream/11349/15448/1/EFFECTOS%20DE%20LOS%20TRATAMIENTOS%20MAGN%c3%89TICOS%20Y%20ELECTROMAGN%c3%89TICOS%20SOBRE%20SEMILLAS%20Y%20PL%c3%81NTULAS.pdf)

Aladadjijyan, & Ylieva. (2003). Influence of stationary magnetic field on the early stage of the development of tobacco seeds (*nicotiana tabacum* L). *Central European*, vol. 4, N° 2, pp. 131–137.

Alfonso, Pérez, P., & Silvera. (2009). Efecto del agua tratada magnéticamente sobre los procesos biológicos. *Revista electrónica de Veterinaria REDVET*, Vol. 10, N° 4.

Arenas. (2015). Efectos de la radiación electromagnética sobre la germinación del maíz. *Revista Tecnura*, 65-73.

Armesto, A., Angarita., & Lobo, J. (2015).

[http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0123-921X2015000300006](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0123-921X2015000300006).

Carbonell, Flórez, Martínez, & Álvarez. (2017).

<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6769197>.

Cárdenas, D., & Salinas, N. (2007).

[https://sinchi.org.co/files/publicaciones/publicaciones/pdf/LR\\_MADERABLES.pdf](https://sinchi.org.co/files/publicaciones/publicaciones/pdf/LR_MADERABLES.pdf).

Carmona Calvo, M. Á., & Rivas Zapata, M. Á. (Septiembre de 2010).

[http://adingor.es/congresos/web/uploads/cio/cio2010/QUALITY\\_MANAGEMENT//1555-1564.pdf](http://adingor.es/congresos/web/uploads/cio/cio2010/QUALITY_MANAGEMENT//1555-1564.pdf).

Cheng. (1998).

<https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=8aipFzSCKnkC&oi=fnd&pg=PA2&dq=fundamentos+de+electromagnetismo+para+ingenier%C3%ADa&ots=Xk7PUNds4t&sig=MLu3A9DGYNznax2zL8vLLi96COo#v=onepage&q=fundamentos%20de%20electromagnetismo%20para%20ingenier%C3%ADa&f=false>.

Chica, Bernal, & Polanía. (2019). ESTIMULACIÓN PREGERMINATIVA POR MEDIO DE CAMPOS ELECTROMAGNETICOS A SEMILLAS DE *Cedrela montana*

- Turcz. Boletín Semillas Ambientales, Recuperado a partir de <https://revistas.udistrital.edu.co/index.php/bsa/article/view/15869>, 13(2), 15-23.
- Departamento Nacional de Planeación [DNP]. (2018). <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Prensa/Resumen-PND2018-2022-final.pdf>.
- Dimitrios, Nikolaos, Aspasia, Anestis, & Panagiotis. (2012). Investigación del campo electromagnético pulsado como un nuevo método orgánico previo a la siembra en la germinación y las etapas iniciales de crecimiento del algodón. *Revista Biología y Medicina Electromagnética*, Vol. 31, No 2. 143-150.
- Dominguez P. (Abril de 2010). [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0187-73802010000200012&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0187-73802010000200012&script=sci_arttext).
- Ferrer. (2013). Influencia de campos magnéticos sobre el establecimiento in vitro de embriones cigóticos de *Adenantha pavinina* L. *Biología vegetal*, Vol. 13, No 3: 145 - 152.
- García. (2016). <http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica3/magnetico/espira/espira.html>.
- Hernández, D., Cruz, Carballo, Zepeda, & Martínez. (2010). [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0187-73802010000200012&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0187-73802010000200012&script=sci_arttext).
- Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas [SINCHI]. (2012). [http://siatac.co/c/document\\_library/get\\_file?uuid=a0ec40be-0617-4ee8-8f27-1b66890bfcdc&groupId=762](http://siatac.co/c/document_library/get_file?uuid=a0ec40be-0617-4ee8-8f27-1b66890bfcdc&groupId=762).
- Jiménez. (2013). Germinación de semillas de ají (*Capsicum sinense*) estimuladas electromagnéticamente. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, Vol. 7 No 1,2.
- Lastras. (Julio de 2010). <http://saludbio.com/articulo/efectode-los-campos-magneticos-en-los-seres-vivos>. [Último Acceso: 2 de Junio 2011].

- Medeiros. (2013). Influencia de campos magnéticos sobre el establecimiento in vitro de embriones cigóticos de *Adenantha pavinina* L . *Biología vegetal*, Vol. 13, No 3: 145 - 152.
- Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (MinTIC). (Abril de 2020). <https://www.mintic.gov.co/portal/inicio/Ministerio/Acerca-del-MinTIC/>.
- Muraji, & Tatebe, A. y. (1998). asa de crecimiento de la raíz primaria de plántulas de *Zea mays* cultivadas en un campo magnético alterno de diferentes frecuencias. *Bioelectroquímica y bioenergética*, 271-273.
- Murcia, Huertas, Rodriguez, & Castellanos. (2010). [http://siatac.co/c/document\\_library/get\\_file?uuid=a0ec40be-0617-4ee8-8f27-1b66890bfcde&groupId=762](http://siatac.co/c/document_library/get_file?uuid=a0ec40be-0617-4ee8-8f27-1b66890bfcde&groupId=762).
- Norma Técnica Colombiana - Organización Internacional de Normalización o Estandarización [NTC-ISO 14001]. (2015). [https://informacion.unad.edu.co/images/control\\_interno/NTC\\_ISO\\_14001\\_2015.pdf](https://informacion.unad.edu.co/images/control_interno/NTC_ISO_14001_2015.pdf).
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO]. (2014). <http://www.fao.org/3/j4192s/j4192s06.htm>.
- Organización Internacional de Normalización o Estandarización [ISO 26000]. (2010). <https://www.iso.org/standard/42546.html>.
- Podlesny, Pietruszewsk, & Podlesna. (2005). Influence of magnetic stimulation of seeds on the. *Int. Agrophysics*, vol. 19, pp. 61–68.
- Rico. (2009). <https://www.sepi.esimez.ipn.mx/msistemas/archivos/Rico%20Molina%20Ricardo.pdf>.

Rosenthal. (1975).

<https://ntrl.ntis.gov/NTRL/dashboard/searchResults/titleDetail/ADA023092.xhtml>.

Sears, R., & Jewett, J. (2009).

<https://books.google.com.co/books?id=6upvonUt0O8C&printsec=frontcover&dq=inauthor:%22Raymond+A.+Serway%22&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwiFq5PjpfnpAhX7SjABHQVBBu8Q6AEIQDAD#v=onepage&q&f=false>.

Socorro, & fraga. (s.f.).

<https://magnetismocnea.files.wordpress.com/2010/08/agricultura.pdf>.

Souza, & Porras. (1999). Efecto del tratamiento magnético de semillas de tomate

(*lycopersicon esculentum mill*) sobre la germinación de las plántulas. Invest. Agr.:

Prod. Veg., vol. 14, N° 3, pp. 437–444.

Torres, Bueno, & Hicapie. (2010).

<http://revistas.utp.edu.co/index.php/revistaciencia/article/view/1861/1107>.

Vanegas, & Londoño. (2006). Efecto del campo. Revista, vol. 38, N° 2, pp. 942-945.

Varela, S., & Arana, V. (2010).

<http://exa.unne.edu.ar/biologia/fisiologia.vegetal/Latenciaygerminaci%C3%B3ndesemillas.pdf>.

Vasquez. (2006). Efecto de los campos magnéticos. Revista colombiana de Física, vol. 38,

N° 3, pp. 1307-1310.