



Influencia del campo magnético en la germinación y desarrollo de plántulas de *Cedrela montana* Moritz ex Turks (cedro) en Amazonas, Perú

Influence of the magnetic field on the germination and development of seedlings of *Cedrela montana* Moritz ex Turks (cedar) in Amazonas, Peru

Angel Fernando Huaman Pilco^{1*}, Lorenzo Esau Culqui Mirano¹, Paula Alejandra Quilcate Pérez¹, Eli Pariente¹, Manuel Oliva¹, Tito Sánchez Santillán²

RESUMEN

El presente trabajo tuvo por objetivo evaluar la influencia del campo magnético en la germinación y desarrollo de plántulas de *Cedrela montana* Moritz ex Turks (cedro) en Amazonas, Perú. Las semillas de la especie forestal se expusieron a una fuerza magnética de 120 mT, durante diferentes periodos de tiempo. Los tiempos expuestos fueron de 0, 20, 40, 60, 120 min. En el experimento las variables evaluadas fueron: capacidad germinativa, presencia de hojas verdaderas y longitud total de plántulas. Los resultados muestran que el tratamiento 3 presenta mayor tasa de germinación 45%, y el valor más bajo lo tiene el tratamiento 4 con 35.5%; el crecimiento evaluado a 40 y 60 días después de la emergencia y mediante la prueba estadística se encuentra diferencia significativa, documentando como el mejor tratamiento a 40 min de exposición al campo magnético, y el tratamiento 60 min de exposición, con la media de crecimiento más bajo.

Palabras clave: *Cedrela montana*, crecimiento, desarrollo, germinación, plántula.

ABSTRACT

The objective of this work was to evaluate the influence of the magnetic field on the germination and development of seedlings of *Cedrela montana* Moritz ex Turks (cedar) in Amazonas, Peru. The seeds of the forest species were exposed to a magnetic force of 120 mT, for different periods of time. The exposed times were 0, 20, 40, 60, 120 min. In the experiment the variables evaluated were: germination capacity, presence of true leaves and total length of seedlings. The results show that treatment 3 has a higher germination rate of 45%, and the lowest value is that of treatment 4 with 35.5%; the growth evaluated at 40 and 60 days after emergence and by means of the statistical test a significant difference is found, documenting as the best treatment at 40 min of exposure to the magnetic field, and the treatment 60 min of exposure, with the mean growth rate more low.

Keywords: *Cedrela montana*, increase, developing, germination, seedling.

¹Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas, Instituto de Investigación para el Desarrollo Sustentable de Ceja de Selva, Chachapoyas, Perú.

²Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana, Iquitos, Perú.

*Autor de correspondencia. E-mail: anfer.hp13@gmail.com

I. INTRODUCCIÓN

Los campos magnéticos interactúan de manera natural entre nosotros y sirven como estimulante de germinación y crecimiento de plantas, en las últimas décadas se está desarrollando técnicas para su uso (Ülgen *et al.*, 2017, Nyakane y Sedibe, 2019). Innumerables autores indican el efecto positivo del campo magnéticos en las semillas, y estimulación en el desarrollo de las plántulas (Kim *et al.*, 2016, Alpsy y Unal, 2019).

El cedro de altura *C. montana* Moritz ex Turks, es una especie forestal nativa de zonas altoandinas, muy apreciada principalmente por la calidad de su madera y valor agroecológico (Venegas *et al.*, 2019), actualmente es una especie muy vulnerable, ya que existe una tala indiscriminada de esta especie forestal, aparte de ser explotada, suele ser atacado en su ámbito natural por el barrenador de las meliáceas *Hypsipyla* sp Zeller (Zanetti *et al.*, 2017)

Actualmente existe escasa información de propagación por semillas de árboles nativos, siendo las especies forestales nativas importantes para restaurar áreas degradadas (De Souza *et al.*, 2020). La germinación es un evento esencial dentro de la biología de las semillas, en este proceso ocurren una serie de cambios fisiológicos en su interior (Fowler y Bianchetti, 2018). En el distrito de Molinopampa, la especie *C. montana* se encuentra principalmente en zonas montañosas y algunos árboles en sistema agrosilvopastoriles, en el área se practica la ganadería sostenible, debido a esto actualmente se está priorizando la instalación de sistemas agrosilvopastoriles con especies nativas (Oliva *et al.*, 2012). A pesar de la gran importancia de *C. montana*, no se encuentran estudios relacionados a la germinación y biología de especies forestales nativas en Molinopampa.

Esta investigación de uso de campos magnéticos en el tratamiento pregerminativo de semillas de cedro de altura *C. montana*, busca nuevos métodos eficientes que incrementen la tasa de germinación y acelere el periodo de crecimiento. Así como protocolos que se puedan adoptar fácilmente por el agricultor local.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

Descripción de la zona de estudio y colecta de semillas

El material experimental se colectó del bosque nativos que abarcan los sectores de Pumahermana, Ocol y San Jose pertenecientes al distrito Molinopampa, las coordenadas geográficas del lugar de colección son 6° 18' 00" longitud norte y 77° 36' 00" latitud sur y una altitud promedio de 2246 m.s.n.m, donde se seleccionó solamente un árbol *C. montana* de buenas características para semillero, solo uno para eliminar el sesgo de genotipo de semilla (Figura 1).

El clima de la zona se caracteriza por ser húmedo y templado, responde a una temperatura promedio anual de 14,7 C, valor de temperatura máxima de 27,5 °C y mínima de 5 °C, con una precipitación anual promedio de 1200 mm. La vegetación del área donde se colectó la semilla, es denominada bosques subandinos se caracteriza por tener una especie forestal predominante que son las palmeras (*Ceroxylon* sp.) cuyas medidas de dosel sobrepasan los 20 metros de altura (Vargas, 2010).

Prueba de viabilidad

Se realizó una prueba de viabilidad de semillas en la estación experimental de Huambo Rodríguez de Mendoza, este se encuentra ubicado a una altura de 1714 m.s.n.m. y cuyas coordenadas son latitud 06°25'39" Sur y longitud 77°32'13" Oeste. Para determinar la viabilidad de las semillas colectadas, estas se sometieron a una prueba de tetrazolio, esta prueba permite saber el estado fisiológico de cada semilla y si están aptas para someter a pruebas de germinación (Mancipe-Murillo *et al.*, 2018).

Tratamientos

Para los tratamientos de las semillas con campos magnéticos se usaron imanes de baja inducción 1200 Gauss, las semillas se expusieron a diferentes tiempos denominados tratamientos en este estudio (Tabla 1).

Prueba de germinación

Las semillas luego de ser expuesta a los tratamientos se acondicionaron en sustrato previamente desinfectado, estas se cubrieron bajo un sustrato de 1 cm de espesor aproximadamente. Luego que germinaron las

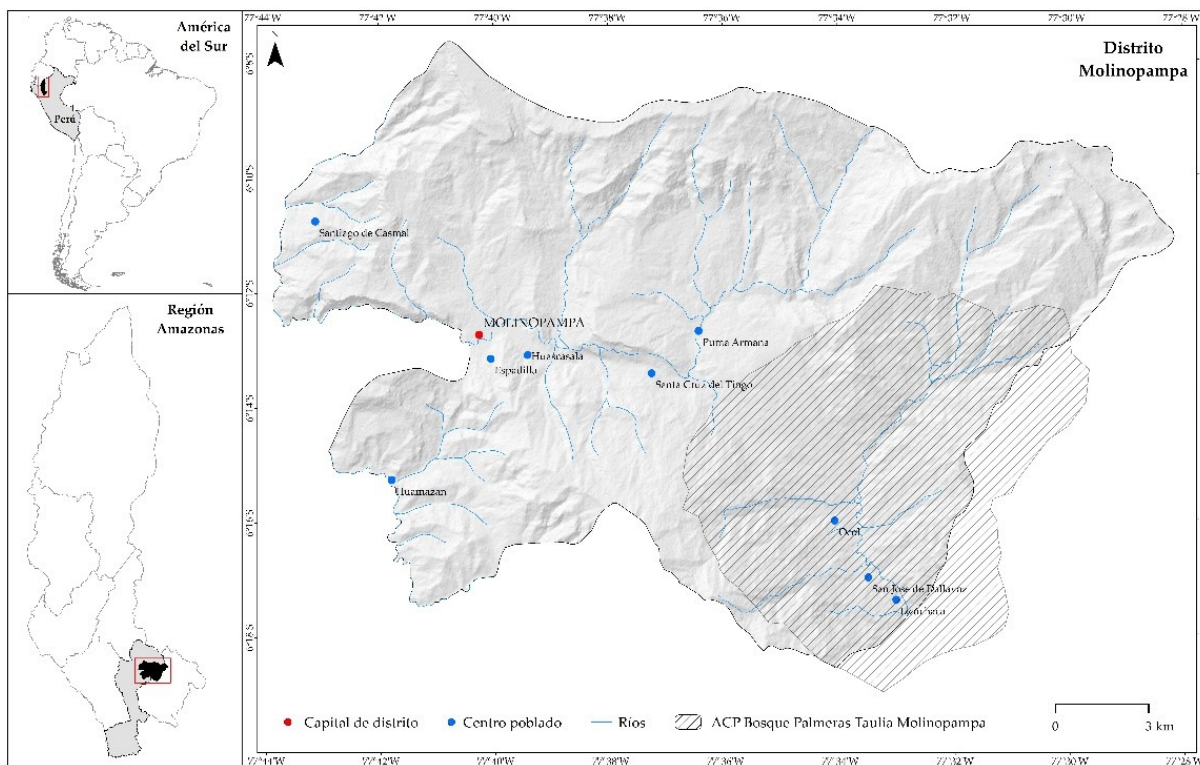


Figura 1. Zona de ubicación de distribución de árboles de *C. montana*.

Tabla 1. Descripción de tratamientos de estudio

Tratamiento	Descripción
T1	sin exposición
T2	20 minutos de exposición
T3	40 minutos de exposición
T4	60 minutos de exposición
T5	120 minutos de exposición

semillas, se colocaron en bandejas germinadoras, donde se regaron con la misma cantidad de agua destilada, cada dos días, se realizó un monitoreo visual diariamente, los datos sirvieron para evaluar la capacidad de germinación que se expresaron como una fracción de las semillas germinadas “G”, después de un cierto tiempo “t” y se calcularon a partir de la ecuación de Pawlat *et al.* (2018).

$$G = \frac{n}{n_T} \cdot 100\%$$

Dónde:

n = número de semillas germinadas en el tiempo t

n_T = número total de semillas sembradas

Aparición de hojas verdaderas

También se evaluó los días de aparición de las hojas verdaderas, se tomó en cuenta los días desde que la semilla se expuso al campo magnético hasta la aparición de las hojas verdaderas, teniendo como conocimiento que las primeras hojas son cotiledónales.

Crecimiento de plántulas

Se evaluó el crecimiento cada 24 horas de las plántulas, para esta variable se usó una regla, se midió la plántula desde el cuello hasta el ápice de la misma.

Análisis de datos

El experimento fue conducido bajo un Diseño Completo al Azar DCA (se utilizaron 5 tratamientos, 4 repeticiones y 40 semillas por cada repetición). Los datos fueron sometidos al cumplimiento de los supuestos de Normalidad (Shapiro Wilk) y homogeneidad de varianzas (Test de Levene). Cumplidos éstos, se realizó el análisis de varianza (ANOVA) (p < 0,05) y una comparación múltiple de medias con el test post-hoc de Duncan (p < 0,05), con el software estadístico SPSS.

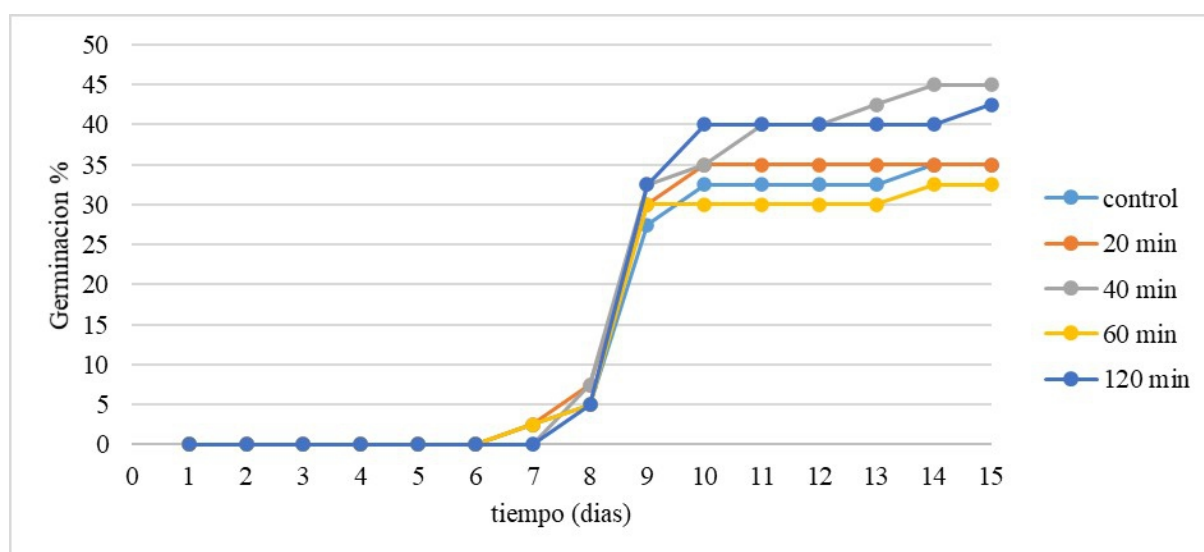


Figura 2. Comportamiento de germinación de *C. montana*, después de tratamiento previo con campos magnéticos.

Tabla 2. Días a la aparición de las primeras hojas verdaderas

Tratamiento	Medio	N	Desviación estándar	Error estándar de la media
1	34,2 a	5	3,768	1,685
2	32,4 a	5	1,516	0,678
3	34,2 a	5	4,086	1,827
4	35,0 a	5	3,674	1,643
5	35,4 a	5	3,646	1,630

Letras iguales significa que no existe diferencias significativas entre medias de los tratamientos

III. RESULTADOS

Comportamiento de germinación.

Se muestran los resultados de la dinámica de la capacidad germinativa, de semillas de cedro de altura *C. montana*, iniciando a partir de los 7 días y culminando a los 15 días, cada punto indica el valor de fracción de semillas germinadas con respecto al tiempo, se observa un comportamiento germinativo mayor en el tratamiento 3 (exposición al campo magnético por 40 min), sobre los demás tratamientos, con una germinación de hasta 45% (Figura 2).

Altura de plántula

Se evaluó a los 40 y 60 días después de la germinación, en ambas evaluaciones se muestran diferencias significativas entre tratamientos, luego de ser sometidas a la prueba de Duncan. El Tabla 3 presenta valores de crecimiento a los 40 días, donde se observa que el tratamiento 3 (exposición por 40 minutos al campo magnético), obtuvo un mayor crecimiento con una media de altura de 34.2 cm y la media más baja correspondiente al tratamiento 4 (exposición por 60 minutos al campo

magnético) con 20,2 cm, estas diferencias significativas se mantienen a los 60 días después de la germinación, así como se muestra en el Tabla 4.

IV. DISCUSIÓN

El almidón de los cotiledones, presentan un campo diamagnético, la cual se oponen entre sí, pero generalmente esta es muy débil, bajo este aspecto incrementar el magnetismo mediante imanes puede actuar sobre el material biológico (Patel, 2002).

Con respecto al comportamiento germinativo se obtuvo hasta un 45%. Estos resultados fueron superiores al obtenido por Quinto *et al.* (2009) en su investigación con tres arboles tropicales, dentro de estas el cedro rojo (*Cedrela sp.*), obtuvo hasta un máximo de 32 % de germinación, usando como tratamientos sustratos, en esta investigación se obtuvo hasta un máximo de 45 % de germinación usando a los campos magnéticos como tratamiento, resultados prometedores para futuras investigaciones. Por otro lado, resultados similares son obtenidos en otras especies tal como mencionan

Tabla 3. Evaluación a los 40 días luego de la germinación

Tratamiento	Medio	N	Desviación estándar	Error estándar de la media
3	34,2 a	5	10,545	4,715
5	30,0 de	5	9,772	4,370
2	26,8 de	5	6,833	3,056
1	26,4 de	5	9,423	4,214
4	20,2 c	5	10,639	4,758

Letras iguales significa que no existe diferencias significativas entre medias de los tratamientos

Tabla 4. Evaluación a los 60 días luego de la germinación

Tratamiento	Medio	N	Desviación estándar	Error estándar de la media
3	48,8 a	5	14,394	6,437
5	38,6 de	5	13,831	6,185
2	33,0 de	5	9,617	4,301
1	32,6 de	5	12,421	5,555
4	24,8 c	5	13,881	6,208

Letras iguales significa que no existe diferencias significativas entre medias de los tratamientos

Kirdar *et al.* (2016), en su investigación con pino piñonero (*Pinus Pinea* L.), donde los resultados indicaron que las semillas expuestas a un campo magnético durante 35 y 45 min resultaron con mayor germinación, con 43% y 55% respectivamente, resultados similares al obtenido en esta investigación. Por su parte, De Medeiros *et al.* (2013) en su investigación con la especie forestal ojo de dragon (*Adenanthera pavonina* L) muestran que los campos electromagnéticos y magnéticos estáticos estimulan la germinación y pueden ser empleados como estimulantes en la fase pre-germinativa, ellos investigaron tiempos de exposición de 1, 24 y 72 horas, teniendo todos efectos positivos con respecto al tratamiento. Así mismo Torres *et al.* (2008), muestran que la exposición a campos magnéticos desde 1 min hasta 48 horas tiene un efecto positivo en semillas de *Oriza sativa* y en *Licopersicum esculentum* el tiempo de exposición de 10 min resalto con respecto al testigo.

Por otro lado, con respecto a la aparición de hojas verdaderas no se encontró diferencia significativa, esto coincide con lo mencionado por Venegas *et al.* (2019), quien, en su investigación, haciendo uso de campos magnético para estimulación pregerminativa de *Cedrela montana*, no encontró diferencias entre tratamientos y tampoco en relación al testigo.

Las evaluaciones del crecimiento muestran diferencias significativas con respecto al testigo. Estos resul-

tados indican que el campo magnético estimula de manera positiva sobre el crecimiento en altura de plántulas de *C. montana*, en estas circunstancias se obtuvieron resultados similares para diferentes especies vegetales como el pino (Kirdar *et al.* 2016), Maiz (Vas-histh y Joshi, 2017), arroz y tomate (Torres *et al.* 2008), ojo de dragon *Adenanthera pavonica* (De Medeiros *et al.* 2013), Girasol (Padrino *et al.* 2005), *Leucaena Leucocephala* (Hincapié *et al.* 2010). Sin embargo (Venegas *et al.* 2019), investigaron con especie *Cedrela montana*, haciendo de uso de campos electromagnéticos como tratamiento pregerminativo, donde encuentran que no presentan diferencias significativas entre los tratamientos aplicados.

V. CONCLUSIONES

Las semillas de la especie *C. montana* expuestas al campo magnético por 40 minutos tienen un comportamiento de germinación positivo llegando a un máximo de 45%.

El Tratamiento 3 (40 minutos de exposición), tiene influencia positiva en la estimulación de crecimiento de plántulas de cedro de altura, teniendo el valor de 14,394; por el contrario, el Tratamiento 4 (60 minutos de exposición) tiene el valor más bajo de crecimiento con una media de 13,881 cm, de altura total.

VI. CONTRIBUCIÓN DE LOS AUTORES

Todos los autores participaron en la conceptualización, metodología, investigación, redacción del manuscrito inicial, revisión bibliográfica, y en la revisión y aprobación del manuscrito final.

VII. CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran no tener conflicto de intereses.

VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alpsoy, H. C., H. Unal. 2019. "Effect of stationary magnetic field on seed germination and crop yield in spinach (*Spinacia oleracea* L.)". *Comptes rendus de l'Académie bulgare des Sciences* 72 (5): 687-696. DOI: 10.7546/CRABS.2019.05.18
- De Souza, M. T. P., G. B. De Azevedo, G. T. D. O. D. Azevedo, L. P. R. Teodoro, O. B. Plaster, O. B., P. C. G. De Assunção, P. E. Teodoro. 2020. "Growth of native forest species in a mixed stand in the Brazilian Savanna". *Forest Ecology and Management* 462:118011.
- De Medeiros-Rapôso, N. V., Y. F. Boix, C. E. M. Manrique, G. A. Kindelan, A. E. F. Dubois, F. G. Gonzales. 2013. "Efectos del campo magnético estático y electromagnético de baja inducción magnética en la germinación de adenántera pavonina l". *Investigación y Saberes* 2(3): 24-33
- Fowler, J. A. P. y A. Bianchetti, A. 2000. *Dormência em sementes florestais*. Colombo (Brasil): Embrapa Florestas
- Hincapié, E.A., J. T. Osorio, y L. B. López. 2010. "Efecto del campo magnético sobre la germinación de la *Leucaena leucocephala*". *Scientia et Technica* 16(44): 337-341.
- Kim, S. C., A. Mason, y W. Im. 2016. "Enhancement of the initial growth rate of agricultural plants by using static magnetic fields". *JoVE (Journal of Visualized Experiments)* 113: e53967.
- Mancipe-Murillo, C., M. Calderón-Hernández, y L. V. Pérez-Martínez. 2018. "Evaluación de viabilidad de semillas de 17 especies tropicales altoandinas por la prueba de germinación y la prueba de tetrazolio". *Caldasia* 40 (2): 366-382.
- Nyakane, N. E., E. D. Markus, y M. M. Sedibe. 2019. "The effects of magnetic fields on plants growth: a comprehensive review". *International Journal of Food Engineering* 5: 79-87.
- Oliva, M., F. Vacalla-Ochoa, D. Pérez-Chuquimez, y S. Vela-Saurino. 2014. *Caso piloto de la Comunidad Campesina Taulia Molinopampa: Priorización de especies maderables nativas para fuente de semillas en Molinopampa, Amazonas-Perú*. Chachapoyas (Perú): IIAP.
- Padrino, M. V. C., E. M. Ramírez, M. F. García, y J. M. A. G. Dela-Escosura. 2005. "Influencia de campos magnéticos estacionarios de 125 mT y 250 mT en la germinación de semillas de girasol". *Ingeniería de Recursos Naturales* 3: 34-40.
- Pawłat, J., A. Starek, A. Sujak, P. Terebun, M. Kwiatkowski, M. Budzeń, y D. Andrejko. 2018. "Effects of atmospheric pressure plasma jet operating with DBD on *Lavatera thuringiaca* L. seeds' germination". *PLoS one* 13(4): e0194349.
- Quinto, L., P. A. Martínez-Hernández, L. Pimentel-Bribiesca, y D. A. Rodríguez-Trejo. 2009. "Alternativas para mejorar la germinación de semillas de tres árboles tropicales". *Revista Chapingo serie ciencias forestales y del ambiente* 15(1): 23-28.
- Kirdar, E., C. Yücedağ, y B. Balaban. 2016. "The Effects of Magnetic Field on Germination of Seeds and Growth of Seedlings of Stone Pine". *Journal of forests* 3 (1): 1-6.
- Torres, C., J. Díaz, P. A. Cabal. 2008. "Efecto de campos magnéticos en la germinación de semillas de arroz (*Oryza sativa* L.) y tomate (*Solanum lycopersicum* L.)". *Agronomía Colombiana* 26(2): 177-185.

- Ulgen, C., A. B. Yildirim, A. U. Turker. 2017. "Effect of Magnetic Field Treatments on Seed Germination of *Melissa officinalis* L". *International Journal of Secondary Metabolite* 4(3): 43-49.
- Vargas, J. 2010. *Zonificación ecológica y económica de departamento de Amazonas: Escenario biofisico de Amazonas*. Lima, Perú, IIAP
- Vashisth, A. y D. K. Joshi. 2017. "Growth characteristics of maize seeds exposed to magnetic field". *Bioelectromagnetics* 38(2): 151-157.
- Venegas, A. C., Torres, A. L. B., y C. P. Quijano. 2019. "Estimulación pregerminativa por medio de campos electromagnéticos a semillas de *Cedrela montana* Turcz". *Boletín Semillas Ambientales* 13(2): 15-23.
- Zanetti, R., C. S. Abreu, S. H. P. Silveira, y E. D. Andrade. 2017. "First report of *Hypsipyla grandella* (Lepidoptera: Pyralidae) on African mahogany *Khaya ivorensis*". *Scientia Agricola* 74(6): 492-494.