

## EFFECTO DEL CAMPO MAGNÉTICO SOBRE LA GERMINACIÓN DE LA LEUCAENA *LEUCOCEPHALA*.

### Effect of the magnetic field on the germination of *Leucaena leucocephala*

#### RESUMEN

Se trataron semillas de *Leucaena leucocephala* (Lam), exponiéndolas a campos magnéticos de 125 mT y otras a 250 mT durante (10, 30 y 60) minutos, cada tratamiento con cuatro repeticiones cada 24 horas, se estudió el número de semillas germinadas, la longitud de la raíz y porcentaje de nitrógeno en la plántula. Las medidas se efectuaron a los 16 días de la siembra y estas se dan en función de los campos magnéticos y los tiempos de exposición. Se observan variaciones de la longitud de la raíz, aumento en la cantidad de nitrógeno y de proteína, así como incremento en el número total de semillas germinadas. Presentándose relación de los resultados con el tipo de tratamiento realizado.

**PALABRAS CLAVES:** Campo magnético, Germinación, *Leucaena leucocephala*, raíz.

#### ABSTRACT

*Were treated seeds of Leucaena leucocephala (Lam), exposing them to magnetic fields from 125 mT and other to 250 mT for 10, 30 and 60 minutes, four repetitions with each treatment every 24 hours, we studied the number of germinated seeds, the root length, and percentage of nitrogen in the seedling. The measures were made to the 16 days of sowing and these are given in terms of magnetic fields and exposure times. Observed variations in the length of the root, increased the amount of nitrogen and protein, and increased the total number of germinated seeds. Performing relation of the results with type of treatment released.*

**KEYWORDS:** *Magnetic field, Germination, Leucaena leucocephala, root.*

#### 1. INTRODUCCIÓN

En el mundo actual el aumento en la producción de alimentos es limitado, por lo que uno de los problemas que se enfrenta, es incrementar la disponibilidad de proteínas para el consumo humano, por medio del aumento de la proteína animal. Esta situación permite cuestionar hasta que punto los sistemas actuales de producción agropecuaria, han sido eficientes en convertir ciertos recursos vegetales en productos de alto valor proteico. Existen en la actualidad plantas, con alto valor nutritivo que pueden ser utilizadas para la alimentación animal y que han sido poco investigadas desde el enfoque físico; tal es el caso de la *Leucaena leucocephala* (Lam).

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 frijón [1], arveja [2], [3], tomate [4] y tabaco [5]. Actualmente, ensayos en la etapa de germinación son 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, como en [5], [6]. Pero no se encuentran referencias respecto ha experimentos sobre plantas del tipo leguminosa forrajera, para mejorar su repuesta en la germinación, acumulación de nitrógeno y aumento de proteína.

Esta leguminosa puede ser utilizada eficazmente, bajo corte o pastoreo, en la alimentación de bovinos doble propósito. Los pastos tropicales son considerados deficientes en proteínas y conllevan a un consumo voluntario bajo de materia seca. La suplementación proteica a base de leguminosas tropicales reduce considerablemente los costos de alimentación en el ganado, especialmente en el ciclo productivo [7].

Por lo anterior se desea estudiar el efecto del campo magnético sobre la *Leucaena leucocephala*. Debido a su gran adaptabilidad y su amplia distribución en sistemas silvopastoriles, con resultados positivos en la

#### EDUARD ALEXIS HINCAPIE\*

Estudiante X semestre  
Ingeniería Física  
Universidad Tecnológica de Pereira  
ripper@utp.edu.co

#### JAVIER TORRES OSORIO\*

Ingeniero Electricista, M. Sc.  
Profesor Asistente  
Universidad de Caldas  
Universidad Tecnológica de Pereira  
javier.torres@ucaldas.edu.co

#### LILIANA BUENO LOPEZ

Licenciada en biología y educación ambiental.  
Universidad del Quindío.  
[lilibu@utp.edu.co](mailto:lilibu@utp.edu.co)

**\*GRUPO DE PROPIEDADES  
MAGNÉTICAS Y  
MAGNETOÓPTICAS NUEVOS  
MATERIALES.**

disponibilidad de nitrógeno para los cultivos asociados, permitiendo un aumento en los niveles de proteína.

Por lo tanto, conociendo la capacidad de los campos magnéticos para afectar el desarrollo de los sistemas biológicos, se considera que se deben realizar estudios de laboratorio para determinar el uso de los campos magnéticos a nivel de mejoramiento en la producción agrícola (terapia magnética vegetal).

El objetivo de este trabajo es buscar alternativas de manejo de plantas que aumenten su contenido de nitrógeno y por ende la cantidad de proteína aportada a la alimentación del ganado. Por lo que se relaciona un método seguido para tratar las semilla de *Leucaena leucocephala*, con campos magnéticos estáticos de (125 y 250) mT. Con el fin de estudiar los cambios en la longitud de la raíz, contenido de nitrógeno de la plántula y mejoras en la germinación.

## 2. MARCO TEÓRICO

**2.1 Proceso de germinación.** El proceso de germinación, es esencialmente la reiniciación del crecimiento del embrión una vez superado el período de latencia y cuando las condiciones de temperatura, luz, disponibilidad de oxígeno y agua son las adecuadas. No obstante, ciertas especies presentan semillas que aún en condiciones favorables no germinan, se las denomina semillas dormidas. Las causas que determinan esta dormición pueden estar presentes en el propio embrión o en la cubierta seminal. Es así como, en el primer caso, la remoción total o parcial de un cotiledón favorece la germinación, como sucede en el avellano (*Corylus avellana*) o en la cebada (*Hordeum vulgare*) removiendo el escutelo. En el caso de la dormición impuesta por las cubiertas, si bien la semilla embebe, el fracaso de la germinación, puede deberse a que las cubiertas se comporten como una barrera física que impidan el brote de la radícula. Durante los últimos años se ha intentado dar una explicación a las causas de la dormición y a los métodos de su eliminación. También, se ha detectado la presencia de inhibidores como compuestos fenólicos o el ácido abscísico que interaccionan con las membranas.

Independientemente del tiempo entre la madurez de la semilla y la reactivación del crecimiento, la germinación se puede caracterizar por su patrón trifásico. La fase I de imbibición, es un proceso físico cuya fuerza directriz está determinada por la diferencia de potencial de agua entre la semilla y el sustrato que la rodea. Una vez incorporada una cierta cantidad de agua, que varía según la especie, comienza la fase II de activación metabólica. Durante esta fase en la que predominan los procesos catabólicos, se activan las enzimas para el desdoblamiento y movilización de las reservas almacenadas en el embrión, endosperma o perisperma hacia el eje embrionario donde el tejido quiescente se vuelve metabólicamente activo. La fase III de crecimiento o germinación propiamente dicha

se inicia al producirse elongación celular y división celular [8].

**2.2 *Leucaena leucocephala* (Lam).** La *Leucaena leucocephala* constituye una de las leguminosas tropicales que reciben mayor atención debido a sus cuantiosos usos entre los que se destaca su aprovechamiento como planta forrajera. Dentro de su amplio estudio existen todavía aspectos poco evaluados como las limitaciones al crecimiento en suelos ácidos. De las fuentes tradicionales de proteínas vegetales, es interesante destacar la importancia de las leguminosas forrajeras capaces de sintetizar sus proteínas, aún en suelos pobres en compuestos nitrogenados.

Para la *Leucaena*, algunos investigadores han planteado valores de proteína cruda en las hojas y semillas que varían entre (15-27) %, siendo más alto el porcentaje en semillas que en las hojas [9].

Uno de los principales problemas para el establecimiento de leguminosas forrajeras es la latencia de las semillas, la cual ha sido señalada como resultado de un exceso de inhibidores del crecimiento sobre las sustancias estimulantes, o por la presencia en la semilla de cutícula impermeable al agua y al oxígeno causando irregularidad en la germinación. Por lo tanto, se consideran en la literatura diferentes métodos para mejorar la germinación de la *Leucaena leucocephala*, como tratamiento térmico con agua o métodos mecánicos [10], [11].

## 3. MATERIALES Y MÉTODOS

Se trataron semillas de *Leucaena leucocephala*, utilizando seis tratamientos con cuatro repeticiones cada uno, los que se efectuaron con tiempos de exposición de (10, 30 y 60) minutos, para (125 y 250) mT, respectivamente, en grupos de 100 semillas; y un grupo de semillas sin exposición como control. La exposición se realizó a las semillas cada 24 horas hasta completar cuatro repeticiones, para ambas densidades de flujo magnético y cada intervalo de tiempo. El campo magnético fue generado por un electroimán Phylatex (0-1000  $\pm$ 0,08 % mT), controlado automáticamente y alimentado por una fuente de corriente Kepco AT15. La medición de la densidad de flujo magnético se realizó mediante un magnetómetro Hall implementado por el mismo grupo.

Este arreglo del equipo eléctrico genera un campo magnético, homogéneo y constante; la selección de parámetros se logra después de estudiar la metodología de exposición de material biológico a campo magnético planteada en [12].

El método de siembra se efectuó en semilleros y luego se transplantaron las plántulas a bolsas plásticas de 10 cm de ancho y 15 cm de largo. El riego se realizó cada dos días. Las condiciones ambientales y de siembra, y la cantidad de agua para la germinación han sido iguales.

Siendo el objetivo de estudio la germinación de las semillas, hasta los 16 días de crecimiento de la *Leucaena* y basados en la metodología de exposición, se tomaron como factores los dos campos magnéticos, y los tiempos de exposición, y como variables a analizar:

- Semillas germinadas.
- Longitud de la raíz.
- Longitud de la plántula.
- Porcentaje de nitrógeno.
- Porcentaje de proteína.

Los dos últimos análisis realizados mediante el método semimicro Kjeldahl.

#### 4. RESULTADOS

Transcurridos 16 días después de la siembra de las semillas, se realizó la toma de datos para las variables tomadas en cuenta. Presentándose los resultados en las tablas 1,2,3 y las figuras 2 y 3 relacionadas con estas, en las que se observa un incremento de las variables de estudio, para las plantas expuestas a los diferentes tratamientos con campo magnético.

**4.1 En la germinación.** Se puede observar un 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 (ver tabla 1).

Día	Control	125 mT			250 mT		
		10 min	30 min	60 min	10 min	30 min	60 min
3	0	0	0	10	11	6	9
4	0	4	1	21	16	12	15
5	2	10	4	34	27	18	21
6	8	27	22	39	40	43	42
7	10	30	29	42	46	45	46
16*	18	42	45	71	66	62	65

Tabla 1. Relación de la cantidad de semillas germinadas en cada grupo de estudio en función del tiempo en días.

\* Total semillas germinadas.

**4.2 En el crecimiento de la plántula.** Para las plántulas tratadas con las diferentes densidades de flujo magnético respecto al grupo de control, se nota un aumento en la longitud de la raíz y la altura, presentándose una mejor respuesta para la exposición de 125 mT a 60 minutos.

	control	125 mT			250 mT		
		60 min	30 min	10 min	60 min	30 min	10 min
L. raíz (cm)	8,7±1,4	11,1 ±1,3	10,5 ±1,4	10,6 ±1,2	10,7 ±1,8	10,2 ±1,7	11,6 ±1,2
L. Plántula (cm)	2,3±1,0	4,6 ±0,9	4,1 ±0,9	4,3 ±1,2	4,2 ±0,9	4,0 ±1,0	3,7 ±0,7

Tabla 2. Relación de promedios y desviación estándar de la longitudes de la raíz y plántula, para los diferentes grupos de estudio en el día 16 después de la siembra, con n=16.



Ilustración 1. Detalle de las plántulas de *Leucaena leucocephala* (Lam) expuestas a 125 mT a 60 minutos, a los 16 días de la siembra.

#### 4.3 En el aumento de la concentración de nitrógeno.

Para calcular el valor de proteína, se determina primero el nivel de nitrógeno total y se multiplica por 6,25 ya que la molécula de proteína tiene el 16% de nitrógeno. Se encontró un aumento en los niveles de nitrógeno, (ver tabla 3). Lo que generó un aumento directo en los niveles de proteína como consecuencia; presentando una mejora para los recursos de alimentación del ganado.

	control	125 mT			250 mT		
		60 min	30 min	10 min	60 min	30 min	10 min
Nitrógeno %	6,5±0,3	7,2 ±0,6	5,1 ±0,5	5,7 ±0,2	6,6 ±0,3	5,4 ±0,09	6,4 ±0,2
Proteína %	40,9±1,9	45,2 ±3,7	31,9 ±3,1	35,7 ±1,2	41,4 ±1,9	33,5 ±0,6	40,1 ±1,2

Tabla 3. Relación de promedios de concentración de nitrógeno y de proteína, para los diferentes grupos en el día 16 después de la siembra.

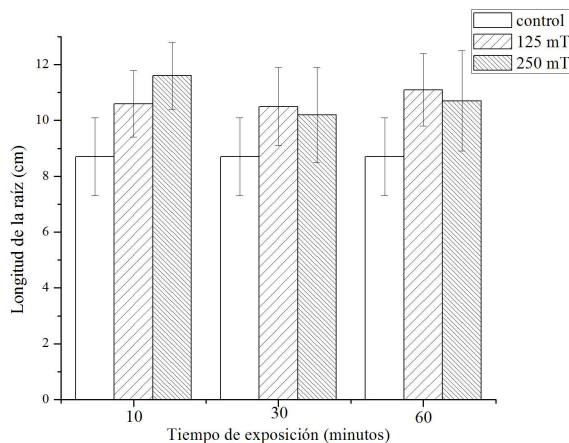


Figura 1. Comparación de la longitud de la raíz en función de los tiempos de exposición.

Como se puede apreciar en la figura 1, la mejor respuesta al estímulo magnético para el crecimiento de la raíz en las plántulas, ocurre para los niveles de campo magnético de (125 y 250) mT con tiempos de exposición de (60 y 10) minutos respectivamente. De la figura 2, se puede notar que hay un mayor crecimiento de las plántulas para una densidad de flujo magnético de 125 mT y tiempo de exposición de 60 minutos.

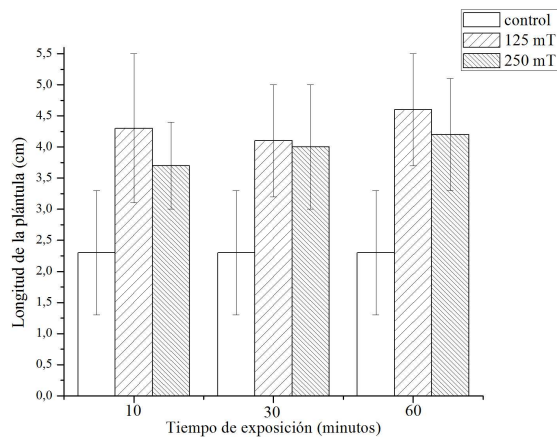


Figura 2. Comparación de la longitud de la plántula en función de los tiempos de exposición.

## 5. TRABAJO PROYECTADO

Este trabajo plantea varias interrogantes y opciones para trabajo futuro; los cuales son:

- Determinar cuales son los mecanismos de acción desde un enfoque biofísico, relacionándolos con los resultados obtenidos.
- Determinar una metodología para la selección de variables físicas, usadas en la exposición de las semillas estimuladas magnéticamente, con

fundamento en la bioingeniería, pues esta selección de parámetros se realiza por pruebas de ensayo y error, como se ve en la bibliografía.

## 6. CONCLUSIONES

La estimulación magnética produjo cambios significativos en la cantidad de semillas germinadas, en la longitud de la raíz, altura de la plántula, concentración de nitrógeno y cantidad de proteína, para una exposición de 125 mT durante 60 minutos.

La estimulación magnética vegetal, realizada a la *Leucaena leucocephala*, genera un tema de estudio relacionado con la fijación de nitrógeno al suelo y plantea una nueva alternativa en los procesos de escarificación.

## 7. BIBLIOGRAFÍA

- [1] V, Vasquez *et al*, "Efecto de los campos magnéticos en material orgánico," *Revista colombiana de Física*, vol. 38, N° 3, pp. 1307-1310, 2006.
- [2] A, Vanegas y H, Londoño, "Efecto del campo magnético (B) sobre el crecimiento de plantas," *Revista colombiana de Física*, vol. 38, N° 2, pp. 942-945, 2006.
- [3] J. Podlesny, S. Pietruszewski, y A. Podlesna, "Influence of magnetic stimulation of seeds on the formation of morphological features and yielding of pea," *Int. Agrophysics*, vol. 19, pp. 61-68, 2005.
- [4] A. D. Souza y E. Porras, "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, 1999.
- [5] A. Aladjadjian y T. Ylieva, "Influence of stationary magnetic field on the early stage of the development of tobacco seeds (*nicotiana tabacum* l.)," *Central European Agriculture*, vol. 4, N° 2, pp. 131-137, 2003.
- [6] M. Flórez, M. V. Carbonell, y E. Martínez, "Exposure of maize seeds to stationary magnetic field: Effects on germination and early growth," *Environmental and Experimental Botany*, vol. 59, pp. 68-75, 2007.
- [7] M, García y C, Sánchez. *Leucaena leucocephala* Como fuente proteica alimenticia en la Ganadería bovina doble propósito. Simposio - Taller: Experiencias en Agroforestería ejecutadas o en proceso por el INIA, 2006 (en línea)  
[http://www.ceniap.gov.ve/pbd/Congresos/agroforesteria/articulos%20pdf/garcia\\_mercedes.pdf](http://www.ceniap.gov.ve/pbd/Congresos/agroforesteria/articulos%20pdf/garcia_mercedes.pdf).
- [8] G, Perez, J; Borel y R., Bertsch, "Elementos prioritarios en la nutrición mineral de *Leucaena*

*leucocephala* (Lam), en un suelos acido de Costa Rica, Turrialba,” 34 (1). 1984, pp. 91-98.

[9] L. Bueno. E. Pimentel, C. Figueroa, Factores Nutricionales que limitan el desenvolvimiento de *Leucaena leucocephala* (Lam) y su efecto a la inoculación. In: Reunión anual de Producción Animal, (3, 1984, Santo Domingo, Repub. Dominicana) Memorias. Secretaria de Estado de Agricultura, Santo Domingo, D.O. p.1-7.

[10] D. Sanabria *et. al*, “Escarificación térmica de semillas de accesiones de *Leucaena leucocephala*,” *Zootecnia Tropical*, vol. 15, N° 1, p. 67-80, 1997.

[11] K. M. Poulsen, F. Stubsgaard, “three methods for mechanical scarification of hardcoated seed,” *Danida Forest Seed Centre*, Technical note N° 27, 1995.

[12] J. M. Lee, *Electric and biological effects of transmission lines: A review*. Bonneville Power Administration, 1996.