



Evaluación de tratamientos pre-germinativos en semillas de café (*Coffea arabica* L.) variedad Castillo

Evaluate Pre-germination treatments on coffee bean (*Coffea arabica* L.) variedad Castillo

Luis Alejandro Bello Ramírez

Ing. Agrícola
Esp. Ciencia y Tecnología de Alimentos
luabell@misena.edu.co

Diever Chalddar Daza Hernández

Ing. Agrónomo
Esp. Tc. Integración de TIC's en
Procesos Educativos
chalddar@misena.edu.co

Jorge Eliécer Forero Sarmiento

Ing. Agrónomo
Esp. Tc. Implementación de
Sistemas de Calidad para el
Sector Agropecuario
jorgeforeros@misena.edu.co

Miguel Ángel Linares Bautista

Adm. Empresas Agropecuarias
linares2011@misena.edu.co

Ricardo Alberto Lesmes Vesga

Ing. Agrónomo
Esp. Gerencia Empresarial MSc
Ciencias Agrarias
ralesmesv@misena.edu.co



Resumen

Las provincias Comunera y de Guanentá (Santander), han ido aumentando las áreas en café (*Coffea arabica* L.). Las semillas de café tienen una germinación lenta y asincrónica, haciendo difícil obtener plántulas ideales. Se pretende hallar una alternativa que aumente la obtención de plántulas más uniformes, sincrónicas y en menor tiempo. Se propone la evaluación de diferentes tratamientos pre-germinativos aplicados a semillas de café var. Castillo, bajo un diseño experimental de bloques completos al azar. Los tratamientos consistieron en la siembra de: semillas sin escarificar secas (T1), embebidas durante 48 horas en agua (T2), en leche (T3) y en urea diluida en agua (5 gr/l) (T4), y semillas escarificadas secas (T5), embebidas durante 48 horas en agua (T6), en leche (T7) y en urea diluida en agua (5 gr/l) (T8). Se empleó un germinador de 1 metro cuadrado por 40 centímetros de profundidad y el momento de muestreo se basó en la escala BBCH ampliada, aplicada al café. Las variables analizadas fueron: porcentaje de germinación, precocidad de emergencia, precocidad de expansión cotiledonal, longitud de hipocótilo, longitud de raíz pivotante y peso seco de la plántula.

Se encontró que la escarificación mecánica de la semilla de café var. Castillo acelera la germinación, adicionalmente, la aplicación de soluciones a la semilla previo a la germinación presentó resultados interesantes, como en el caso del tratamiento T8, en términos de una germinación, emergencia y posterior expansión cotiledonal más rápida y excelente crecimiento de la raíz pivotante.

Palabras clave:

Plántula, crecimiento, raíz pivotante, imbibición, urea.

Abstract

In the Comunera and Guanentá provinces (Santander), the coffee growing areas (*Coffea arabica* L.) has been increasing.

The coffee beans have a slow and asynchronous germination, making it difficult to obtain ideal seedlings. The aim of this work is to find an alternative to increase a production more uniform and synchronous seedlings in shorter time. Evaluating different pre-germination treatments applied on coffee beans var.

Castillo proposed, under an experimental design of randomized complete blocks. Treatments consisted of sowing as follows: dry seeds without scarification (T1), imbibed water for 48 hours (T2), in milk (T3) and urea diluted in water (5 gr/l) (T4), and scarified dry seeds (T5), imbibed water for 48 hours (T6), in milk (T7) and urea diluted in water (5 gr/l) (T8). The sowing field per 1 square meter by 40 centimeters deep was used, and the moment of sampling was based on the extended BBCH scale, applied for coffee. The variables analyzed were: germination percentage, precocity of emergency, precocity of cotyledon expansion, hypocotyl length, and taproot length and seedling dry weight. It was found that mechanical scarification

of coffee bean var.

Castillo accelerated seed germination and applying solutions to the seed prior to germination showed interesting results, as in the case of T8 treatment, in terms of germination, emergence and after cotyledon expansion with a faster and excellent growth of the taproot .

Key words:

Seedling, growth, taproot, imbibition, urea.

Introducción

El café es uno de los principales productos de exportación en el mundo, proporciona la bebida más popular y se consolida como pilar de la economía de muchos países en desarrollo. El mejoramiento genético de características agronómicas de interés, principalmente la resistencia a la roya (*Hemileia vastatrix*), se convierte en una de las estrategias que apuntan al aumento de la productividad de este cultivo (Alvarado, 2005).

La importancia del cultivo del café (*Coffea* sp.) en Colombia es, según Fernández (2010), incuestionable y ha sido uno de los procesos más estudiados en la historia económica del país. La participación del café pergamino en el PIB del sector agropecuario colombiano para los últimos años representa un poco más de 6,0%.

En el PIB total, la participación del café fue de 0,6% en 2011 (Fernández, 2011). Según el

Comité Departamental de Cafeteros de Santander, el 90,34% de los productores de las provincias cafeteras del departamento son pequeños (entre 0,1 - 3 Ha en café) con 61,5% del área total sembrada en café (SICA, 2012).

A partir de la semilla, el manejo del desarrollo vegetativo de *Coffea arabica* L., para su establecimiento en cultivos comerciales, se divide en tres etapas: germinación a trasplante (2 meses), almácigo (5-6 meses) y siembra definitiva a primera floración (11 meses) dependiendo de las condiciones agroecológicas (Arcila et al., 2007). La semilla de café es una nuez, oblonga, plano convexa, de tamaño variable (10-18 mm de largo y 6,5-9,5 mm de ancho) y constituida en su mayor parte por un endospermo córneo en uno de cuyos extremos y muy superficialmente se encuentra un embrión de 3,5-4,5 mm de largo, de radícula cónica

y cotiledones cordiformes (Arcila et al., 2007).

Las semillas de la mayoría de las plantas precisan un período de letargo antes de que puedan germinar; normalmente el letargo sólo puede ser interrumpido por la acción del frío o de la luz (Lluna, 2012). En muchas especies como el arroz (*Oryza sativa*), es importante mantener saturación de humedad en el medio para que la semilla absorba agua o soluciones y se inicien los procesos metabólicos característicos de la germinación; este proceso se le define comúnmente como imbibición o embuchamiento (Melgarejo, 2008), el cual puede sustituir el factor que interrumpe el letargo, promoviendo así el crecimiento del embrión y la salida de la radícula, como primera evidencia de la germinación. En general, el bajo porcentaje de germinación de las semillas se debe tanto a factores endógenos

(esterilidad, inmadurez embrionaria) como a factores exógenos (restricciones, latencia, inhibiciones químicas) (Hartmann y Kester, 1981).

La semilla de café posee características morfológicas especiales que afectan su germinación, como lo son: la presencia del endocarpio (pergamino) y la ubicación casi superficial del embrión dentro de la semilla. Referencias tomadas como antecedentes reportan que la ubicación superficial del embrión en la semilla lo predispone a daños mecánicos o por condiciones ambientales adversas, tales como el frío o el calor excesivos, y a su expulsión por efecto del agua cuando la semilla está deteriorada (Quintero, 1968). Otra característica que presenta la semilla de café es la pérdida rápida de su viabilidad cuando se almacena con un contenido de humedad alto (35-40%) o bajo (12-15%) en atmósferas no controladas, ya que después

de cinco meses en estas condiciones el poder germinativo es menor del 60% (Valencia, 1970). Teniendo en cuenta las observaciones realizadas por Eira et al. (2006), las semillas de café presentan una germinación lenta y asincrónica, haciendo más difícil obtener plántulas ideales. A su vez, el endocarpio que permanece adherido a la semilla de café, aparentemente se convierte en una barrera física que dificulta el desarrollo de las hojas cotiledonales, impidiendo que gran cantidad de la semilla sembrada alcance los resultados esperados.

La variedad Castillo de *Coffea arabica* L., está compuesta genéticamente por la mezcla de progenitores agrónomicamente competitivos y con resistencia a la roya del cafeto (Alvarado-Alvarado et al., 2005), oficialmente fue entregada para su uso comercial por parte de los caficultores en el año 2005 (Federación Nacional de Cafeteros de Colombia mediante

Resolución del Comité Directivo No. 03 del 13 de mayo de 2005). Los parámetros generales de Cenicafé, determinan que un kilo de café pergamino seco de la variedad Castillo que contiene aproximadamente 4.000 semillas puede dar un número aproximado de 3.000 chapolas en buenas condiciones fenotípicas, con un período aproximado de emergencia de fósforos en días de 50 a 60, esa variación parece estar relacionada con la diferencia de altura de metros sobre nivel de mar (Cortina et al., 2012).

En la literatura, se reportan pocos estudios dedicados a la optimización de la calidad de las semillas de café (*Coffea arabica* L.) para propagación (Eira et al., 2006). Por otra parte, falta documentación técnica de experiencias de campo con ensayos en pregerminación para las provincias Comunera y de Guanentá del departamento de Santander. El presente trabajo tiene pertinencia en

el marco del programa Jóvenes Rurales Emprendedores (JRE) del Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA) para la formación 'Emprendedor en Producción Tecnificada de Colinos de Café' (PTCC) en las subregiones cafeteras de las provincias mencionadas.

Teniendo en cuenta lo anterior, el objetivo del presente trabajo es evaluar en qué medida la aplicación de determinados tratamientos pre-germinativos influye en la germinabilidad de las semillas y posterior viabilidad de las plántulas de café variedad Castillo. Para tal fin, se busca documentar la factibilidad de estas técnicas de germinación en campo, e identificar cuál es el tratamiento más apropiado para ofrecer a los productores soluciones prácticas y efectivas que les permitan obtener plántulas viables, más sanas y uniformes en menor tiempo respecto a los procedimientos tradicionales.

1. Materiales y Métodos

El presente trabajo se desarrolló en el área rural del municipio del Socorro, a 1410 msnm con temperatura promedio de 24°C, 65 % de HR, brillo solar de 5-6 horas de iluminación diarias (IDEAM, 2014), típicas condiciones de oferta ambiental para la región cafetera del sur del departamento de Santander. Se construyó un germinador típico para semillas de café de 1 metro cuadrado (1,2 m x 0,8 m) de área por 40 centímetros de profundidad. La construcción de este germinador constó de paredes de tabloncillos en madera, en cuya base se ubicó una capa de 10 cm de triturado, para permitir el drenaje de los riegos a aplicarse durante el ensayo, y una capa de 30 cm de arena lavada de río, como sustrato típicamente empleado en la región para germinación de semillas de café. Como material de siembra se emplearon semillas de café (*Coffea arabica* L.) variedad Castillo, usadas

comercialmente en el sector cafetero del departamento de Santander, siguiendo la recomendación dada por Arcila y Botero (1985) de emplear una densidad de siembra de 1 kg de semilla seca por m² de germinador.

El experimento se estableció bajo un diseño de bloques completos al azar para los cuales se establecieron ocho tratamientos: Semilla sin escarificar (con pergamino) seca (T1), semilla sin escarificar embebida en agua durante 48 horas (T2), semilla sin escarificar embebida en leche de bovino durante 48 horas (T3), semilla sin escarificar embuchada en urea en solución (5 gr/l de agua) durante 48 horas (T4), semilla escarificada (sin pergamino) seca (T5), semilla escarificada embebida en agua durante 48 horas (T6), semilla escarificada embebida en leche de bovino durante 48 horas (T7) y semilla escarificada embebida en urea en solución

(5 gr/l de agua) durante 48 horas (T8). Se empleó como testigo el tratamiento T1, el cual es el método tradicional de germinación de semillas de café en la región.

En el germinador, al interior de la capa de arena, se ubicó una matriz de 24 celdas en una disposición de 6 x 4, cada una de 20 cm x 20 cm, elaborada con láminas de acetato, un material de fácil adquisición, impermeable y químicamente inerte, con el fin de separar los tratamientos. Se establecieron tres repeticiones para cada uno de los ocho tratamientos, distribuidos aleatoriamente en las 24 celdas.

La densidad de siembra fue de 1 kilogramo de semilla por metro cuadrado al voleo, con el fin de ofrecer condiciones similares a las de campo. Así mismo, para efectos de practicidad en el conteo, medición y pesaje de las plántulas a desarrollarse, se ubicó en el centro de cada

celda un anillo de policloruro de vinilo (PVC) de 3 pulgadas de diámetro, de modo que los individuos a ser contados, medidos y pesados fuesen los que se encontraran al interior del mismo, evitando con esto posibles problemas de efecto borde.

Se realizaron conteos cada tres días a partir de la emergencia de los primeros fósforos y más adelante las respectivas plántulas con sus cotiledones expandidos, teniéndose cuidado de no repetir conteos de individuos marcando los ya contados. Esta labor se llevó a cabo hasta el momento de retirar las plántulas con el fin de observar la precocidad de emergencia de fósforos y de expansión cotiledonal. Para el momento de retiro para muestreo destructivo se empleó la escala BBCH (Biologische Bundesanstalt, Bundessortenamt und Chemische Industrie) ampliada para estadios de crecimiento en

plantas mono y dicotiledóneas, aplicada a los estadios fenológicos de *Coffea* sp., definiéndose para el presente trabajo su período desde el estadio principal de crecimiento 0 hasta el 10 (Arcila-Pulgarín et al., 2001).

Una vez realizado el retiro de las plántulas se midieron las siguientes variables: % de germinación (estadios 00 – 05) y % de emergencia (estadios 09 – 10); de los individuos que emergieron, se midió el % de aquellos que no presentaron cotiledones abiertos (estadio 09) y el % de aquellos que presentaron cotiledones abiertos (estadio 10). Y para aquellos individuos que alcanzaron los estadios 09 y 10 se midió: % de individuos con problema de raíz pivotante torcida (malformación de "taburete"), % de individuos con problema de raíz pivotante bifurcada, % de individuos con problema de raíz pivotante helicoidal (malformación de

“cola de marrano”) y % de individuos con raíz pivotante sin ningún tipo de malformación. Finalmente, en aquellos individuos que alcanzaron el estadio 10 y sin ningún tipo de malformación en su raíz pivotante, se midieron las siguientes variables: longitud de la radícula (raíz pivotante) (mm), longitud del hipocótilo (mm), relación radícula/hipocótilo (mm/mm) y peso seco de cada plántula (g). Se determinó la viabilidad de las semillas para la producción de plántulas de café bajo el criterio de seleccionar aquellas plántulas que lograron desplegar sus cotiledones y presentaron una radícula (raíz pivotante) sin ningún tipo de malformación.

Para el pesaje de las plántulas, las muestras llevadas a laboratorio se pusieron a secar en una mufla a temperatura constante de 105 °C durante 72 horas, con el fin de asegurar que perdieran completamente

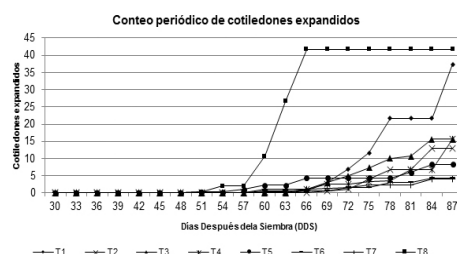
su contenido de agua sin sufrir incineración, y de esta manera obtener datos de materia seca. Una vez retiradas las muestras de la mufla, estas fueron pesadas en balanza digital de precisión.

El análisis estadístico de los datos obtenidos en el presente trabajo para las variables: longitud de hipocótilo (mm), longitud de raíz pivotante (mm), relación radícula/hipocótilo (mm/mm) y peso seco de plántulas (mg) se realizó con ayuda del programa MegaStat® para Microsoft Excel. Se utilizaron pruebas de Tukey al 5% para la significancia y valores de F. En este trabajo no se procesaron estadísticamente los datos obtenidos de los tratamientos T5, T6 y T7 debido a la falta de suficiente número de plántulas viables (plántulas en estadio de crecimiento 10 con radícula sin malformaciones).

2. Resultados y Discusión

En el conteo acumulativo de plántulas en estadio 10 de crecimiento (Gráfica 1), se observa gran diferencia en la cantidad obtenida de plántulas con cotiledones expandidos para el tratamiento T8, y cómo esta expansión fue mucho más precoz frente a los demás tratamientos en el tiempo (aproximadamente a partir de 50 dds). Esto se aprecia teniendo en cuenta que los cotiledones constituyen el primer tejido fotosintético de la planta y por tanto, tienen una influencia decisiva en el subsiguiente crecimiento de las plántulas, como lo anotan Osorio y Castillo (1969), ya que las plantas de café a las que se les suprimió un cotiledón tuvieron un crecimiento marcadamente inferior al de las plantas que tenían los dos cotiledones (Osorio y Castillo, 1969). Respecto a la precocidad de emergencia, se confirma lo hallado por varios autores, donde se observa que una semilla con el endocarpio

(pergamino) presente, germina entre los 50 y 70 días y la remoción del mismo acelera la germinación y posterior emergencia (Huxley, 1964; Valencia, 1970; Valio, 1980; Velasco y Gutiérrez, 1974).



Gráfica 1. Conteo acumulativo de aparición de chapolas (cotiledones expandidos) a lo largo del tiempo durante los días después de la siembra (dds).

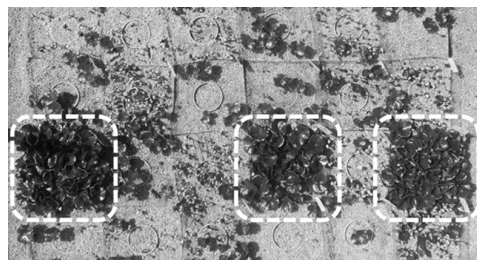
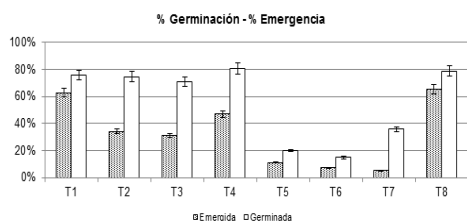


Figura 1. Vista aérea de los tratamientos con sus respectivas repeticiones. Se resalta el desarrollo alcanzado por las plántulas correspondientes al tratamiento T8 en el momento del muestreo en campo.

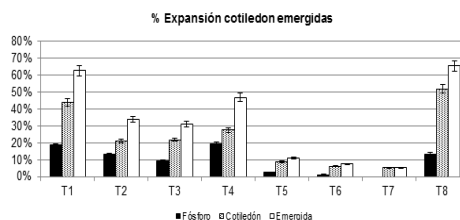
En el porcentaje de semillas germinadas y emergidas (Gráfica 2) se observa que el tratamiento T4 presentó el mayor porcentaje de germinación sin diferencias marcadas frente al testigo (T1), pero sí frente a los tratamientos T5, T6 y T7. Sin embargo, de las semillas germinadas, aquellas que recibieron el tratamiento T8 presentaron la mayor emergencia junto con el testigo (T1) con marcada superioridad frente a los demás tratamientos.



Gráfica 2. Porcentaje de germinación y porcentaje de emergencia para cada uno de los tratamientos.

Respecto al porcentaje de semillas que emergieron y desarrollaron plántulas (Gráfica 3) se destaca el comportamiento de las semillas a las que se les aplicó el tratamiento

T8 y el testigo (T1), alcanzando altos porcentajes de estadios 09 (fósforo) y 10 (cotiledones expandidos) frente a los demás tratamientos. Sin embargo, cabe destacar que el tratamiento T8 presentó mayores valores en forma significativa frente a todos los demás tratamientos; se aclara que, teniendo en cuenta que se realizaron los muestreos tan pronto un primer tratamiento alcanzó la mayor cantidad de semillas en estadio 10, los demás tratamientos que hayan alcanzado bajos porcentajes de decrecimiento pueda obedecer a un proceso más lento de germinación, emergencia y posterior desarrollo de plántula, y no a ser defectuoso en sí mismo.

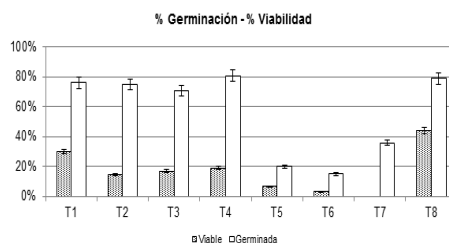


Gráfica 3. Porcentaje de individuos emergidos con expansión cotiledonal.

Respecto al porcentaje de semillas germinadas y porcentaje de plántulas viables (estadio de crecimiento 10 y raíz pivotante sin defectos) (Gráfica 4), se observa que el tratamiento T8 presentó los mayores valores marcada superioridad frente a todos los demás tratamientos, seguido por el testigo (T1). Esta condición es bastante significativa para todo productor de plántulas de café, pues el éxito de la producción de estas depende no sólo de una excelente germinación de las semillas sino de la nula presencia de deformaciones en las radículas de las plantas

En el caso de estos resultados presentados en el T8 (urea diluida a 5 gr/L agua), parece existir una relación directa entre la presencia de la urea, como sustancias nitrogenada, en contacto con la semilla y la activación de citoquininas, promotoras de la división celular con efectos en la germinación de las semillas,

entre muchos otros procesos fisiológicos (Taiz y Zeiger, 2002).

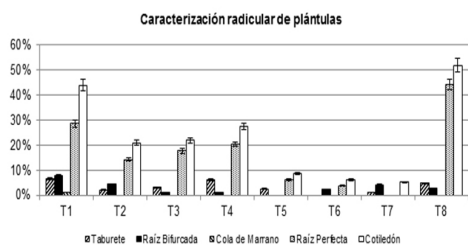


Gráfica 4. Porcentaje de germinación y porcentaje de viabilidad de la semilla para cada tratamiento.

Respecto al porcentaje de plántulas que alcanzaron el estadio de crecimiento 10 y presentaron malformaciones de 'taburete', 'raíz bifurcada', y 'cola de marrano', en sus radículas y así como aquellas que no presentaron ninguna malformación (Gráfica 5), se destaca el tratamiento T8 como el de mayor porcentaje de plántulas con radícula sin defectos, seguido con diferencia contrastante por el testigo (T1).



Figura 2. Imagen de las muestras tomadas del anillo correspondiente a una de las tres repeticiones del tratamiento T8, a partir de las cuales se discriminaron las submuestras de acuerdo al estado de crecimiento que presentaron los individuos.



Gráfica 5. Caracterización de radículas de las plántulas obtenidas

Para la longitud del hipocótilo (Gráfica 6), se observó que las plántulas correspondientes al tratamiento T8 presentaron mayor longitud del hipocótilo,

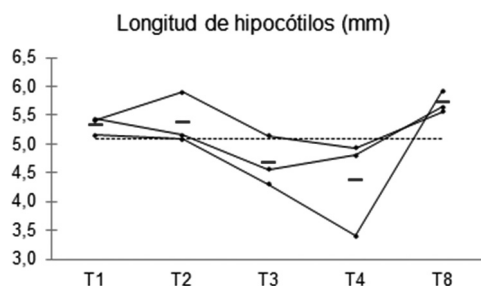
respecto a los demás tratamientos con diferencia significativa estadística al 5%, seguido por los tratamientos T1 y T2 (Tablas 1.1. y 1.2.). Esto confirma lo hallado por Coa et al. (2014) en donde la remoción mecánica del endocarpiobeneficia la germinación y posterior crecimiento aéreo de la plántula. Esto ratifica lo sugerido por Jordán y Casaretto (2006), quienes hallaron que un incremento del N en el suelo provoca un aumento del nivel de citoquininas.

Tabla 1.1. Resultados de bloques al azar para la variable longitud de hipocótilo (mm)

Randomized blocks ANOVA				
Mean	n	Std.	Dev	
5,33333	3	0,15044		T1
5,38000	3	0,45133		T2
4,66667	3	0,43004		T3
4,37667	3	0,84831		T4
5,71000	3	0,18735		T8
4,77400	5	0,95848		Block 1
5,11800	5	0,44550		Block 2
5,38800	5	0,37533		Block 3
5,09333	15	0,65351		Total

Tabla 1.2. Análisis de varianza (ANOVA) para la variable longitud de hipocótilo (mm)

ANOVA table					
Source	SS	df	MS	F	p-value
Treatments	3,6471	4	0,91178	5,27	0,0224
Blocks	0,9471	2	0,47353	2,74	0,1244
Error	1,3849	8	0,17312		
Total	5,9791	14			



Gráfica 6. Longitud de hipocótilos (mm) para los tratamientos que mostraron resultados medibles

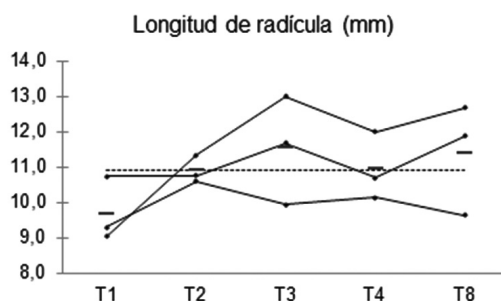
Respecto a la longitud de la radícula (raíz pivotante) (Gráfica 7) no muestran diferencias significativas al 5% en particular para ningún tratamiento pregerminativo

Tabla 2.1. Resultados de bloques al azar para la variable longitud de radícula (mm)

Randomized blocks ANOVA				
Mean	n	Std.	Dev	
9,68333	3	0,91571		T1
10,89667	3	0,39119		T2
11,54000	3	1,53480		T3
10,94000	3	0,95974		T4
11,39333	3	1,57988		T8
11,61000	5	1,57785		Block 1
11,14400	5	0,58033		Block 2
9,91800	5	0,49696		Block 3
10,89067	15	1,19319		Total

Tabla 2.2. Análisis de Varianza (ANOVA) para la variable longitud de radícula (mm)

ANOVA table					
Source	SS	df	MS	F	p-value
Treatments	6,4033	4	1,60082	5,27	0,0224
Blocks	7,6385	2	3,81925	2,74	0,1244
Error	5,8901	8	0,73626		
Total	19,9319	14			



Gráfica 7. Longitud de radícula (mm) para los tratamientos que mostraron resultados medibles

Para la relación radícula/hipocótilo no se observaron diferencias significativas al 5% entre tratamientos, aunque sí se aprecia una diferencia entre bloques. En particular ningún tratamiento pregerminativo, según el análisis estadístico,

influyó significativamente sobre la relación raíz/tallo pivotante de las plántulas. Para todos los tratamientos la longitud de la radícula fue proporcionalmente mayor que la longitud del hipocótilo, como es típica en las plántulas en general.

En este caso, se evidencia que para el tratamiento T4 se presentó la mayor relación radícula/ hipocótilo, de 2,6, mientras que tratamientos como T1, T2 y T8 muestran una mayor simetría entre estas dos longitudes, alrededor de 2, lo cual es muy positivo, y es necesario tener en cuenta que el tratamiento T4 presentó la menor longitud de hipocótilo

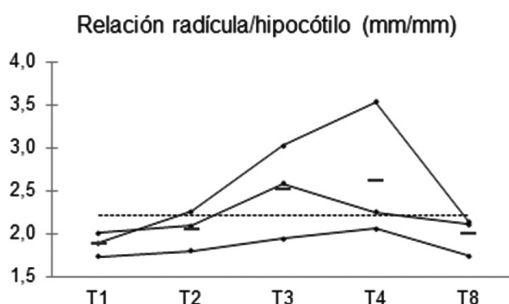
(Gráfica 6). Es importante resaltar que en plántulas el sistema radicular presenta un mayor crecimiento que la parte aérea, pero la relación raíz/parte aérea disminuye gradualmente con la edad de la planta (Raven et al., 1999), tal es el caso del T4, el cual particularmente presentó una muy baja precocidad de desarrollo de plántulas (Gráfica 1).

Tabla 3.1. Resultados de bloques al azar para la variable relación raíz/ hipocótilo (mm/mm)

Randomized blocks ANOVA			
Mean	n	Std. Dev	
1,87667	3	0,14048	T1
2,05000	3	0,23259	T2
2,51333	3	0,54308	T3
2,61333	3	0,79952	T4
1,99667	3	0,22279	T8
2,56800	5	0,68328	Block 1
2,20800	5	0,22521	Block 2
1,85400	5	0,14241	Block 3
2,21000	15	0,49469	Total

Tabla 3.2. Análisis de varianza (ANOVA) para la variable relación raíz/hipocótilo (mm/mm)

ANOVA table					
Source	SS	df	MS	F	p-value
Treatments	1,3107	4	0,32768	3,12	,0801
Blocks	1,2745	2	0,63726	6,06	,0250
Error	0,8407	8	0,10509		
Total	3,4260	14			



Gráfica 8. Relación raíz/hipocótilo (mm/mm) para los tratamientos que mostraron resultados medibles.

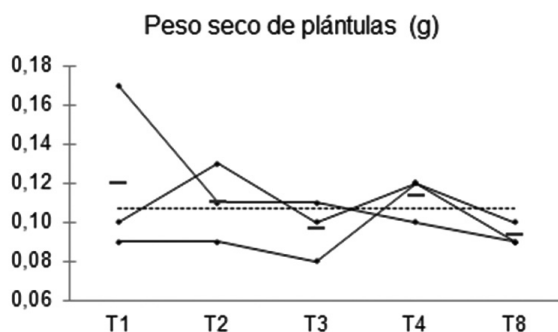
Para la variable de peso seco de plántulas (Gráfica 9) no se presentaron diferencias significativas entre tratamientos, lo cual no tiene relación directa con el número de plántulas viables, como se reportó para dicha variable (Gráfica 4).

Tabla 4.1. Resultados de bloques al azar para la variable peso seco de plántulas (g)

Randomized blocks ANOVA			
Mean	n	Std. Dev	
0,12228	3	0,04206	T1
0,11140	3	0,01744	T2
0,09644	3	0,01217	T3
0,11344	3	0,01036	T4
0,16913	3	0,03245	T5
0,09415	3	0,00611	T8
0,11315	6	0,04349	Block 1
0,12620	6	0,03669	Block 2
0,11407	6	0,01552	Block 3
0,11781	18	0,03257	Total

ANOVA table					
Source	SS	df	MS	F	p-value
Treatments	0,0112	5	0,00224	3,61	0,0399
Blocks	0,0006	2	0,00032	0,51	0,6137
Error	0,0062	10	0,00062		
Total	0,0180	17			

Tabla 4.2. Análisis de varianza (ANOVA) para la variable peso seco de plántulas (g)



Gráfica 9. Peso seco de plántulas (g) para los tratamientos que mostraron resultados medibles

3. Conclusiones

La aplicación de técnicas alternativas a las formas tradicionales de producir plántulas de café presenta beneficios potenciales para los procesos de producción de almácigos (viveros).

La escarificación mecánica de la semilla de café, por medio de la remoción del endocarpio, y posterior imbibición, beneficia su germinación y posterior crecimiento de las plántulas en términos de elongación del

hipocótilo y expansión de los cotiledones, entre otros.

El empleo de sustancias nitrogenadas en concentraciones adecuadas sobre semillas de café, como material de propagación vegetal, previamente a su postura en germinación, puede favorecer la germinación. Por lo cual se recomienda seguir profundizando en el estudio de las consecuencias fisiológicas que conlleva el uso de soluciones nitrogenadas en etapas prematuras del crecimiento del cafeto y la investigación del uso de otro tipo de soluciones.

Se recomienda plantear futuros estudios enmarcados en la necesidad de evaluar la viabilidad de las plántulas obtenidas mediante tratamientos pregerminativos durante la etapa de almácigo.

4. Agradecimientos

Los autores del presente trabajo agradecen a:

La Ing. Agrónoma Ana Lorena Chauta y la Prof. Producción Agroindustrial por su valiosa colaboración en la toma de datos y mediciones de campo y laboratorio.

El Ing. Agrícola Mauricio Sanmiguel, PhD (c) por su importante apoyo en el análisis estadístico de los datos obtenidos. La Universidad Industrial de Santander (UIS) por facilitar los equipos de laboratorio requeridos para el debido procesamiento de muestras colectadas.

Bibliografía

Alvarado -Alvarado, G., Posada-Suárez, H. y Cor tina- Guerrero, H. (2005). Castillo: Nueva variedad de café con resistencia a la roya.

Avances técnicos, Cenicafé, 337, 1-8.

Arcila, J. y Botero J. (1985). Densidad máxima de semilla para los germinadores de café. Centro Nacional de Investigaciones de Café – Cenicafé, Informe anual de labores de la Sección de Fitofisiología 1984 – 1985, 32 - 56.

Arcila, J., Farfán, F., Moreno, A., Salazar, L. e Hincapié, E. (2007). Sistemas de producción de café en Colombia, cap. 2,4 pág. 23,89. Chinchiná, Cenicafé, 2007

Arcila-Pulgarín, Buhr, L., Bleiholder, H., Hack, H. y Wicke, H. (2001). Aplicación de la 'Escala BBCH ampliada' para la descripción de las fases fenológicas del desarrollo de

- la planta de café (*Coffea* sp.). Chinchiná, Colombia: Cenicafé.
- Bremner, J y Krogmeier, M. (1989). Evidence that the adverse effect of urea fertilizer on seed germination in soil is due to ammonia formed through hydrolysis of urea by soil urease. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America. Agricultural Sciences, 86, 8185-8188.
- Coa, M., Méndez, J., Silva, R. y Mundarain, S. (2014). Evaluación de métodos químicos y mecánicos para promover la germinación de semillas y producción de fosforitos en café (*Coffea arabica*) var. Catuaí Rojo. IDESIA (Chile), 32(1), 43-53.
- Cortina, G., Moncada, B. y Herrera, P. (2012). Variedad Castillo: Preguntas frecuentes. Avances Técnicos Cenicafé, 426, 8-10.
- Eira, M., Amaral, E., de Castro, R., Dussert, S., Walters, C., Derek, J. y Hilhorst, H. (2006). Coffee seed physiology. Brazilian Journal of Plant Physiology, 18(1), 149-163.
- Fernández, D., Piñeros, J. y Estrada, D. (2011). Financiamiento del sector agropecuario: situación y perspectivas. Reporte de Estabilidad Financiera, Banco de la República, Bogotá Colombia, Septiembre.
- Fernández, M. Doctorado en Ciencias Económicas, Universidad Nacional de Colombia. Artículo presentado a la Escuela de Verano de Historia Económica. 2010.
- Hartmann, T. y Kester, E. 1981. Propagación de plantas principios y prácticas. Segunda impresión. Editorial Continental. México. 814 p.
- Huxley, P. (1964). Some factors which can regulate germination and influence viability of coffee seeds. Proceedings

- International Seed Testing Association 29, 33 - 57.
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, IDEAM. (2014). Promedios Climatológicos 1981-2010. Recuperado de: <http://institucional.ideam.gov.co/jsp/812>.
- Jordán, M. y Casaretto, J. 2006. Fisiología vegetal. Hormonas y reguladores de crecimiento: Auxinas, giberelinas y citocininas. Ediciones Universidad de La Serena. Cap. 15.
- Lluna, R. (2006). Hormonas vegetales: Crecimiento y desarrollo de la planta. Revista Horticultura, 196, 22-26.
- Melgarejo, Luz; Suarez, Diego. Biología y germinación de semillas. Laboratorio de fisiología y bioquímica vegetal. Departamento de Biología. Universidad Nacional de Colombia. 2008.
- Osorio, J. y Castillo, J. (1969). Influencia del tamaño de la semilla en el crecimiento de las plántulas de café. Cenicafé 20, 20-40.
- Poisson, J. (Diciembre de 1977). Aspects chimiques et biologiques de la composition du café vert. Colloque Scientifique International sur le Café, International Coffee Science Association (ASIC), Paris, Francia.
- Quintero, H. (1968). Determinación del poder germinativo de semillas de café (*Coffea arabica* L. var. Borbón) bajo diferentes pruebas. (Tesis: Ingeniero Agrónomo). Universidad de Caldas, Facultad de Agronomía. En: Manizales, Colombia. 41 pp.
- Raven, P. Evert, R. y Eichhorn, S. (1999). Biology of plants 6^o Edición. Freeman Publishers Co. New York. 944 p.
- Secretaría de Agricultura y Ganadería, Programa de arroz.

(2003). Manual técnico para el cultivo de arroz (*Oryza sativa*). Comayagua, Honduras.

SICA. (2011). Sistema de Información Cafetera. Colombia.

Valencia, A. (1970). , G. Tratamientos para acelerar la germinación de la semilla de café. Revista cafetera de Colombia. 19(146):55-59. 1970.

Valio, M. (1976). Germination of coffee seeds (*Coffea Arabica* L. cv. Mundo Novo). Journal of Experimental Botany 27(5), 983- 991.

Valio, M. (1980). Inhibition of germination of coffee seeds (*Coffea arabica* L. c.v. Mundo Novo) by the endocarp. Journal of Seed Technology 5, 32-39.

Velasco, J. y Gutiérrez, J. Germination and its inhibition in coffee. Philippine Journal of Science 103:1-11. 1974.