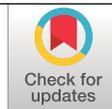


EFECTO DEL MATERIAL DE EMPAQUE EN EL ALMACENAMIENTO DE LA SEMILLA *Coffea arabica* L.

Mélsar Danilo Santamaría Burgos  *

Santamaría-Burgos, M. (2022). Efecto del material de empaque en el almacenamiento de la semilla *Coffea arabica* L. *Revista Cenicafé*, 73(2), e73203. <https://doi.org/10.38141/10778/73203>



Con el propósito de conocer el desempeño del material de empaque para el almacenamiento y preservación del potencial germinativo de la semilla de *Coffea arabica*, se evaluaron cinco materiales para la semilla almacenada durante 12 meses en cuarto frío, bajo condiciones de temperatura y humedad relativa controladas: a 10,5°C y 65% de humedad relativa, en promedio. Los materiales de empaque evaluados fueron: polietileno (PE) calibre 6, papel kraft, trilaminado (PE, aluminio y papel), fique y polietileno bilaminado (PE multicapa). Se utilizó café cereza maduro procedente de la Estación Experimental Naranjal, cosechado en lotes de *C. arabica* de 4 años de edad, en buen estado fitosanitario y beneficiado en la Unidad de Beneficio de Semillas en Cenicafé. El café pergamino seco obtenido en el proceso de beneficio presentó valores entre 10,3% y 11,5% de humedad y porcentaje de germinación del 96%, con un error estándar de 0,94. La semilla se empacó y se dispuso de forma aleatoria al interior del cuarto frío en Cenicafé. En el laboratorio se midió el contenido de humedad y el porcentaje de germinación. Los materiales de empaque de mayor barrera al vapor de agua fueron polietileno, trilaminado y polietileno bilaminado, los cuales preservaron la calidad de la semilla durante los 12 meses, con porcentaje de germinación por encima del 94%, en promedio. Los empaques que ofrecieron menor barrera fueron papel kraft y fique, los cuales afectaron en mayor grado la germinación de la semilla, con valores entre 87% y 88%, en promedio, a partir de los seis meses. La bolsa de papel kraft, que se usa actualmente para el empaque, es un material apto para el almacenamiento de semillas de café, por períodos inferiores a seis meses.

Palabras clave: Potencial germinativo, proceso de beneficio, prueba de germinación, Cenicafé, Colombia.

EFFECT OF THE PACKING MATERIAL ON THE STORAGE OF THE *Coffea arabica* L. SEED

In order to know the performance of storage and preservation packaging material of germinative potential, five packaging materials were evaluated for the *Coffea arabica* seed, stored for 12 months in a cold room, under controlled temperature and relative humidity conditions at 10.5°C and 65%, on average. The packaging materials evaluated were: polyethylene (PE) 6 gauge; kraft paper, trilaminate (PE, aluminum and paper), fique and bilaminate polyethylene (multilayer PE). Mature coffee from the Naranjal Experiment Station was used, harvested from plots of 4-year-old *C. arabica*, in good phytosanitary conditions and processed in the Coffee Seed Process Unit at Cenicafé. The dried coffee parchment obtained in the post-harvest processing had values between 10.3% and 11.5% of humidity and germination percentage of 96%, with a standard error of 0.94. The seed was packed and randomly placed inside a cold room at Cenicafé. In the laboratory, the moisture content and the percentage of germination were measured. The packing materials with the highest water vapor barrier are polyethylene, trilaminate and bilaminate polyethylene, which preserve the quality of the seed during all 12 months, with germination percentage above 94%, on average. The packs that offered the lowest barrier were kraft paper and fique, which affected the germination of the seed to a greater extent, with values between 87% and 88%, on average, from six months. The kraft paper bag, which is currently used for packaging, is a material suitable for the storage of coffee seeds, for periods of less than six months.

Keywords: Germinative potential, coffee process, germination test, Cenicafé, Colombia.

* Asistente de Investigación. Disciplina de Experimentación, Centro Nacional de Investigaciones de Café, Cenicafé. <https://orcid.org/0000-0003-1528-9241>



La semilla de *Coffea arabica* L. por sus características de semilla intermedia, es decir, de tolerancia intermedia a la deshidratación y al almacenamiento (De Souza et al., 2009), en condiciones ambientales normales, tiene una vida después de empacada, relativamente corta, de 45 días (Arcila, 1987). Trascorrido este tiempo, la semilla empieza a reducir su porcentaje de germinación (Arcila, 1987). Por esta razón, el material de empaque y las condiciones ambientales controladas de su almacenamiento pueden llegar a tener efecto positivo en la preservación de la vida del embrión y hacer que el potencial de germinación de la semilla perdure por más tiempo.

La semilla de café es elíptica, plano convexa y con un surco longitudinal en la superficie plana. La capa exterior corresponde al endocarpio, que es una cubierta de color marrón pálido y de consistencia dura, que se convierte en el pergamino después del secado (De Castro et al., 2004). El endocarpio contiene la semilla encerrada en una testa delgada y verde, conocida como espermodermo o "piel plateada", que es un residuo del perispermo (Huxley, 1964).

En una semilla de café se distinguen dos partes principales: el endospermo y el embrión. El endospermo es un tejido vivo, conformado por una región externa dura y una región interna blanda que rodea al embrión (Da Silva, 2002; Giorgini, 1992; King & Roberts, 1979). La parte del endospermo que queda frente a la punta de la radícula se conoce como endospermo micropilar y la que está alrededor del resto del embrión es el endospermo lateral (Centro de Investigaciones Agronómicas [CIA] – Universidad de Costa Rica, 1990). El tejido del endospermo tiene alto contenido de polisacáridos (Nasiro et al., 2017) y sus paredes celulares están conformadas por celulosa y hemicelulosas, principalmente

mananos insolubles (Estanislau, 2002; Nasiro et al., 2017). El endospermo lateral es un tejido muy duro, debido a que contiene un manano de paredes celulares muy gruesas; distinto es en la región micropilar donde las paredes son mucho más delgadas (Eira et al., 2006). Los mananos de café contienen un 2,0% de galactosa, en forma de cadena lateral en su estructura química (De Castro et al., 2004) que ayuda en la movilización de compuestos a través de las paredes celulares del endospermo después de la germinación, proporcionando carbohidratos para la plántula en crecimiento. En el citoplasma de las células del endospermo están presentes proteínas, lípidos y minerales, que probablemente son otra fuente de reservas nutricionales para el embrión (Dedecca, 1957). El embrión es muy pequeño, mide entre 3 y 4 mm de largo, lo conforman un eje y dos cotiledones cordiformes adherentes y está localizado cerca de la superficie convexa de la semilla (De Castro et al., 2004; Estanislau, 2002; Krug et al., 1939); contiene pocas reservas almacenadas y depende de los nutrientes del endospermo para su crecimiento hasta que la plántula se convierta en un organismo autótrofo (Eira et al., 2006).

La germinación de las semillas de café es el resultado de la activación de un proceso de actividad enzimática, donde la endo-b-mananasa es la primera enzima en la hidrólisis del manano y es probable que sea la principal enzima involucrada en el debilitamiento del endospermo, mientras que la b-manosidasa hidroliza los productos de manosa oligoméricos resultantes de la actividad endo-b-mananasa (Eira et al., 2006). Por lo tanto, dado que la germinación en la semilla es el resultado del debilitamiento del endospermo y el crecimiento del embrión (Castaño et al., 1980), puede concluirse que las endo-b-mananasa y las b-manosidasa juegan un

papel importante durante germinación de las semillas del café, produciendo el debilitamiento del endospermo micropilar, lo que lo hace menos resistente a la punción de la radícula embrionaria sobre la pared celular de éste (De Castro et al., 2004).

La tolerancia a la desecación es un factor determinante en la longevidad de la semilla (De Souza et al., 2009). En semillas de fisiología intermedia, como es el caso de *C. arabica*, la interacción entre el contenido de humedad de la semilla y la temperatura del ambiente determinan su supervivencia y longevidad. Esta interacción es interdependiente, por cuanto el contenido crítico de agua siempre aumenta con la disminución de la temperatura (Eira et al., 2006). Las especies de *Coffea* muestran una gran variabilidad en la sensibilidad a la desecación de la semilla (Dentan, 1985; De Souza et al., 2009; Dussert et al., 1999). Los contenidos mínimos de agua a los que pueden secarse las semillas de *C. arabica*, *C. canephora* y *C. liberica*, sin que se cause daños al embrión, son: 9,0%, 10,0% - 12,0% y 24,0%, respectivamente (Dussert et al., 1999).

En Colombia, el almacenamiento de la semilla de las variedades de *C. arabica* que se produce, tiene como propósito adicional almacenar por períodos cortos, los excedentes de la producción anual, para atender la demanda a comienzos del año siguiente; este almacenamiento se realiza por dos o tres meses, en cuarto frío, con temperaturas de entre 10 y 15°C y entre 60% y 75% de humedad relativa¹. En Brasil, semillas de *C. arabica* con contenidos de humedad del 10% fueron almacenadas durante doce meses a 15°C, con resultados contradictorios e inconclusos, que no ofrecen claridad y contundencia en

relación con la extensión de la vida útil de estas (De Souza et al., 2009). También se ha recomendado el almacenamiento hermético de semillas con contenido de humedad de 10% a 11% a 10°C para mantener su viabilidad hasta por tres años (Eira et al., 2006).

Este trabajo evaluó el efecto de cinco materiales de empaque sobre la germinación de la semilla de *C. arabica* almacenada en cuarto frío, con el fin de ofrecer una solución para el almacenamiento del producto antes de ser entregado a los caficultores.

MATERIALES Y MÉTODOS

Condiciones del área de estudio

La investigación se desarrolló durante el año 2019 en el laboratorio de semillas en Planalto, sede de Cenicafé en Manizales (Caldas), 4°59'N 75°35'W, a 1.400 m de altitud. En la investigación se evaluó el efecto de cinco materiales de empaque en la preservación del poder de germinación de la semilla de *C. arabica* almacenada durante un año en cuarto frío, con condiciones controladas de temperatura y humedad relativa (10,5°C y 65 HR, en promedio) las cuales fueron verificadas con la ayuda de un termohigrógrafo marca Lamberch, ubicado al interior del cuarto.

Proceso de beneficio y selección de las semillas de *C. arabica*

Para la conformación de las unidades experimentales se utilizó café cereza maduro, procedente de la Estación Experimental Naranjal (Chinchiná, Caldas), ubicada a 4°58'10.30" de Latitud Norte y 75°39'10.55" de Longitud Oeste,

¹ Información obtenida por el autor, de la Disciplina de Experimentación de Cenicafé, en el proceso de producción de semilla mejorada de café.

cosechado en lotes de *C. arabica* de cuatro años de edad, con buen estado fitosanitario y nutricional de las plantas, el cual se procesó en la Unidad de Beneficio de Semillas en Cenicafé. Las operaciones de despulpado, fermentación, lavado y secado constituyen el denominado proceso de beneficio del café y consistieron en: despulpado mecánico de los frutos, representado en la remoción del pericarpio mediante despulpadoras de cilindro horizontal; fermentación del café despulpado, consistente en la retención en tanques de acero inoxidable durante 16 horas; lavado, consistente en retirar el mucílago degradado de los granos de café, mediante enjuagues con agua limpia; y, secado, que es la desecación del grano en secadores mecánicos, que utilizan una corriente de aire caliente que se conduce a través de la masa fija de café, arrastrando vapor de agua y produciendo el secado de éste, hasta alcanzar una humedad del 11% en base húmeda (bh). La temperatura del aire siempre estuvo por debajo de 38°C, evitando daños al embrión por altas temperaturas. El café pergamino seco obtenido se apiló y se procedió al empaque, pesaje, sellado y marcado de las bolsas. En total se conformaron 490 unidades experimentales de 1,0 kg de semilla cada una.

Descripción de tratamientos y diseño de muestreo

Los materiales de empaque evaluados correspondieron a bolsas de 1,0 kg, como se describe a continuación:

- **Tratamiento 1:** bolsa de polietileno calibre 6
- **Tratamiento 2:** bolsa de papel kraft
- **Tratamiento 3:** bolsa trilaminada de aluminio, papel y polietileno
- **Tratamiento 4:** bolsa de fique
- **Tratamiento 5:** bolsa de polietileno bilaminada

Las unidades experimentales se dispusieron sobre estantería plástica al interior del cuarto frío, según diseño experimental completamente aleatorio. A partir del tiempo cero, de forma mensual y durante 12 meses, se tomaron aleatoriamente de cada tratamiento ocho unidades experimentales, de cada una de ellas, mediante la técnica de cuarteo (Figura 1a), se obtuvieron 50 semillas, hasta completar 400 semillas, como corresponde con las Reglas Internacionales para el Análisis de las Semillas (*International Seed Testing Association*–ISTA, 2016), con las cuales se hicieron las pruebas de germinación en el laboratorio y se determinó el porcentaje de germinación (Figura 1b).

Mediciones

Antes de iniciar el almacenamiento en el cuarto frío se tomaron dos unidades experimentales por cada tratamiento, para determinar el porcentaje de germinación inicial (tiempo cero). La evaluación de esta investigación consistió en realizar pruebas de germinación mensuales a la totalidad de las unidades experimentales almacenadas.

Pruebas de germinación

El procedimiento para el montaje de las pruebas de germinación consistió en hacer la trilla manual de las semillas (eliminación del pergamino o endocarpio) (Figura 1c), después se sumergieron en una solución desinfectante Clorox® al 20% en agua, durante 1 hora, y por último se hicieron tres enjuagues con agua potable (Figura 1d). Las semillas desinfectadas se dispusieron en cajas plásticas sobre papel de germinación de semillas No. 76, humedecido con agua destilada (Figura 1e). Posteriormente, se ubicaron en una cámara de germinación (incubadora WTB – BINDER RD 7.20) en

condiciones de oscuridad a 25°C, durante 25 días. Durante este tiempo, diariamente se revisó la evolución de la germinación. Del día 0 al día 9 se rehumedeció cada muestra aplicando agua destilada con un rociador. A partir del

día 9, que es cuando comienza la protrusión radicular, y durante el resto de tiempo que duró la prueba hasta su evaluación, se fueron retirando las semillas que no germinaron y las que estaban contaminadas (Figura 1f).

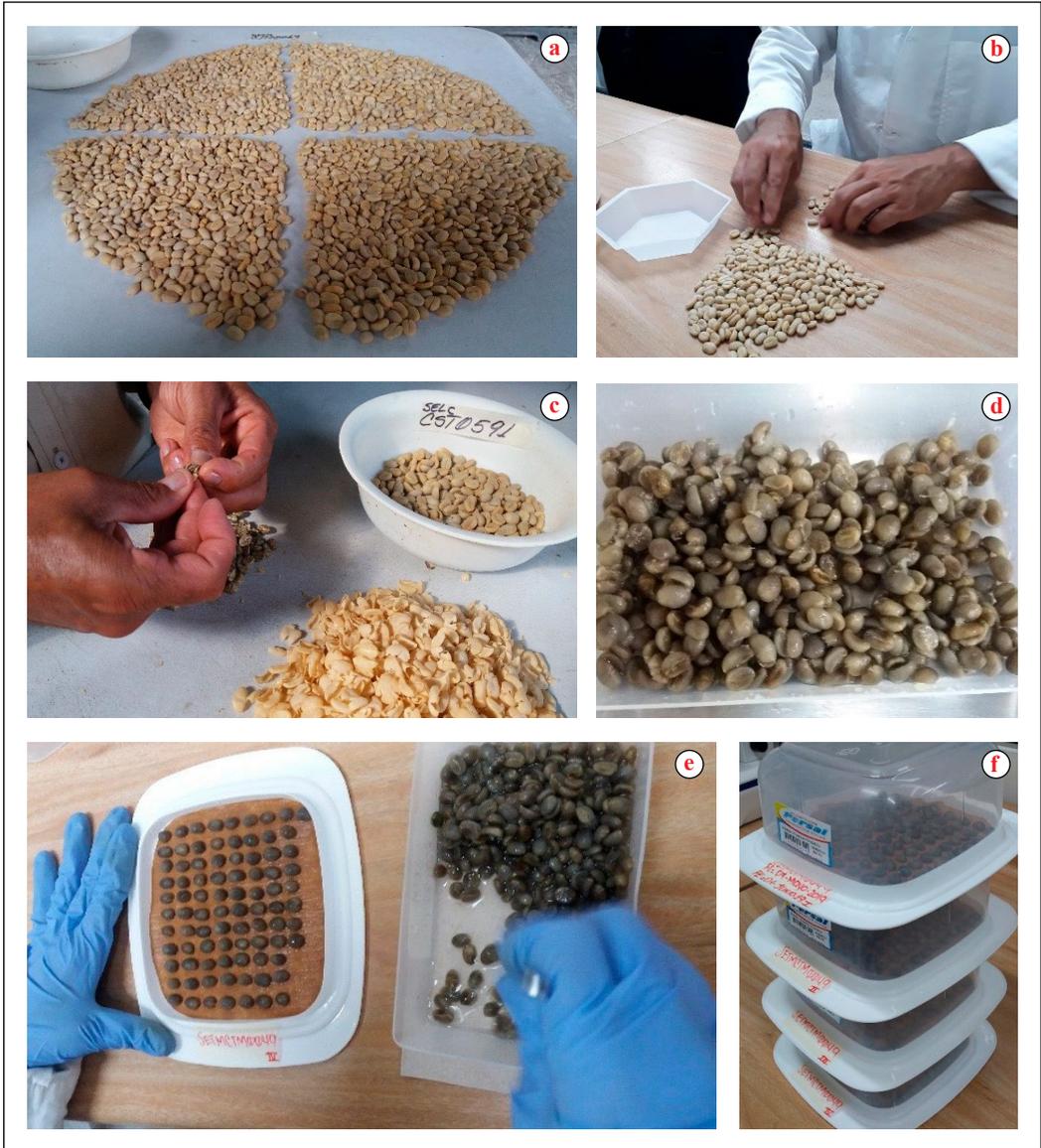


Figura 1. Procedimiento para el montaje de las pruebas de germinación.

La evaluación de la germinación consistió en contar el total de semillas germinadas a los 25 días, expresando esta cantidad en cifras porcentuales. Se asumió por semilla germinada, a los 25 días, la semilla que expuso una radícula de entre 1 y 2 cm de longitud (Aguilera, 1979).

Contenido de humedad

Durante el desarrollo de la investigación se midió el contenido de humedad a la totalidad de las muestras al momento de salir del cuarto frío, utilizando un determinador de humedad Kett PM-450.

Análisis estadístico de los datos

Para el análisis estadístico, en cada fecha de muestreo se estimó el promedio y el error estándar para la variable de respuesta porcentaje de germinación y se hizo análisis de varianza, bajo el modelo para el diseño completamente aleatorio al 5%, con dicha variable. Se aplicó la prueba de Tukey al 5%, para identificar el tratamiento con el mayor promedio de germinación.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La Figura 2 ilustra los cambios en el contenido de humedad de la semilla durante el periodo de almacenamiento. La variación errática de la humedad de la semilla en los materiales de empaque papel y fique puede estar directamente relacionada con la baja barrera que estos ofrecen al vapor de agua, ocasionando variaciones de la humedad de equilibrio en su interior y provocando fluctuaciones en el contenido de humedad.

La germinación inicial fue de 96% con un error estándar de 0,94. En la Tabla 1 se presentan los resultados de la evaluación de los tratamientos durante los doce meses.

Como se aprecia en la Tabla 1, los tratamientos polietileno PE, trilaminado y polietileno PE bilaminado presentaron valores superiores al 91%, con excepción del trilaminado en el mes 6 y el polietileno PE bilaminado en el mes 12. Los promedios generales para estos tres tratamientos estuvieron entre 94,0% y 94,4%.

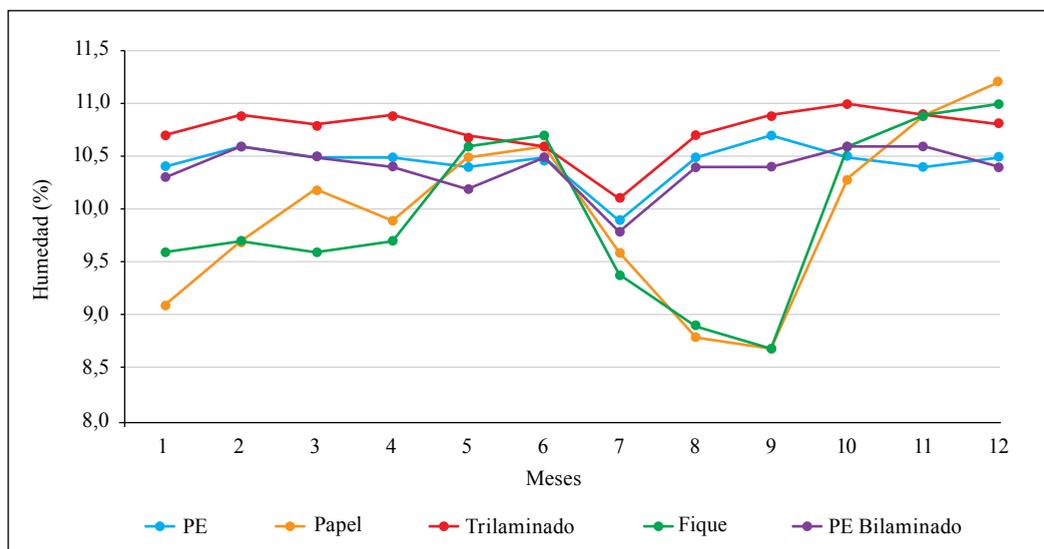


Figura 2. Cambios en contenido de humedad de la semilla durante el almacenamiento.

Tabla 1. Promedio y error estándar para el porcentaje de germinación por tratamiento.

Mes	Poliétileno PE		Papel		Trilaminado		Fique		Poliétileno PE bilaminado						
	Media	Error estándar	Media	Error estándar	Media	Error estándar	Media	Error estándar	Media	Error estándar					
1	94,3	1,3	93,0	1,3	90,8	2,3	92,0	1,1	93,0	2,3					
2	92,8	1,3	92,5	2,1	92,0	1,3	88,0	3,0	91,0	1,6					
3	96,0	0,8	89,5	1,4	96,3	0,9	91,5	0,5	95,5	0,8					
4	95,5	1,1	92,0	2,4	96,5	0,7	95,0	1,9	98,5	0,6					
5	96,3	1,3	96,0	0,9	97,5	0,5	93,0	2,1	95,5	1,6					
6	95,8	0,8	85,0	5,8	88,8	3,3	95,3	1,1	97,5	0,7					
7	93,5	1,1	86,8	3,0	95,3	1,5	87,3	2,8	93,0	1,4					
8	98,8	0,6	76,5	4,9	96,0	3,0	96,3	1,7	99,8	0,3					
9	91,3	2,0	76,3	3,0	94,0	1,0	81,5	2,6	91,5	3,2					
10	96,5	1,4	84,5	2,0	98,3	1,0	75,3	2,5	96,3	1,2					
11	91,0	1,6	87,5	3,1	93,0	1,6	79,8	2,6	92,3	2,4					
12	91,8	2,0	87,5	1,8	92,0	1,0	81,0	6,6	83,8	2,7					
General	94,4	A	0,4	87,3	B	1,0	94,2	A	0,6	88,0	B	1,0	94,0	A	0,6

* Letras no comunes, implica diferencias entre el promedio general de los tratamientos, según prueba de Tukey al 5%

El tratamiento papel presentó valores de germinación superiores al 84,5%, con excepción de los meses 8 y 9, donde descendió. El promedio general para el tratamiento papel fue de 87,3%. El tratamiento fique presentó valores superiores a 81,0%, con excepción de los meses 10 y 11 donde tuvo un descenso. El promedio general para el tratamiento fique fue de 88,0%.

Los resultados obtenidos permitieron concluir que los materiales de empaque polietileno PE calibre 6, trilaminado y polietileno PE bilaminado, tuvieron mejor desempeño durante los doce meses que duró la investigación, porque mantuvieron la germinación de la semilla por encima del 94,0% en promedio. Probablemente esto se deba a la mayor barrera física que tienen, lo cual permite una condición de humedad de equilibrio al interior de estos, sin que la semilla se vea expuesta a cambios bruscos en su contenido de humedad. A su turno, los materiales de empaque papel kraft y fique, comparados con los otros tres que se evaluaron en este estudio, tuvieron un desempeño inferior, afectando en mayor grado la germinación de la semilla, con descensos importantes a partir del sexto mes, ubicándola entre 87,3% y 88,0% en promedio, pero con valores mínimos de 76,3% y 75,3%, respectivamente.

Investigaciones sobre almacenamiento de semillas de café, realizadas en el Instituto Agronómico de Campinas, Brasil, en el año 1959, permitieron a Eira et al. (1999) escribir protocolo de almacenamiento para mantener la viabilidad de las semillas de *C. arabica*, con 10,0% a 11,0% de contenido de humedad, en empaques herméticos, a 10°C (Eira et al., 2006). Estos resultados coinciden, en parte, con los resultados obtenidos en esta investigación, donde los empaques de mayor hermeticidad (polietileno

PE calibre 6, trilaminado y polietileno PE bilaminado) tienen mejor desempeño en mantener la viabilidad de la semilla por más tiempo.

Nasiro et al. (2017), según los resultados de sus investigaciones realizadas en el Instituto Etíope de Investigación Agrícola, en Jimma (Etiopía), recomiendan el almacenamiento a 15°C, hasta por seis meses, de semillas de *C. arabica*, con contenido de humedad entre 17% y 22%.

Los materiales polietileno PE calibre 6, trilaminado y polietileno PE bilaminado, son empaques que permiten el almacenamiento de la semilla *C. arabica*, en condiciones controladas de temperatura y humedad relativa (10,5°C y 65% HR, en promedio) como en esta investigación, por períodos de un año.

Los materiales papel kraft y fique tienen una fortaleza importante en cuanto a la protección ambiental porque son biodegradables y en el estudio mostraron aptitud para ser usados como empaque para la semilla de *C. arabica*. Teniendo en cuenta que a partir del sexto mes la semilla de café perdió potencial de germinación, se concluye que estos materiales de empaque pueden ser utilizados para el almacenamiento por periodos cortos, inferiores a seis meses, bajo las condiciones de temperatura y humedad relativa estudiadas.

AGRADECIMIENTOS

A los asesores y colaboradores que participaron en esta investigación. Carlos Gonzalo Mejía, Jhon Félix Trejos, José Farid López, Alejandra Garcés, Disciplina de Experimentación; Ricardo Acuña Z. y Natalia Flechas, Disciplina Fisiología; Rubén Medina y Esther Cecilia Montoya, Disciplina de Biometría; Juan Carlos García, Ninibeth

Sarmiento, Wilmar Rendón y Luis Torres, Disciplina de Agroclimatología; Paulo Arias y Mario López, Gestión de Bienes y Servicios-Mantenimiento; Steven Giraldo, Benjamín

Sánchez, Jaime Reinoso, Diego Ospina Tirado, Acciones y Servicios, y otros colaboradores de la Estación Experimental Naranjal. Fuente de financiación: recursos propios, FIS102007.

LITERATURA CITADA

- Abreu, L. A. de S., Veiga, A. D., Von Pinho, É. V. de R., Monteiro, F. F., & Rosa, S. D. V. F. (2014). Behavior of coffee seeds to desiccation tolerance and storage. *Journal of Seed Science*, 36(4), 399–406. <https://doi.org/10.1590/2317-1545v36n41008>
- Aguilera, H. E. (1979). *Almacenamiento de semillas de café* [Tesis de Maestría]. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza CATIE.
- Arcila Pulgarín, J. (1988). Aspectos fisiológicos de la producción de café (*Coffea arabica* L.). En Federación Nacional de Cafeteros de Colombia, *Tecnología del cultivo del café* (2a ed., pp. 60–111). Cenicafé. <https://biblioteca.cenicafé.org/handle/10778/717>
- Bendaña, F. E. (1962). Fisiología de las semillas de café: Problemas relativos al almacenamiento. *Café*, 4(15), 93–96.
- Castaño, R. D., & Restrepo, M. (1980). *Influencia del contenido de humedad, tipo de empaque y tiempo de almacenamiento sobre la viabilidad y vigor de semillas de café Coffea arabica L.* [Tesis de pregrado]. Universidad de Caldas.
- Da Silva, E. A. (2002). *Coffee (Coffea arabica cv. Rubi) seed germination: Mechanism and regulation* [Tesis de Doctorado, Wageningen University]. <https://edepot.wur.nl/192247>
- De Castro, R. D., Estanislau, W. T., Carvalho, L.M.M., & Hilforst, H. W. M. (2004, October 11-15). Functional Development and Maturation of Coffee (*Coffea arabica*) Fruits and Seeds. *Proceedings 20th International scientific Colloquium on Coffee*. Salvador, Bangalore, India.
- Dedecca, D. M. (1957). Anatomia e desenvolvimento ontogenético de *Coffea arabica* L. var. Typica Cramer. *Bragantia*, 16(23), 315–366. <https://doi.org/10.1590/S0006-87051957000100023>
- Dentan, E. (1985). The Microscopic Structure of the Coffee Bean. En M. N. Clifford & K. C. Willson (Eds.), *Coffee* (pp. 284–304). Springer US. https://doi.org/10.1007/978-1-4615-6657-1_12
- Dussert, S., Chabrilange, N., Engelmann, F., & Hamon, S. (1999). Quantitative estimation of seed desiccation sensitivity using a quantal response model: Application to nine species of the genus *Coffea* L. *Seed Science Research*, 9(2), 135–144. <https://doi.org/10.1017/S096025859900015X>
- Eira, M. T. S., Silva, E. A. A. da, De Castro, R. D., Dussert, S., Walters, C., Bewley, J. D., & Hilhorst, H. W. M. (2006). Coffee seed physiology. *Brazilian Journal of Plant Physiology*, 18(1), 149–163. <https://doi.org/10.1590/S1677-04202006000100011>
- Estanislau, W. T. (2002). *Modelo funcional de desenvolvimento de sementes de cafeeiro (Coffea arabica L.)* [Tesis de Maestría, Universidade Federal de Lavras]. <http://repositorio.ufla.br/jspui/handle/1/34610>
- Giorgini, J. F., & Campos, C. A. S. P. (1992). Changes in the content of soluble sugars and starch synthesis and degradation during germination and seedling growth of *Coffea arabica* L. *Revista Brasileira de de Fisiologia Vegetal*, 4(1), 11–15.
- Huxley, P. A. (1964). Some factors which can regulate germination and influence viability of coffee seeds. *Proceedings International Seed Testing Association*, 29(1), 33-60.
- King, M. W., & Roberts, E. H. (1979). *The storage of recalcitrant seeds: Achievements and possible approaches*. International Board for Plant Genetic Resources.
- Krug, C. A., & Carvalho, A. (1939). Genetical Proof of the Existence of Coffee Endosperm. *Nature*, 144(3646), 515–515. <https://doi.org/10.1038/144515a0>
- Nasiro, K., Shimer, T., & Mohammed, A. (2017). Germination and Seedling Growth Rate of Coffee (*Coffea arabica* L.) Seeds as Influenced by Initial Seed Moisture Content, Storage Time and Storage Condition. *Food Science and Quality Management*, 70, 17–24. <https://iiste.org/Journals/index.php/FSQM/article/view/40240/41385>
- Roberts, E. H. (1973). Predicting the storage life of seeds. *Seed Science and Technology*, 1(3), 499–514.
- The International Seeds Testing Association. (2016). *Reglas Internacionales para el Análisis de las Semillas*. ISTA.