



REMOCIÓN DEL ENDOCARPIO EN LA EMERGENCIA, VIGOR Y FENOLOGÍA PRE-TRASPLANTE DE PLÁNTULAS DE SEMILLAS DE NUEVE GENOTIPOS DE CAFETO, EN OXAPAMPA

Removal of the endocarp in the emergence, vigor and pre-transplantation phenology of seedlings of seeds of nine coffee genotypes, in Oxapampa

Luis Acosta-Trinidad ^{1*}; Hugo Soplin-Villacorta ²; Julián Chura-Chuquija ²

¹ Escuela de Posgrado, Especialidad de Producción Agrícola, Universidad Nacional Agraria La Molina, 15024, Lima, Perú.

² Facultad de Agronomía, Universidad Nacional Agraria La Molina, 15024, Lima, Perú.

* E-mail: luistibhy@hotmail.com

Recibido: 09/02/2022; Aceptado: 22/06/2022; Publicado: 31/07/2022

ABSTRACT

The objective of this research was to evaluate the emergence, vigor and pre-transplant phenology of seedlings from seed sown with and without endocarp, of nine coffee genotypes in Oxapampa, in order to have new genotypes of uniform seedlings. A randomized complete block experimental design with factorial arrangement was used. In the germinator, each experimental unit was made up of two rows with 25 seeds in each row. In storage, each experimental unit consisted of 16 pots: 4 pots were sampled. For the variables evaluated in germinator and storage, the genotypes that stood out were the following: UNACAF-89 (red caturra): percentage of emergence (57 %); growth rate (4.04 mm/week); UNACAF-116 (catimor): seedling fresh weight (0.64 g); seedling vigor index (53.79); fresh weight aerial part (2.36 g); fresh root weight (1.27 g); dry weight of the aerial part (0.53 g); root dry weight (0.16 g); root volume (1.25 ml); UNACAF-250 (obata): seedling dry weight (0.13 g); plant height (10.13 cm); UNACAF-188 (yellow caturra): emergence rate (1.17 plants/day) and UNACAF-213 (geisha): stem diameter (2.81 mm). In the group of seeds sown without endocarp, there were improvements for the variables: emergence percentage, emergence rate, seedling vigor index, fresh root weight and root volume. UNACAF-89 (red caturra) obtained the highest number of plants in secondary stages 09 and 10; likewise, the highest number of hypocotyls in secondary stage 07 of the BBCH scale.

Keywords: caturra | catimor | pache | pacamara | geisha | obata | factorial arrangement.

Forma de citar el artículo (Formato APA):

Acosta-Trinidad, L., Soplin-Villacorta, H., & Chura-Chuquija, J. (2022). Remoción del endocarpio en la emergencia, vigor y fenología pre-trasplante de plántulas de semillas de nueve genotipos de café, en Oxapampa. *Anales Científicos*. 83(1), 67-77. <http://dx.doi.org/10.21704/ac.v83i1.1885>.

Autor de correspondencia (*): Luis Tibhy Acosta-Trinidad. Email: luistibhy@hotmail.com

© Los autores. Publicado por la Universidad Nacional Agraria La Molina.

This is an open access article under the CC BY

RESUMEN

El objetivo de la presente investigación fue evaluar la emergencia, el vigor y fenología pre-trasplante de plántulas procedentes de semilla sembrada con y sin endocarpio, de nueve genotipos de café en Oxapampa, a fin de contar con nuevos genotipos de plántulas uniformes. Se utilizó un diseño experimental de bloque completo randomizado con arreglo factorial. En germinador cada unidad experimental fue conformada por dos surcos con 25 semillas en cada surco. En almacigo cada unidad experimental consto de 16 macetas: se muestrearon 4 macetas. Para las variables evaluadas en germinador y almacigo, los genotipos que destacaron, fueron los siguientes: UNACAF-89 (caturra rojo): porcentaje de emergencia (57 %); ritmo de crecimiento (4.04 mm/semana); UNACAF-116 (catimor): peso fresco de plántula (0.64 g); índice de vigor de plántula (53.79); peso fresco parte aérea (2.36 g); peso fresco de raíz (1.27 g); peso seco parte aérea (0.53 g); peso seco de raíz (0.16 g); volumen de raíz (1.25 ml); UNACAF-250 (obata): peso seco de plántula (0.13 g); altura de planta (10.13 cm); UNACAF-188 (caturra amarillo): tasa de emergencia (1.17 plantas/día) y UNACAF-213 (geisha): diámetro de tallo (2.81 mm). En el grupo de semillas sembradas sin endocarpio se presentaron mejoras para las variables: porcentaje de emergencia, tasa de emergencia, índice de vigor de plántula, peso fresco de raíz y en el volumen de raíz. UNACAF-89 (caturra rojo) obtuvo el mayor número de plantas en los estadios secundarios 09 y 10; asimismo, el mayor número de hipocótilos en el estadio secundario 07 de la escala BBCH.

Palabras clave: caturra | catimor | pache | pacamara | geisha | obata | arreglo factorial.

1. INTRODUCCIÓN

En el Perú el cultivo de café tiene gran importancia, debido a que abarca 425416 hectáreas las que representan el 6 % del área agrícola nacional y que están distribuidas en 17 regiones (MINAGRI, 2020). A su vez, es cultivado principalmente por pequeños agricultores con extensa tradición cafetalera, quienes dependen de este cultivar, casi exclusivamente para su sustento. Además, las áreas cafetaleras cumplen un rol de importancia, al conservar de manera sustentable la biodiversidad y la protección de los suelos con pendientes. Asimismo, es básico que el productor de café se asegure no solo de seleccionar la variedad o cultivar correcto, sino también de que las semillas o plántulas que vayan a sembrar sean todas de la variedad seleccionada y que tengan la mejor calidad física y fitosanitaria posible para que cada una exprese su mayor potencial de producción (WCR, 2019a). En consecuencia, es clave que en vivero se tenga un sistema de trazabilidad desde la semilla que garantice la calidad de las plántulas para el agricultor (WCR, 2019b). Lo que significa que, al retirar las plántulas del vivero y llevarlas a campo, estas cuenten con un tamaño homogéneo, sanas, vigorosas y bien formadas (INIAP 1993).

La conducción de almacigueras con plántulas vigorosas de cafetos es uno de los pilares fundamentales en el establecimiento de los cultivos que pueden permanecer por más de 15 años en el campo (Sadeghian-Khalajabadi y Zapata, 2014). Cabe agregar que la vigorosidad se encuentra determinada por la plasticidad ecológica de las variedades a diferentes condiciones de agroecosistemas donde se desarrollan. Entonces, para los fines del análisis de germinación de semillas de café, se emplean semillas sin pergamino, porque la presencia de pergamino retarda el inicio de la germinación e induce germinación desuniforme, mientras que, para la siembra de las almacigueras, los caficultores comúnmente usan semillas con endocarpio (pergamino).

Algunas de las limitantes comunes entre los caficultores en el país, incluyen el desconocimiento de la identidad varietal de las plántulas, su adecuado estadio fenológico para instalarlas en campo y los grados de vigor de las mismas. Por ello, el presente estudio se realizó con el objetivo general de evaluar la emergencia, el vigor y fenología pre-trasplante de plántulas procedentes de semilla sembrada con y sin endocarpio, de nueve genotipos de café. Los objetivos específicos fueron: i) Evaluar el efecto de los genotipos

en el índice de vigor de plántulas, emergencia y fenología pre-trasplante; ii) Estudiar el efecto del endocarpio en el índice de vigor de plántulas, emergencia y fenología pre-trasplante y iii) Evaluar la interacción genotipo por endocarpio en el índice de vigor de plántulas, emergencia y fenología pre-trasplante.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Localización y condiciones climáticas. El experimento se ejecutó entre los meses de abril a octubre del 2019 en el fundo “Azania” sector de Gramazú, del distrito de Chontabamba, provincia de Oxapampa y departamento de Pasco. La geo-referenciación del lugar indica 10° 30' 45" de latitud sur y 75° 27' 03" de longitud oeste con una altitud de 1775.3 m.s.n.m. Durante el tiempo de evaluación en germinador y almacigo, para los meses de abril a octubre del 2019, la temperatura promedio fue 18.29 °C con promedio de temperatura máxima de 23.96 °C y mínima de 12.62 °C y la precipitación promedio fue igual a 70.81 mm/mes registrados por el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI), con ubicación más próxima a la zona de experimentación.

Material vegetal. Semillas de nueve genotipos de cafetos: UNACAF-142 (Pacamara), UNACAF-89 (Caturra rojo), UNACAF-188 (Caturra amarillo), UNACAF-29 (Pache), UNACAF-160 (Catimor), UNACAF-111 (Caturra rojo), UNACAF-116 (Catimor), UNACAF-213 (Geisha) y UNACAF-250 (Obata IAC 1669-20) del banco de germoplasma (BG) instalado en el fundo “La Génova” de la Universidad Nacional Agraria La Molina en San Ramón, Chanchamayo.

Factores en estudio y análisis estadístico. En este experimento se evaluaron dos factores: genotipo y endocarpio: semillas con endocarpio y semillas sin endocarpio. Se empleó un diseño de bloque completo randomizado con arreglo factorial 9x2, lo que permitió la combinación de los dos factores evaluados con los niveles de cada factor; se obtuvo en total 18 tratamientos. Asimismo, se tuvieron tres bloques, con un total de 54 unidades experimentales. En germinador cada unidad experimental fue conformada por dos

surcos de 125 cm con 25 semillas en cada surco. En almacigo cada unidad experimental consto de 16 macetas: se muestrearon 4 macetas. Los datos de las variables estudiadas, se sometieron a la verificación de supuestos antes de realizar el análisis de varianza y se realizó la prueba de Duncan con un nivel de probabilidad de 0.05 para la comparación de medias, con el software estadístico InfoStat.

Características del germinador y almacigo. En germinador, el sustrato del germinador fue arena fina de río, cernida a través de un tamiz de 5 mm, que sirvió para rellenar el germinador de dimensiones: 13.5 m de largo, 1.30 m de ancho y 0.2 m de profundidad, con bordes de madera. En la cama del germinador se tuvieron tres bloques o repeticiones. Cada bloque, estuvo constituido por tres sub-bloques a lo largo del germinador; cada sub-bloque a su vez, incluía 12 surcos de 125 cm de largo, espaciados a 10 cm, para incluir seis tratamientos, con dos surcos por tratamiento. La separación entre surcos de un sub-bloque y el inmediato, fue de 20 cm y la separación entre bloques, 30 cm.

En almacigo, el sustrato para las bolsas con dimensiones (4 pulgadas de ancho y con 7 pulgadas de largo) fue suelo forestal que se secó al aire, triturado manualmente y cernido a través de un tamiz de 5 mm. Posteriormente las plántulas de cada uno de los genotipos con y sin endocarpio se repicaron a bolsas de polietileno con sustrato; el estado de desarrollo de las plántulas, al momento del repique a bolsa fue fosforito y mariposa.

En germinador, las variables estudiadas fueron: porcentaje de emergencia (%) se determinó dividiendo el número total de plántulas emergidas entre el número total de semillas sembradas y multiplicando este cociente por 100, a los 60 días después de la siembra (dds); tasa de emergencia (plantas/día) con la ecuación $M = n_1/t_1 + n_2/t_2 + \dots + n_{50}/t_{75}$ donde n_1, n_2, n_{50} son el número de plantas emergidas en los tiempos t_1, t_2, \dots, t_{75} (en días), a los 75 dds; ritmo de crecimiento (mm/semana) se evaluaron 4 plántulas de cada unidad experimental, la medición de altura de plántula se hizo desde el cuello de la plántula, hasta la parte final de la semilla con una regla metálica de precisión, a los 75 dds; peso fresco de plántula (g) se evaluaron 4 plántulas de cada unidad experimental a los 75 dds;

peso seco de plántula (g) se evaluaron 4 plántulas de cada unidad experimental a los 75 dds; índice de vigor de plántula se evaluaron 4 plántulas de cada unidad experimental, se utilizó la ecuación $IVP = [E (\%)] \times [LP] \times [PSA]$ donde E (%): porcentaje de emergencia; LP: longitud aérea de la plántula y PSA: peso seco de la parte aérea de la plántula, a los 75 dds; estado secundario 07 se evaluaron el número de hipocótilos que sobresalieron del sustrato, a los 48 dds; estado secundario 09 se evaluaron el número de semillas por encima del sustrato, a los 54 dds y estado secundario 10 se evaluaron el número de plántulas con cotiledones abiertos, a los 72 dds.

En almácigo, las variables estudiadas a los 90 días después del repique fueron: diámetro de tallo (mm) se midió en la base cerca de la superficie del medio (sustrato) con un vernier; altura de planta (cm); peso fresco parte aérea (g); peso fresco de la raíz (g); peso seco parte aérea (g); peso seco de raíz (g) y volumen de raíz (ml) se midió usando el método de desplazamiento de agua en una probeta de vidrio de 10 ml.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para el área foliar de plántulas a un tiempo de 90 ddr, los resultados del análisis de varianza, no presentaron diferencias estadísticas significativas ($p > 0.05$) para el factor genotipo, endocarpio e interacción de factores (genotipo por endocarpio).

Resultados para el factor genotipo. En germinador, para el grupo de variables estudiadas, el análisis de varianza de porcentaje de emergencia, tasa de emergencia y ritmo de crecimiento para el genotipo en promedio de endocarpio han mostrado diferencias estadísticas altamente significativas ($p < 0.01$). Asimismo, con la prueba de comparación múltiple de Duncan con 5 % de probabilidad se han encontrado diferencias significativas (Tabla 1). El porcentaje de emergencia estuvo entre 5.67 y 57 % que corresponde a los genotipos Obata IAC 1669-20 (UNACAF-250) y Caturra rojo (UNACAF-89) respectivamente. La tasa de emergencia entre los valores 0.15 y 1.17 plantas/día para los genotipos Obata IAC 1669-20 (UNACAF-250) y Caturra amarillo (UNACAF-188) respectivamente. Asimismo, la remoción del endocarpio (pergamino) permitió mejorar el porcentaje

de emergencia y tasa de emergencia de todos los genotipos evaluados. Y en el ritmo de crecimiento los valores estuvieron entre 3.23 y 4.04 mm/semana en los genotipos Caturra amarillo (UNACAF-188) y Caturra rojo (UNACAF-89) respectivamente. Cabe agregar que, la remoción del endocarpio (pergamino) no mejoro el ritmo de crecimiento de los genotipos UNACAF-213, UNACAF-250, UNACAF-29, UNACAF-160, UNACAF-111 y UNACAF-116. En este sentido Ortiz-Timoteo et al. (2018) afirman que a los 30 dds en el porcentaje de emergencia de *C. arabica*, los resultados en valores absolutos fueron superiores al 70% (con lijado del endocarpio), semillas sembradas en arena y turba. En otro estudio se determinó que la emergencia de plántulas vario entre 83.67 y 95% (Nasiro et al. 2017). En la investigación de Malau et al. (2018), afirmaron que los genotipos influyen en la capacidad de germinación de las semillas de café.

Seguidamente, en las variables peso fresco de plántula, peso seco de plántula y estado secundario 07 para el genotipo en promedio de endocarpio, el análisis de varianza, ha mostrado diferencias estadísticas altamente significativas ($p < 0.01$) para estas dos primeras variables y diferencia estadística significativa ($p < 0.05$) para la tercera. También, con la prueba de comparación múltiple de Duncan al 5% de probabilidad se ha encontrado diferencias estadísticas significativas al peso fresco de plántula, peso seco de plántula y estado secundario 07 para el genotipo (Tabla 2). Los valores del peso fresco de plántula estuvieron entre 0.45 y 0.64 g en Caturra amarillo (UNACAF-188) y Catimor (UNACAF-116) respectivamente. También, la remoción del endocarpio (pergamino) no mejoro el peso fresco en plántulas de algunos los genotipos UNACAF-188, UNACAF-250, UNACAF-160 y UNACAF-111. Los valores correspondientes al peso seco de plántula estuvieron entre 0.09 y 0.13 g para Caturra amarillo (UNACAF-188) y Obata IAC 1669-20 (UNACAF-250) respectivamente. Además, la remoción del endocarpio (pergamino) permitió incrementar el peso seco en plántulas del algún genotipo UNACAF-160 con 0.01 g. El genotipo Caturra rojo (UNACAF-89) tuvo mayor representación en el estado secundario 07. Mientras que Salamanca-Jiménez y Sadeghiakh-Khalajabadi (2008) determinaron un máximo valor de 1.8 g de peso seco total de plántulas de cafeto variedad caturra al

probar lombrinaza en mezcla con suelo agrícola. Además, Da Rosa et al. (2010), determinaron que todas las partes esenciales de las plántulas están presentes en las plántulas de café en la etapa 6 de la escala

Biologische Bundesanstalt Bundessortenamt and Chemical Industry (BBCH) a los 15 días después de la germinación.

Tabla 1. Porcentaje de emergencia, tasa de emergencia y ritmo de crecimiento para genotipo en promedio de endocarpio bajo condiciones de germinador

Genotipo	Porcentaje (%) de emergencia, 60 dds	Tasa de emergencia (plantas/día), 75 dds	Ritmo de crecimiento (mm/semana), 75 dds
Caturra rojo (UNACAF-89)	57.00 ^a	1.10 ^a	4.04 ^a
Caturra rojo (UNACAF-111)	45.67 ^{ab}	0.82 ^{abc}	3.72 ^{ab}
Catimor (UNACAF-116)	42.33 ^{ab}	1.07 ^{ab}	3.69 ^{ab}
Caturra amarillo (UNACAF-188)	31.67 ^{bc}	1.17 ^a	3.23 ^c
Pacamara (UNACAF-142)	28.33 ^{cd}	0.80 ^{abcd}	3.27 ^{bc}
Pache (UNACAF-29)	25.67 ^{cd}	0.47 ^{bcde}	3.62 ^{abc}
Catimor (UNACAF-160)	24.33 ^{cd}	0.41 ^{cde}	3.34 ^{bc}
Geisha (UNACAF-213)	17.67 ^{de}	0.30 ^{de}	3.65 ^{abc}
Obata IAC 1669-20 (UNACAF-250)	5.67 ^e	0.15 ^e	4.01 ^a

Los valores medios con letra(s) distintas en una misma columna difieren estadísticamente (Duncan $p = 0.05$).

Tabla 2. Peso fresco de plántula, peso seco de plántula y estado secundario 07 para genotipo en promedio de endocarpio bajo condiciones de germinador

Genotipo	Peso fresco de plántula (g), 75 dds	Peso seco de plántula (g), 75 dds	Estado secundario 07 (N° de hipocótilos), 48 dds
Caturra rojo (UNACAF-89)	0.57 ^{bc}	0.12 ^{abc}	2 ^a
Caturra rojo (UNACAF-111)	0.58 ^{ab}	0.12 ^{abc}	1 ^{bc}
Catimor (UNACAF-116)	0.64 ^a	0.13 ^{ab}	1 ^{abc}
Caturra amarillo (UNACAF-188)	0.45 ^d	0.09 ^d	2 ^{ab}
Pacamara (UNACAF-142)	0.51 ^c	0.11 ^{abcd}	2 ^{abc}
Pache (UNACAF-29)	0.57 ^{bc}	0.11 ^{bcd}	1 ^{bc}
Catimor (UNACAF-160)	0.57 ^b	0.10 ^{cd}	0 ^c
Geisha (UNACAF-213)	0.58 ^{ab}	0.13 ^a	1 ^{bc}
Obata IAC 1669-20 (UNACAF-250)	0.56 ^{bc}	0.13 ^a	0 ^c

Los valores medios con letra(s) distintas en una misma columna difieren estadísticamente (Duncan $p = 0.05$).

En almacigo, las variables estudiadas como diámetro de tallo, altura de planta y volumen de raíz para genotipo en promedio de endocarpio para el análisis de varianza han mostrado diferencia estadística significativa ($p < 0.05$) para diámetro de tallo y diferencias estadísticas altamente significativas ($p < 0.01$) para altura de planta y volumen de raíz. Además, con la prueba de comparación múltiple de Duncan al 5% de probabilidad hubo diferencias significativas para estas variables estudiadas (Tabla 3). El diámetro de tallo vario entre 2.38 y 2.81 mm para los genotipos Caturra amarillo (UNACAF-188) y Geisha (UNACAF-213) respectivamente. La altura de planta

estuvo entre 7.22 y 10.13 cm en los genotipos Pacamara (UNACAF-142) y Obata IAC 1669-20 (UNACAF-250) respectivamente. Comparado con Wibowo et al. (2020) que encontraron una longitud del brote que varió entre 8.34 y 22.52 mm a los 21 días después de la germinación. El volumen de raíz se encontró entre 0.68 y 1.25 ml para Obata IAC 1669-20 (UNACAF-250) y Catimor (UNACAF-116) respectivamente.

Tabla 3. Diámetro de tallo, altura de planta y volumen de raíz para genotipo en promedio de endocarpio bajo condiciones de almacigo.

Genotipo	Diámetro de tallo (mm), 90 ddr	Altura de planta (cm), 90 ddr	Volumen de raíz (ml), 90 ddr
Caturra rojo (UNACAF-89)	2.44 ^c	8.33 ^{bcd}	0.96 ^{bcd}
Caturra rojo (UNACAF-111)	2.54 ^{abc}	8.76 ^b	1.07 ^{ab}
Catimor (UNACAF-116)	2.58 ^{abc}	8.94 ^b	1.25 ^a
Caturra amarillo (UNACAF-188)	2.38 ^c	7.53 ^{de}	1.02 ^{abc}
Pacamara (UNACAF-142)	2.52 ^{bc}	7.22 ^e	0.80 ^{bcd}
Pache (UNACAF-29)	2.56 ^{abc}	8.53 ^{bc}	0.93 ^{bcd}
Catimor (UNACAF-160)	2.40 ^c	7.67 ^{cde}	0.78 ^{cd}
Geisha (UNACAF-213)	2.81 ^a	9.24 ^{ab}	0.86 ^{bcd}
Obata IAC 1669-20 (UNACAF-250)	2.73 ^{ab}	10.13 ^a	0.68 ^d

Los valores medios con letra(s) distintas en una misma columna difieren estadísticamente (Duncan $p = 0.05$).

Consecuentemente, el análisis de varianza para las variables peso fresco parte aérea, peso fresco parte radical, peso seco parte aérea y peso seco de raíz para genotipo en promedio de endocarpio mostró diferencias estadísticas significativas ($p < 0.05$) y únicamente diferencias estadísticas altamente significativas ($p < 0.01$) para peso fresco de raíz. Asimismo, con la prueba de comparación múltiple de Duncan al 5% de probabilidad hubo diferencias significativas para las variables estudiadas (Tabla 4). Los valores del peso fresco parte aérea estuvo entre 1.78 y 2.36 g para Catimor (UNACAF-160) y Catimor (UNACAF-116) respectivamente. En concordancia a Castillo y Andrade (2021), quienes mencionan que el área foliar tiene el mayor efecto sobre el peso de la planta de café durante la etapa de plántula. Peso fresco

de raíz vario entre 0.77 y 1.27 g en Catimor (UNACAF-160) y Catimor (UNACAF-116) respectivamente. Para el peso seco de la parte aérea estuvo entre 0.41 y 0.53 g para los genotipos Geisha (UNACAF-213) y Catimor (UNACAF-116). Finalmente para el peso seco de raíz vario entre 0.12 y 0.16 g en Obata IAC 1669-20 (UNACAF-250) y Catimor (UNACAF-116) respectivamente. En el reporte de Encalada-Córdova et al. (2016), la materia seca total de las plántulas de cafetos tuvo una variación entre 1.9 y 3.9 g respectivamente. También, Gebreselassie et al. (2010) determinaron un valor máximo de 0.552 g para la materia seca aérea de planta de café variedad 74-40 a los seis meses después de la siembra, a nivel de vivero.

Tabla 4. Peso fresco parte aérea, peso fresco de raíz, peso seco parte aérea y peso seco de raíz para genotipo en promedio de endocarpio bajo condiciones de almacigo.

Genotipo	Peso fresco parte aérea (g), 90 ddr	Peso fresco de raíz (g), 90 ddr	Peso seco parte aérea (g), 90 ddr	Peso seco de raíz (g), 90 ddr
Caturra rojo (UNACAF-89)	2.12 ^{abc}	1.00 ^{bc}	0.48 ^{abc}	0.13 ^{abc}
Caturra rojo (UNACAF-111)	2.24 ^{ab}	1.12 ^{ab}	0.5 ^{ab}	0.14 ^{abc}
Catimor (UNACAF-116)	2.36 ^a	1.27 ^a	0.53 ^a	0.16 ^a
Caturra amarillo (UNACAF-188)	1.79 ^c	0.93 ^{bc}	0.42 ^{bc}	0.13 ^{bc}
Pacamara (UNACAF-142)	1.86 ^{bc}	0.9 ^{bc}	0.41 ^c	0.12 ^{bc}
Pache (UNACAF-29)	2.24 ^{ab}	1.01 ^{bc}	0.51 ^{ab}	0.15 ^{ab}
Catimor (UNACAF-160)	1.78 ^c	0.77 ^c	0.41 ^c	0.12 ^{bc}
Geisha (UNACAF-213)	1.83 ^{bc}	0.86 ^c	0.41 ^c	0.12 ^{bc}
Obata IAC 1669-20 (UNACAF-250)	2.00 ^{abc}	0.78 ^c	0.46 ^{abc}	0.12 ^c

Los valores medios con letra(s) distintas en una misma columna difieren estadísticamente (Duncan $p = 0.05$).

Resultados para el factor condición de la semilla. En germinador, para el grupo de variables estudiadas, el análisis de varianza de porcentaje de emergencia, tasa de emergencia, estado secundario 07, estado secundario 09 y estado secundario 10 para endocarpio en promedio de genotipo han mostrado diferencias estadísticas altamente significativas ($p < 0.01$). Asimismo, con la prueba de comparación múltiple de Duncan con 5 % de probabilidad se ha encontrado diferencias significativas (Tabla 5). Las semillas sembradas sin endocarpio tuvieron mejor porcentaje de emergencia, tasa de emergencia e índice de vigor de plántula; asimismo, mayor número de plantas en estado secundario 07, estado secundario 09 y estado secundario 10. Por lo tanto, el tratamiento previo de la extracción de endocarpio en semillas de todos los genotipos hizo posible mejorar las variables evaluadas y reducir el tiempo en el germinador y almacigo. En relación a la consideración anterior, la remoción del endocarpio (pergamino) beneficia el crecimiento de las plántulas (Bello-Ramírez et al., 2016). En el estudio de

Coa-Urbaz et al. (2014) determinaron que el 60 % de la germinación ocurrió a los 25 días y la formación de fosforitos ocurrió a los 30 días de enterradas las semillas. En el estudio de Andres-Trujillo et al. (2019) se determinó diferencias de vigor entre lotes de semillas de café cultivar Bourbon (534.5 unidades de índice de vigor) y Catucaí (378.5 unidades de índice de vigor), a los 20 días de edad. En referencia a los estados de desarrollo de plántulas de café, IICA (2019) menciona que transcurrido 45 a 60 días después de la siembra, las plántulas alcanzan la etapa de fosforito. También, Arcila et al. (2007) mencionan que desde la siembra de la semilla hasta el estado de mariposa transcurren entre 65 y 75 días. Referido al efecto positivo de escarificar el endocarpio, en el estudio de Fialho-Rubim et al. (2014) demostraron que la remoción del pergamino (endocarpio) en semillas de café fue estadísticamente mejor frente a semillas con pergamino, en porcentaje de emergencia y ritmo de crecimiento de plántulas, masa seca de brotes y raíces.

Tabla 5. Porcentaje de emergencia, tasa de emergencia, índice de vigor de plántula, estado secundario 07, estado secundario 09 y estado secundario 10 para endocarpio en promedio de genotipo bajo condiciones de germinador.

Endocarpio	Porcentaje (%) de emergencia, 60 dds	Tasa de emergencia (plantas/día), 75 dds	Índice de vigor de plántula (IVP)	Estado secundario 07 (# hipocótilos), 48 dds	Estado secundario 09 (# semillas por encima del sustrato), 54 dds	Estado secundario 10 (# plantas con cotiledones abiertos), 72 dds
Sin	43.56 ^a	1.70 ^a	33.31 ^a	2 ^a	2.77 ^a	2.05 ^a
Con	18.30 ^b	0.41 ^b	22.71 ^b	0 ^b	1.53 ^b	1.26 ^b

Los valores medios con letra(s) distintas en una misma columna difieren estadísticamente (Duncan $p = 0.05$).

En almacigo, las variables estudiadas como diámetro de tallo, peso fresco de raíz y volumen de raíz para endocarpio en promedio de genotipo para el análisis de varianza han mostrado diferencias estadísticas altamente significativas ($p < 0.01$). Además, con la prueba de comparación múltiple de Duncan al 5% de probabilidad hubo diferencias significativas para estas variables estudiadas (Tabla 6). La remoción del endocarpio (pergamino) no incremento el diámetro de tallo de las plántulas de los genotipos evaluados; probablemente los genotipos estudiados no son eficientes en el engrosamiento de tallo después del repique a bolsas. Además, se evidenció un efecto negativo del endocarpio (pergamino) en el peso fresco

de raíz y volumen de raíz. Sin embargo, en la experimentación de Taye-Kufa y Alemseged-Yilma (2007) determinaron que la remoción del pergamino (endocarpio) mejoro la altura de plántulas, diámetro de tallos, materia seca de la parte aérea, materia seca de raíz y tasa de crecimiento relativa. Cabe agregar, Gebreselassie et al. (2010) establecieron un valor máximo de 1.19 ml para el volumen de raíz de planta de café variedad 74-40 por efecto del pre-tratamiento de remoción de endocarpio, siendo evaluado a los seis meses después de la siembra, a nivel de vivero. Por otro lado, para el cultivar cuturra rojo se obtuvo en promedio 0.19 cm de diámetro de tallo, a los siete meses desde la siembra (González-Vega et al., 2015).

Tabla 6. Diámetro de tallo, peso fresco de raíz y volumen de raíz para endocarpio en promedio de genotipo bajo condiciones de almacigo.

Endocarpio	Diámetro de tallo (mm), 90 dd	Peso fresco de raíz (g), 90 ddr	Volumen de raíz (ml), 90 ddr
Sin	2.44 ^b	1.04 ^a	1.03 ^a
Con	2.67 ^a	0.88 ^b	0.82 ^b

Los valores medios con letra(s) distintas en una misma columna difieren estadísticamente (Duncan $p = 0.05$).

Resultados para la interacción genotipo por condición de semilla. En germinador, el índice de vigor de plántulas (IVP) a un tiempo de 75 dds, los resultados del análisis de varianza presentaron diferencias estadísticas altamente significativas ($p < 0.01$) para la interacción de factores (genotipo por endocarpio), esta condición indica que los niveles del genotipo fueron influenciados por la presencia y ausencia del endocarpio y viceversa, definiendo a cada factor con un comportamiento dependiente. Consecuentemente, el análisis de varianza de los

efectos simples, determinó que el factor endocarpio presentó diferencias estadísticas significativas ($p < 0.05$) para los genotipos de códigos UNACAF's 142, 213, 188 y 116; asimismo, el factor genotipo presentó diferencias estadísticas altamente significativas ($p < 0.01$) para la presencia y ausencia del endocarpio. Para la interacción de genotipo por ausencia de endocarpio, el que mostró mayor IVP fue UNACAF-116 (catimor) con 53.79 unidades como se presenta en la Tabla 7.

Tabla 7. Índice de vigor de plántula para la interacción genotipo por sin endocarpio.

Genotipo x sin endocarpio	Índice de vigor de plántula (IVP)
Catimor (UNACAF-116) - SE	53.79 ^a
Pacamara (UNACAF-142) - SE	35.82 ^b
Caturra amarillo (UNACAF-188) - SE	32.79 ^b
Geisha (UNACAF-213) - SE	26.38 ^b

Los valores medios con letra(s) distintas difieren estadísticamente (Duncan $p = 0.05$). SE: sin endocarpio.

Para la interacción de genotipo por presencia de endocarpio, el que mostró mayor porcentaje promedio de IVP fue UNACAF-116 (catimor) con 32.32 unidades; cabe agregar que, los genotipos UNACAF's 188, 213 y 142 mostraron menor IVP promedio, como se muestra en la Tabla 8, indicando una menor calidad

de plántulas para estos genotipos a los 75 dds. Mientras que, Julca-Otiniano et al. (2002) consignaron como valor máximo de IVP (4.97) en cafeto variedad caturra amarillo a los 150 días después del trasplante, al probar sustratos orgánicos.

Tabla 8. Índice de vigor de plántula para la interacción genotipo por con endocarpio.

Genotipo x con endocarpio	Índice de vigor de plántula (IVP)
Catimor (UNACAF-116) - CE	32.32 ^a
Caturra amarillo (UNACAF-188) - CE	20.37 ^b
Geisha (UNACAF-213) - CE	13.90 ^{bc}
Pacamara (UNACAF-142) - CE	6.05 ^c

Los valores medios con letra(s) distintas difieren estadísticamente (Duncan $p = 0.05$). CE: con endocarpio.

En almacigo, los resultados del análisis de varianza mostraron diferencias estadísticas altamente

significativas ($p < 0.01$) para el estado secundario 09 y 10 de la interacción genotipo por endocarpio.

Asimismo, el análisis de efectos simples para la variable estado secundario, presentó diferencias estadísticas significativas ($p < 0.05$) para los genotipos de códigos UNACAF's 142, 89, 188, 29, 111 y 116; también, en el factor genotipo sin endocarpio presentó diferencias estadísticas altamente significativas ($p < 0.01$) por el contrario no hubo diferencia estadística (p

> 0.05) con presencia de endocarpio. Los UNACAF's 89, 116, 188 y 111 (caturra rojo, catimor, caturra amarillo y caturra rojo sembrados sin endocarpio), presentaron mayores números de semillas que han surgido por encima del sustrato (17; 17; 13 y 12 respectivamente), como se detalla en la Tabla 9.

Tabla 9. Número de semillas por encima del sustrato para la interacción genotipo por sin endocarpio.

Genotipo x sin endocarpio	Nº de semillas por encima del sustrato, 54 dds
Caturra rojo (UNACAF-89) - SE	17 ^a
Catimor (UNACAF-116) - SE	17 ^a
Caturra amarillo (UNACAF-188) - SE	13 ^a
Caturra rojo (UNACAF-111) - SE	12 ^a
Pache (UNACAF-29) - SE	5 ^b
Pacamara (UNACAF-142) - SE	4 ^b

Los valores medios con letra(s) distintas difieren estadísticamente (Duncan $p = 0.05$). SE: sin endocarpio.

Además, el análisis de efectos simples para la variable estado secundario presentó diferencias estadísticas significativas ($p < 0.05$) para los genotipos de códigos UNACAF's 89, 188, 29, 111 y 116; también, en el factor genotipo sin endocarpio presentó diferencias estadísticas altamente significativas ($p < 0.01$) por el

contrario no hubo diferencia estadística ($p > 0.05$) con presencia de endocarpio. Los UNACAF's 89 y 111 (caturra rojo sembrados sin endocarpio) presentaron los mayores números de plantas con cotiledones abiertos (15 y 9), como se detalla en la Tabla 10.

Tabla 10. Número de plantas con cotiledones abiertos para la interacción genotipo por sin endocarpio.

Genotipo x sin endocarpio	Nº de plantas con cotiledones abiertos, 72 dds
Caturra rojo (UNACAF-89) - SE	15 ^a
Caturra rojo (UNACAF-111) - SE	9 ^{ab}
Catimor (UNACAF-116) - SE	4 ^{bc}
Caturra amarillo (UNACAF-188) - SE	3 ^c
Pache (UNACAF-29) - SE	3 ^c

4. CONCLUSIONES

El efecto del genotipo muestra valores mayores para las variables evaluadas: porcentaje de emergencia (UNACAF-89), tasa de emergencia (UNACAF-188 y 89), ritmo de crecimiento (UNACAF-89 y 250), peso fresco de planta (UNACAF-116), peso seco de plántula (UNACAF-250 y 213), diámetro de tallo (UNACAF-213), altura de planta (UNACAF-250), peso fresco parte aérea (UNACAF-116), peso fresco de raíz (UNACAF-116), peso seco parte aérea (UNACAF-116), peso seco de raíz (UNACAF-116), volumen de raíz (UNACAF-116) y estado secundario 07 (UNACAF-89).

Los mejores resultados del efecto del endocarpio en las variables evaluadas fueron: porcentaje de emergencia

(sin presencia de endocarpio), tasa de emergencia (sin presencia de endocarpio), diámetro de tallo (con presencia de endocarpio), peso fresco de raíz (sin presencia de endocarpio), volumen de raíz (sin presencia de endocarpio) y con mayor número de plántulas en los estados 07, 09 y 10 sembrados sin endocarpio.

El efecto de la interacción del genotipo por el endocarpio, presentó valores mayores para las variables: índice de vigor de plántula (UNACAF-116), estado secundario 09 (UNACAF's 89 y 116) y para el estado secundario 10 (UNACAF-89).

Conflictos de intereses

Los autores firmantes del presente trabajo de investigación declaran no tener ningún potencial

conflicto de interés personal o económico con otras personas u organizaciones que puedan influir indebidamente con el presente manuscrito

Contribuciones de los autores

Preparación y ejecución: LTA; Desarrollo de la metodología: LTA, HSV, JCH; Concepción y diseño: LTA, JCH; Edición del artículo: LTA, HSV, JCH; Supervisión del estudio: LTA.

5. REFERENCIAS

- Andres-Trujillo H, Gomes-Junior FG & Moure Cicero S. (2019). Digital images of seedling for evaluating coffee seed vigor. *Journal of Seed Science* 41(1): 060-068. <https://doi.org/10.1590/2317-1545v41n1204651>
- Arcila J, Farfán F, Moreno A, Salazar LF & Hincapié E. (2007). Sistemas de producción de café en Colombia. Centro Nacional de Investigaciones de Café – CENICAFE. <http://hdl.handle.net/10778/720>
- Bello-Ramírez LA, Linares-Bautista MA, Daza-Hernández DC, Lesmes-Vesga RA & Forero-Sarmiento JE. (2016). Evaluación de tratamientos pre-germinativos en semillas de café (*Coffea arabica* L.) variedad Castillo. *Sistema de Investigación, Desarrollo Tecnológico e Innovación* 2(1): 136-161. <https://doi.org/10.23850/23899573.542>
- Castillo JA & Andrade D. (2021). Coffee (*Coffea arabica* L, var. Castillo) seedling growth in Nariño, Colombia. *Revista de Ciencias Agrícolas* 38(1): 62-74. <https://doi.org/10.22267/rcia.213801.145>
- Coa-Urbaz M, Mendez-Natera JR, Silva-Acuña R y Mundarain-Padilla 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 (Arica)* 32(1): 43-53. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-34292014000100006>
- Da Rosa SDVF, McDonald MB, Veiga AD, Vilela F de L & Ferreira IA. (2010). Staging coffee seedling growth: a rationale for shortening the coffee seed germination test. *Seed Science and Technology* 38(2): 421-431. <https://doi.org/10.15258/sst.2010.38.2.15>
- Encalada-Córdova M, Soto-Cerreño F & Morales-Guevara D. (2016). Coffee (*Coffea arabica* L.) seedling growth with four shade levels under two soil and climate conditions of Ecuador. *Cultivos Tropicales* 37(2): 72-78. <http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.1.4335.7681>
- Fialho-Rubim R, Duarte-Vieira H, Fontes-Araújo E, Sanazário-de Oliveira AC & Pio-Viana A. (2014). Emergence of conilon coffee seedlings originating from seeds treated with a sodium hypochlorite solution. *American Journal of Plant Sciences* 5: 1819-1830. <http://dx.doi.org/10.4236/ajps.2014.513195>
- Gebreselassie W, Ali-Mohammed A & Netsere A. (2010). Pre-sowing treatment of coffee (*Coffea arabica* L.) seeds to enhance emergence and subsequent growth of seedlings. *Research Journal of Seed Science* 3(4): 218-226. <https://dx.doi.org/10.3923/rjss.2010.218.226>
- González-Vega ME, Rosales-Jenqui P, Castilla-Valdés Y, Lacerra-Espino JÁ & Ferrer-Viva M. (2015). Efecto del bioenraiz® como estimulante de la germinación y el desarrollo de plántulas de cafeto (*Coffea arabica* L.). *Cultivos Tropicales* 36(1): 73-79. <https://bit.ly/3yhSd6F>
- IICA (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura). (2019). Manual de producción sostenible de café. República Dominicana.
- INIAP (Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias). (1993). Manual del cultivo de café. Quevedo, Ecuador.
- Julca-Otiniano A, Solano-Arrue W & Crespo-Costa R. (2002). Crecimiento de *Coffea arabica* variedad Caturra amarillo en almácigos con sustratos orgánicos en Chanchamayo, selva central del Perú. *Investigación Agraria. Producción y Protección Vegetal* 17(3): 353-365.
- Malau S, Siagian A, Sirait B & Ambarita H. (2018). Germination performance of *Coffea arabica* L. genotypes from different altitude, precipitation and temperature of sedes producing farms in Sumatera Utara of Indonesia. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* 205(1): 1-6. <https://bit.ly/3wWyrN7>
- MINAGRI (Ministerio de Agricultura y Riego). (2020). Situación actual del café en el país. <https://bit.ly/30J0ynx>
- Nasiro K, Shimber 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://bit.ly/3FtJa4R>

- Ortiz-Timoteo V, Ordaz-Chaparro VM, Aldrete A, Escamilla-Prado E, Sánchez-Viveros G & López-Romero RM. (2018). Tratamientos pregerminativos en semillas de dos especies del género *Coffea*. *Agroproductividad* 11(4): 68-73. <https://bit.ly/3IIrxXy>
- Sadeghian-Khalajabadi S & Zapata RD. (2014). Crecimiento de café (*Coffea arabica* L.) durante la etapa de almácigo en respuesta a la salinidad generada por fertilizantes. *Revista de Ciencias Agrícolas* 31(2): 40-50. <https://doi.org/10.22267/rcia.143102.30>
- Salamanca-Jiménez A & Sadeghian-Khalajabadi S. (2008). Almacigo de café con distintas proporciones de lombrinaza en suelos con diferente contenido de materia orgánica. *CENICAFE* 59(2): 91-102.
- Taye-Kufa & Alemseged-Yilma E. (2007). Emergence and growth of Arabica coffee seedlings as influenced by some pre-sowing seed treatments. *International Conference on Coffee Science*: 1188-1195.
- WCR (World Coffee Research) (2019a). La guía de buenas prácticas en producción de semilla de café. <https://bit.ly/32ojF6L>
- WCR (World Coffee Research) (2019b). La guía de buenas prácticas en producción en el manejo de vivero de café. <https://bit.ly/3oTPWtZ>
- Wibowo A, Nugroho D & Sumirat U. (2020). Seed germination performance of nine Arabica coffee (*Coffea arabica* L.) varieties under the laboratory condition after six months of storage period. *Pelita Perkebunan (a Coffee and Cocoa Research Journal)* 36(3): 203-211. <https://doi.org/10.22302/iccri.jur.pelitaperkebunan.v36i3.450>