

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

LA MOLINA

ESCUELA DE POSGRADO

MAESTRÍA EN PRODUCCIÓN AGRÍCOLA



**“EL ENDOCARPO EN LA EMERGENCIA, VIGOR Y FENOLOGÍA
PRE-TRASPLANTE DE PLÁNTULAS DE SEMILLAS DE CAFÉ, EN
OXAPAMPA”**

Presentada por:

LUIS TIBHY ACOSTA TRINIDAD

**TESIS PARA OPTAR EL GRADO DE MAESTRO
MAGISTER SCIENTIAE EN PRODUCCIÓN AGRÍCOLA**

Lima – Perú

2022

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

LA MOLINA

ESCUELA DE POSGRADO

MAESTRÍA EN PRODUCCIÓN AGRÍCOLA

**“EL ENDOCARPO EN LA EMERGENCIA, VIGOR Y FENOLOGÍA
PRE-TRASPLANTE DE PLÁNTULAS DE SEMILLAS DE CAFÉ, EN
OXAPAMPA”**

**TESIS PARA OPTAR EL GRADO DE MAESTRO
MAGISTER SCIENTIAE**

Presentada por:

LUIS TIBHY ACOSTA TRINIDAD

Sustentada y aprobada ante el siguiente jurado:

Dr. Oscar Loli Figueroa
PRESIDENTE

Ph. D. Hugo Soplin Villacorta
ASESOR

Mg. Sc. Julián Chura Chuquiya
MIEMBRO

Dr. Alberto Julca Otiniano
MIEMBRO

DEDICATORIA

A mi familia por su apoyo incondicional en todo momento

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional Agraria La Molina en general y a la Escuela de Posgrado en particular, por el apoyo administrativo e intelectual, que contribuyeron a mi desarrollo profesional.

Al Ph. D. Hugo Soplin Villacorta, por su valiosa colaboración como patrocinador de la presente investigación y su apoyo incondicional en revisión del contenido.

Al Dr. Alberto Julca Otiniano, por su participación como miembro del jurado de tesis y su valioso apoyo para la obtención de material genético del banco de germoplasma. Asimismo, a los integrantes del jurado: presidente Dr. Oscar Loli Figueroa y primer integrante Mg. Sc. Julian Chura Chuquiya.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
I. INTRODUCCIÓN	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA	2
2.1. CAFETO	2
2.2. VARIEDADES	2
2.3. FRUTO DEL CAFETO	3
2.4. SEMILLA	4
2.5. SEMILLAS RECALCITRANTES	6
2.6. SEMILLAS ORTODOXAS	7
2.7. SEMILLAS INTERMEDIAS	7
2.8. CONTENIDO DE HUMEDAD DE SEMILLAS	7
2.9. MÉTODO DE EXTRACCIÓN DE SEMILLAS	8
2.10. CONSIDERACIONES PARA OBTENCIÓN DE SEMILLA	9
2.11. CONSIDERACIONES PARA LA GERMINACIÓN	9
2.12. GERMINACIÓN	10
2.13. EMERGENCIA	12
2.14. VIABILIDAD	12
2.15. VIGOR	13
III. MATERIALES Y MÉTODOS	15
3.1. LUGAR DE EJECUCIÓN	15
3.2. MATERIALES Y EQUIPOS	15
3.3. MÉTODOS	18
3.4. DISEÑO ESTADÍSTICO	22
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	25
4.1. PORCENTAJE DE EMERGENCIA	25
4.2. TASA DE EMERGENCIA	27
4.3. RITMO DE CRECIMIENTO	29
4.4. PESO FRESCO DE PLÁNTULA	31
4.5. PESO SECO DE PLÁNTULA	32
4.6. ÍNDICE DE VIGOR DE PLÁNTULA	33
4.7. PARÁMETROS DE CRECIMIENTO DE PLÁNTULAS DE CAFETO	35

4.8. FENOLOGÍA DEL CAFETO AL PRIMER MES DESDE DEL REPIQUE	43
4.9. PRESENCIA DE ROYA AMARILLA	47
V. CONCLUSIONES	48
VI. RECOMENDACIONES	49
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	50
VIII. ANEXOS	57

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Materiales y equipos	15
Tabla 2. Genotipos de cafetos empleados	16
Tabla 3. Tratamientos estudiados para determinar el efecto del endocarpio en la emergencia de diferentes genotipos de cafeto en Oxapampa	23
Tabla 4. Promedio de porcentaje de emergencia de plántulas para genotipo en promedio de endocarpio	25
Tabla 5. Efecto de la remoción del endocarpio en el porcentaje (%) de emergencia de plántulas	26
Tabla 6. Promedio de porcentaje de emergencia de plántulas para endocarpio en promedio de genotipo	26
Tabla 7. Promedio de porcentaje de emergencia para la interacción genotipo por sin endocarpio	27
Tabla 8. Promedio de porcentaje de emergencia para la interacción genotipo por con endocarpio	27
Tabla 9. Promedio de tasa de emergencia de plántula para genotipo en promedio de endocarpio	28
Tabla 10. Promedio de tasa de emergencia de plántula para endocarpio en promedio de genotipo	28
Tabla 11. Promedio de tasa de emergencia para la interacción genotipo por sin endocarpio	29
Tabla 12. Efecto de la remoción del endocarpio en la tasa de emergencia	29
Tabla 13. Promedio de ritmo de crecimiento semanal de plántula para los genotipos en promedio de endocarpio	30
Tabla 14. Efecto de la remoción del endocarpio en el ritmo de crecimiento (mm/semana)	30
Tabla 15. Promedio de peso fresco de plántula para genotipo en promedio de endocarpio	31
Tabla 16. Efecto de la remoción del endocarpio en el peso fresco (g)	32
Tabla 17. Promedio de peso seco de plántula para genotipo en promedio de endocarpio	33
Tabla 18. Efecto de la remoción del endocarpio en el peso seco (g)	33
Tabla 19. Promedio de índice de vigor de plántula para la interacción genotipo por sin endocarpio	34
Tabla 20. Promedio de índice de vigor de plántula para la interacción genotipo por con endocarpio	34
Tabla 21. Efecto de la remoción del endocarpio en IVP (unidades)	35
Tabla 22. Promedio de diámetro de tallo de plántula para genotipo en promedio de endocarpio	36
Tabla 23. Promedio de diámetro de tallo de plántula para endocarpio en promedio de genotipo	36
Tabla 24. Efecto de la remoción del endocarpio en el diámetro de tallo (mm)	37

Tabla 25. Promedio de altura de planta para genotipo en promedio de endocarpio	38
Tabla 26. Promedio de peso fresco parte aérea para genotipo en promedio de endocarpio	38
Tabla 27. Promedio peso fresco de raíz para genotipo en promedio de endocarpio	39
Tabla 28. Promedio de peso fresco de raíz para endocarpio en promedio de genotipo	40
Tabla 29. Promedio de peso seco parte aérea para genotipo en promedio de endocarpio	40
Tabla 30. Promedio de peso seco de raíz para genotipo en promedio de endocarpio	41
Tabla 31. Promedio de volumen de raíz para genotipo en promedio de endocarpio	42
Tabla 32. Promedio de volumen de raíz para endocarpio en promedio de genotipo	42
Tabla 33. Promedio de numero de hipocótilos que sobresalen del sustrato para genotipo en promedio de endocarpio	43
Tabla 34. Promedio de numero de hipocótilos que sobresalen del sustrato para endocarpio en promedio de genotipo	43
Tabla 35. Promedio de número de semillas por encima del sustrato para la interacción genotipo por sin endocarpio	44
Tabla 36. Promedio de numero de semillas que sobresalen del sustrato para endocarpio en promedio de genotipo	44
Tabla 37. Promedio de número de plantas con cotiledones abiertos para la interacción genotipo por sin endocarpio	45
Tabla 38. Promedio de número de plantas con cotiledones abiertos para endocarpio en promedio de genotipo	46
Tabla 39. Número de plantas con primer par de hojas	46

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Escala de desarrollo del fruto de cafeto días después de la floración (DAF)	3
Figura 2. Corte transversal de una semilla de café mostrando el doblaje del endospermo y la localización del embrión	4
Figura 3. Ubicación del embrión en la semilla de cafeto (<i>C. arabica</i>)	10
Figura 4. Fases iniciales en la semilla de cafeto durante su germinación. a: imbibición e hinchamiento; b: brotación; c: curvatura geotrópica; d: engrosamiento de la radícula; e: elongación de la radícula y formación de raíces laterales	12
Figura 5. Categoría de semillas de cafeto sometidas a la prueba de LERCAFE. Las semillas con coloración verde en el área circundante y/o en el embrión y las semillas sin embrión visible son clasificadas como no germinables	13
Figura 6. Datos meteorológicos durante la experimentación	15
Figura 7. Diagrama del germinador para siembra en surcos de semillas de nueve genotipos de cafeto (<i>C. arabica</i>) con y sin endocarpio	18
Figura 8. Medición de la altura de planta. h: altura	19
Figura 9. Pesado de planta en estado fresco. A: pesado de la parte aérea de planta; b: pesado de la parte radical de la planta	21
Figura 10. Esquema del acomodo de macetas con plantas de nueve genotipos de cafeto (<i>C. arabica</i>) en el campo	23
Figura 11. Genotipos de cafetos evaluados frente a roya amarilla (se evaluaron 96 plantas por genotipo) no muestran presencia de síntomas del patógeno (<i>H. vastatrix</i>)	47

ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 1. Análisis de varianza del porcentaje de emergencia [para este análisis los datos fueron transformados con $A_{ij} = \arcseno\sqrt{(Y_{ij}+1)}$]	57
Anexo 2. Análisis de varianza de los efectos simples de los factores genotipo y endocarpio en su interacción para porcentaje de emergencia	57
Anexo 3. Análisis de varianza de la tasa de emergencia	57
Anexo 4. Análisis de varianza de los efectos simples de los factores genotipo y endocarpio en su interacción para tasa de emergencia	58
Anexo 5. Análisis de varianza del ritmo de crecimiento	58
Anexo 6. Análisis de varianza del peso fresco de plántula	58
Anexo 7. Análisis de varianza del peso seco de plántula	59
Anexo 8. Análisis de varianza del índice de vigor de plántula	59
Anexo 9. Análisis de varianza de los efectos simples de los factores genotipo y endocarpio en su interacción para índice de vigor de plántula	59
Anexo 10. Análisis de varianza del área foliar	60
Anexo 11. Análisis de varianza del diámetro de tallo	60
Anexo 12. Análisis de varianza de la altura de planta	60
Anexo 13. Análisis de varianza del peso fresco parte aérea	60
Anexo 14. Análisis de varianza del peso fresco de raíz	61
Anexo 15. Análisis de varianza del peso seco parte aérea	61
Anexo 16. Análisis de varianza del peso seco de raíz	61
Anexo 17. Análisis de varianza del volumen de raíz	61
Anexo 18. Análisis de varianza del estado secundario 07 [para este análisis los datos fueron transformados con $R_{ij}=\sqrt{(Y_{ij}+1)}$]	61
Anexo 19. Análisis de varianza del estado secundario 09 [para este análisis los datos fueron transformados con $R_{ij}=\sqrt{(Y_{ij}+1)}$]	62
Anexo 20. Análisis de varianza de los efectos simples de los factores genotipo y endocarpio en su interacción para estado secundario 09	62
Anexo 21. Análisis de varianza del estado secundario 10 [para este análisis los datos fueron transformados con $R_{ij}=\sqrt{(Y_{ij}+1)}$]	62
Anexo 22. Análisis de varianza de los efectos simples de los factores genotipo y endocarpio en su interacción para estado secundario 10	63
Anexo 23. Análisis de varianza del estado secundario 11 [para este análisis los datos fueron transformados con $R_{ij}=\sqrt{(Y_{ij}+1)}$]	63

RESUMEN

La presente experimentación se desarrolló con el objetivo 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 en Oxapampa, a fin de contar con nuevos genotipos de plántulas uniformes. Se utilizó un diseño experimental de bloques randomizados con arreglo factorial. El experimento tuvo dos fases: i) en germinador, se sembraron para cada genotipo, semillas con y sin endocarpio y ii) en condiciones de almacigo, se repicaron para cada genotipo plantas procedentes de siembra de semillas con y sin endocarpio. 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: café, semilla, endocarpio, pergamino, emergencia, arreglo factorial.

ABSTRACT

The present experimentation was developed with the objective of evaluating the emergence, vigor and pre-transplantation 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. An experimental design of randomized blocks with factorial arrangement was used. The experiment had two phases: i) in a germinator, seeds with and without endocarp were sown for each genotype, and ii) under nursery conditions, plants from sowing seeds with and without endocarp were pricked for each genotype. For the variables evaluated in the germinator and nursery, the genotypes that stood out were the following: UNACAF-89 (red caturra): emergence percentage (57%); growth rate (4,04 mm/week); UNACAF-116 (catimor): seedling fresh weight (0,64 g); seedling vigor index (53,79); aerial part fresh weight (2,36 g); root fresh weight (1,27 g); aerial part dry weight (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, root fresh weight and root volume. UNACAF-89 (red caturra) obtained the highest number of plants in secondary stages 09 and 10; likewise, the largest number of hypocotyls in the secondary stage 07 of the BBCH scale.

Keywords: coffee tree, seed, endocarp, parchment, emergence, factorial arrangement.

I. INTRODUCCIÓN

En el Perú el cultivo del cafeto tiene gran importancia, debido a que abarca el 10% del total de la superficie cultivada (4 155 678 hectáreas) (INEI 2012) y es cultivado principalmente por pequeños agricultores con extensa tradición cafetalera, quienes dependen de él, 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. De la calidad de la semilla, dependerá la calidad del material que se desarrollará en el almacigo. A su vez, la calidad de la semilla del cafeto, depende de su viabilidad, sanidad, apariencia e identidad varietal. En vista que, la semilla del cafeto no puede almacenarse por un largo periodo de tiempo, es indispensable adquirir la semilla debidamente empacada e identificada con un código de barras, para verificar su trazabilidad (CENICAFE 2013). En la etapa posterior de retirar las plántulas del vivero y llevarlas a campo, debe tenerse en cuenta que sean de 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 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.

Algunas de las limitantes comunes entre los caficultores en el país, incluyen 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 en Oxapampa. 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.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. CAFETO

Los cafetos pertenecen al género *Coffea*, de la familia de las rubiáceas (Gómez 2010). Son nativos de las tierras altas de Etiopía, entre los 1 350 y 2 000 m.s.n.m. (Ortuño y Salinas 2009). Ferwerda (1976) y Coste (1992) mencionan que hay al menos 100 especies de cafetos pertenecientes a este género, de los cuales dos especies, *Coffea arabica* (Arábica) y *Coffea canephora* (Robusta), son las especies que más han crecido comercialmente, en todo el mundo. El estrecho origen geográfico de *C. arabica*, junto con su naturaleza de auto fertilización, ha dado como resultado una baja diversidad genética de variedades de *C. arabica* cultivadas alrededor del mundo (Anthony *et al.* 2002).

La introducción del cafeto (*C. arabica*) al Perú se da hace aproximadamente 200 años, en las principales zonas productoras: ubicadas en la selva nor-oriental del Perú, particularmente las regiones de Moyobamba y Jaén, donde el café era cultivado en combinación con otros productos Figueroa (1994). Actualmente, en la provincia de Oxapampa departamento de Pasco, el cafeto se cultiva en las cadenas montañosas de los andes entre 650 a 1 900 m.s.n.m., siendo el panorama nacional de plantación de cafetos en un área promedio de 425 400 hectáreas distribuidas en las siguientes regiones con mayor representatividad: Amazonas, Ayacucho, Cajamarca, Cusco, Huánuco, Junín, Pasco, Piura, Puno, San Martín y Ucayali (MINAGRI 2014).

2.2. VARIEDADES

De acuerdo a UPOV (s.f.), una variedad vegetal representa a un grupo de plantas definido con mayor precisión, seleccionado dentro de una especie, que presentan una serie de características comunes. Asimismo, WR (s.f.) define variedad como cada uno de los grupos en que se dividen algunas especies, con características comunes y rasgos de diferenciación secundarios: por ejemplo, el almendro tiene variedades de fruto dulce y amargo.

De acuerdo a WCR (2019), una variedad de cafeto debe cumplir los siguientes criterios: i) **La variedad es homogénea:** la variedad está descrita con precisión y posee un conjunto de características específicas; además, que todas las plantas de este tipo tienen el mismo aspecto; ii) **La variedad es diferente:** el cafeto se distingue de otras variedades basado en

características diferenciables y iii) **La variedad es estable**: el cafeto puede ser reproducido de una manera tal que sus características no se modifican en las siguientes generaciones.

2.2.1. Variedades de introgresión

Las variedades de introgresión (“intogresión” significa “traído”) son aquellas que poseen algunos rasgos genéticos de otra especie, en este caso, *C. canephora* o Robusta. Asimismo, los cruces (híbrido de Timor X Caturra e híbrido de Timor X Villa Sarchí) llevaron a la creación de los dos grupos principales de las variedades arábicas introgresadas: catimores y sarchimores (WCR 2019).

2.2.2. híbridos F1

En general, un híbrido es el organismo vivo animal o vegetal procedente del cruce de dos organismos genéticamente distintos. También, los híbridos son notables porque tienden a tener una producción significativamente mayor que los no híbridos. Cabe agregar, que los híbridos F1 se reproducen solamente por micropropagación y en caso de tomar semillas de plantas híbridas, las plántulas no tendrán las mismas características que las plantas madre: esto se conoce como “segregación” (WCR 2019).

2.3. FRUTO DEL CAFETO

Una vez ocurrida la fecundación de las flores, el cigoto empieza a desarrollarse (INIAP 1993). Desde el momento de la floración hasta la maduración del fruto, transcurren en promedio 32 semanas; el desarrollo del fruto dura de 220 a 240 días en promedio, dependiendo de la región (Arcila *et al.* 2007). El fruto es una drupa globular u ovoide de peciolo corto; tiene una longitud y un diámetro de 10 a 15 mm y de 11,5 a 14,5 mm, respectivamente y se le denomina cereza (CENICAFE 2013).

El fruto del cafeto, normalmente contiene dos semillas convexas, separadas por el tabique (surco); también puede contener tres o más semillas en casos de ovarios tricelulares o pluricelulares, o por falsa poliembrionía, cuando los ovarios bicelulares presentan más de un ovulo en cada célula. Días después de la floración los tejidos del fruto muestran crecimiento por cambios marcados en los niveles de volumen, donde se pueden diferenciar tres fases, como se muestra en la Figura 1 (Oestreich 2010).

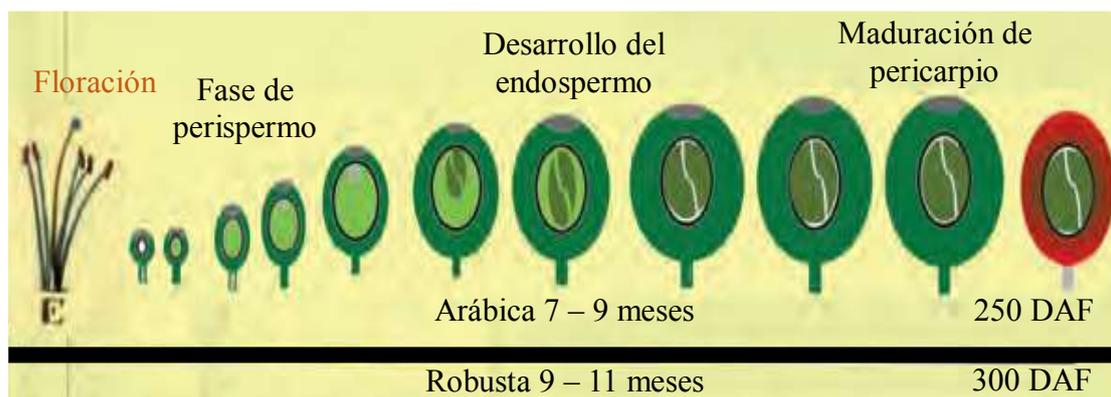


Figura 1. Escala de desarrollo del fruto de café días después de la floración (DAF)
Fuente: Oestreich (2010)

2.4. SEMILLA

La semilla del café es de forma semicircular, está formada por la almendra o la semilla sin pergamino, dura, de color verdoso constituida por un albumen endurecido cuyo tejido contiene almidón, sustancias grasas, azúcares, sacarosa, taninos, cafeína, etc; en un extremo de la semilla se encuentra un embrión de raicilla cónica y cotiledones cordiformes (Coa *et al.* 2014). Asimismo, la cubierta exterior de la semilla está formada por un endocarpio duro marrón claro que se convierte en el “pergamino” después del secado. El endocarpio contiene una semilla que posee una testa delgada y de color verde conocida como espermodermo o “piel plateada” que constituye el remanente del perispermo; también, el endospermo, que es un tejido vivo, tiene una región externa dura y una región interna suave, que rodea al embrión; la parte del endospermo delante de la punta de la radícula se conoce como casquete del endospermo o endospermo micropilar y el que se encuentra en todo el resto del embrión es el endospermo lateral. En la Figura 2, se presenta el corte transversal de una semilla mostrando el endospermo y la ubicación del embrión (Eira *et al.* 2006).

Las dimensiones de las semillas de café están comprendidas entre 8,5 a 12,17 mm (Rincón 1982). La semilla madura, sana, bien constituida puede germinar desde su cosecha, si se coloca en un medio que presente condiciones satisfactorias de humedad, temperatura y oxígeno (Urbaneja y Quijada 2006); sin embargo, muchas semillas viables, son incapaces de germinar inmediatamente después de madurar, aunque se les coloque en condiciones favorables para la germinación. Esta característica es denominada latencia o germinación diferida, y una de sus causas es la impermeabilidad del tegumento (Sanabria *et al.* 2004).

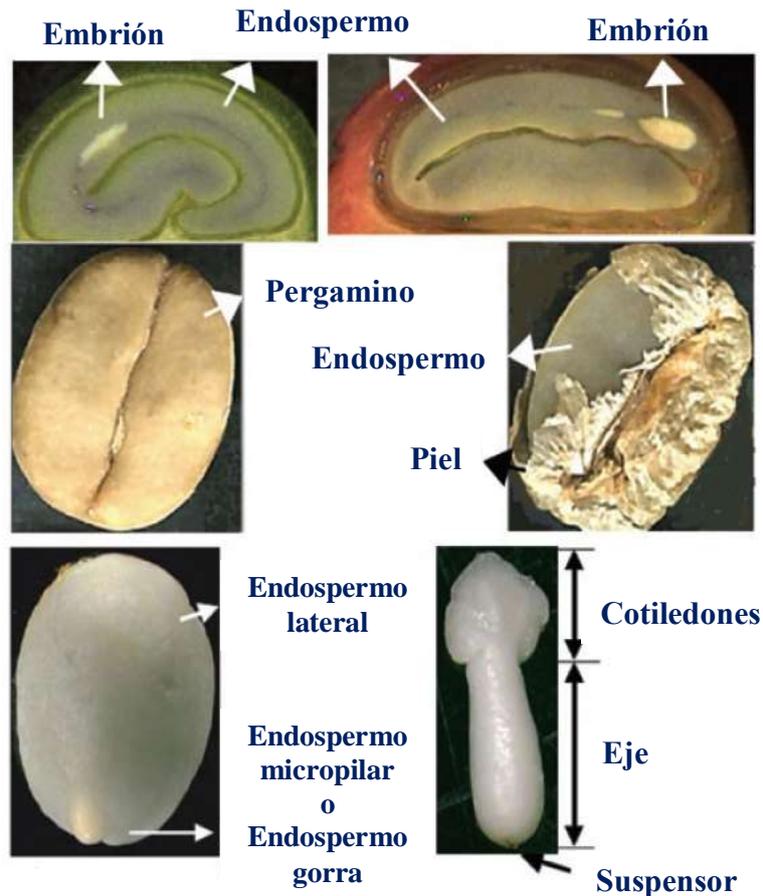


Figura 2. Corte transversal de una semilla de café mostrando el doblaje del endospermo y la localización del embrión

Fuente: Eira *et al.* (2006)

Aparentemente, la latencia es un mecanismo de supervivencia ante la presencia de determinadas condiciones climáticas: temperaturas muy bajas, alternancias de épocas secas y húmedas y climas desérticos (Sanabria *et al.* 2004). Sin embargo, las semillas de café carecen de periodo de latencia, aunque la presencia del endocarpio atrasa la germinación (Coa *et al.* 2014). Semillas con endocarpio presente, germinan entre los 50 y 75 días, y la remoción de éste acelera la germinación en 20 días (Valio 1980).

Todas las semillas, difieren en su tolerancia a la desecación que sigue tras su liberación de las estructuras que las contienen; según este parámetro, las semillas se pueden clasificar en ortodoxas, recalcitrantes e intermedias (Magnitskiy y Plaza 2007). Las semillas ortodoxas toleran una deshidratación hasta el 5%, en el contenido de humedad; por su parte, las semillas que toleran la deshidratación entre 10% y 12,5% de contenido de humedad, se consideran intermedias y las que no toleran la deshidratación se denominan recalcitrantes (Farrant *et al.* 1993 y De Oliveira 2001).

La composición química de la semilla de café muestra que es muy rica en carbohidratos (60%), contenidos intermedios a bajos de lípidos (13%) y proteínas (13%), y contenidos de cafeína entre 1 y 2%. Estas reservas están almacenadas en el endospermo y, durante la germinación, son hidrolizadas y movilizadas hasta el embrión para ayudar a su crecimiento (Poisson 1977).

2.5. SEMILLAS RECALCITRANTES

Se conoce como semilla recalcitrante aquella que tiene altos contenidos de humedad y no puede ser deshidratada para almacenarla, por debajo de un contenido crítico de humedad (Berjak *et al.* 1989). La inconveniencia con estas semillas es que su manejo es muy difícil ya que existen pocos métodos para mantenerlas viables y poderlas almacenar, y estos métodos, en la mayoría de los casos, no funcionan con todas las especies de semillas recalcitrantes. Otro factor que deteriora este tipo de semilla es la baja temperatura (Berjak *et al.* 1989). Según King y Roberts (1979), el daño por bajas temperaturas no es normalmente un problema ya que temperaturas por debajo de los 10 °C no ocurren con frecuencia en su hábitat natural. Se puede atribuir esto, a que las semillas de este tipo son producidas por árboles de climas tropicales, donde el ambiente es bien húmedo y las temperaturas son cálidas y no bajan drásticamente. El origen de estas especies recalcitrantes, ha vuelto impráctico que las semillas se conserven por largos periodos de tiempo y no han sido expuestas a prácticas agrícolas intensivas; como resultado, no han sido sometidas a ninguna presión de selección que favorezca genotipos que sean resistentes a la deshidratación.

La germinación de las semillas recalcitrantes comienza alrededor o en el momento que llegan a su madurez; por lo tanto, la pérdida de humedad después de ser cosechadas, es crítico para la viabilidad de la semilla. Por ello, una semilla recalcitrante se debe visualizar como una semilla que está en proceso de germinación (presenta tres fases; activación: absorción de agua para iniciar los mecanismos necesarios de germinación, digestión y translocación y crecimiento de la plántula), no como una semilla en estado latente (Berjak *et al.* 1989).

Las semillas recalcitrantes tienden a perder su viabilidad cuando son sometidas a bajas temperaturas; existe literatura que reporta que hay muchas semillas de especies tropicales que mueren al ser expuestas a temperaturas bajas. Son semillas que pierden rápidamente su viabilidad al ser desecadas (su contenido de humedad no puede ser menor de un 12 - 30%). Según Pérez y Pita (2006), suelen ser semillas de plantas tropicales y subtropicales, algunas

de gran importancia económica: aguacate (*Persea americana*), cacao (*Theobroma cacao*), café (*Coffea* spp.), mango (*Mangifera indica*), árbol del caucho (*Hevea brasiliensis*), cocotero (*Cocos nucifera*); o bien semillas de especies arbóreas de zonas templadas, generalmente de gran tamaño, como haya (*Fagus sylvatica*), arce (*Acer* spp.), castaño (*Castanea sativa*), encina y roble (*Quercus* spp.).

2.6. SEMILLAS ORTODOXAS

Las semillas ortodoxas toleran una deshidratación hasta el nivel de 5% en el contenido de humedad; por su parte, las semillas que toleran la deshidratación hasta 10% y 12,5% de contenido de humedad se consideran intermedias y las que toleran la deshidratación entre 15% y 50% de humedad se denominan recalcitrantes (Farrant *et al.* 1993). En efecto, el contenido de humedad a la cual la semilla muere, varía entre especies y dentro de la misma especie (Rangel *et al.* 2011). Asimismo, en semillas ortodoxas ese contenido (humedad) fluctúa entre 3 y 7 %, mientras que en las recalcitrantes fluctúa entre 12 y 31 % (Wesley *et al.* 1992).

La principal característica fisiológica de las semillas ortodoxas, es su gran tolerancia a la deshidratación. Su fase final de maduración está acompañada por deshidratación celular, la cual se inicia con la pérdida de agua del suministro vascular de la planta madre a la semilla, como resultado de la separación del funículo entre 40 y 50 días después de la polinización (Bewley y Black, 1994). Además, según Pérez y Pita (2006), son semillas que permanecen viables después de su desecación (admiten ser desecadas hasta un 5 - 10% de contenido de humedad). La mayor parte de las semillas de las especies cultivadas en las regiones templadas se incluyen dentro de este tipo.

2.7. SEMILLAS INTERMEDIAS

Según Kameswara *et al.* (2007), son las semillas que toleran la desecación hasta un contenido de humedad de alrededor de 10 - 12% (valores con humedad relativa en equilibrio de 40 - 50% a 20 °C), pero cuya viabilidad se reduce cuando se someten a un proceso adicional de secado, para reducir su contenido de humedad.

2.8. CONTENIDO DE HUMEDAD DE SEMILLAS

Las semillas son higroscópicas, es decir, absorben o liberan humedad, dependiendo del ambiente donde se les coloque, hasta que su contenido de humedad final se estabiliza.

Cuando estas se exponen a un ambiente específico por un período de tiempo determinado, se alcanza lo que se conoce como "humedad de equilibrio", que depende de la especie, de la temperatura y la humedad relativa (HR) del aire circundante. Si el contenido de humedad inicial de la semilla es alto, mayor que el de la humedad de equilibrio para un ambiente dado, liberará humedad al ambiente (desorción); si, por el contrario, es menor, entonces absorberá humedad del aire (adsorción). Está demostrado que cuando la HR del aire supera el 75 %, el contenido de humedad de las semillas se incrementa rápidamente; en cambio en climas secos donde la HR no sobrepasa ese límite, los cambios ocurridos afectan poco su contenido de humedad (Valdecir 1991; Probert *et al.* 2003; Cerovich y Miranda 2004 y Casini *et al.* 2008).

En el secado y almacenamiento de semillas, uno de los conceptos más importantes es el contenido de humedad de equilibrio. Se establece dicho equilibrio cuando la presión de vapor que corresponde a la humedad de la semilla es igual a la presión de vapor de la humedad presente en el aire, en condiciones fijas de temperatura. Por tanto, en los estudios de higroscopia, las propiedades termodinámicas del aire húmedo son de fundamental importancia (Antoninho *et al.* 1991).

2.9. MÉTODO DE EXTRACCIÓN DE SEMILLAS

Según Sanchez (2009), los métodos que se emplean para extraer las semillas de los frutos, vienen determinados principalmente por las características de éstos; los frutos carnosos se tratan mediante un proceso de despulpado, y diferentes métodos de extracción, como son el tratamiento manual, mecánico o por fermentación, para separar las semillas. Las semillas de café se despulpan, luego pasan por un fermentado, por un tiempo que garantice el retiro del mucilago; seguidamente se lavan para después ponerlas al secado, que consiste en bajar la humedad del grano de pergamino mojado (50%) a un porcentaje entre el 25% y 30%. Para la extracción de semillas de papaya, estas: se lavan por frotación sobre un cedazo, para eliminar el arilo (mucilago) que las cubre (Baraona y Sancho 1991).

Asimismo, otro procedimiento es cortar el fruto en sentido longitudinal y se le extraen las semillas con una cuchara o cuchillo, o con los dedos; se lavan y se frotan entre dos telas, o con arena u otro material, para eliminar la sustancia gelatinosa que las recubre; deben lavarse hasta que queden limpias y secarse, para, seguidamente, guardarse en un envase seco, pudiendo durar un año sin perder su germinación (Sanchez 2009). Samson (1991), menciona que la cubierta gelatinosa se elimina frotando capas delgadas de semillas contra un trozo de

tela o de plástico; la semilla se lava y se seca sobre un papel, a la sombra; estas semillas pueden almacenarse en un recipiente hermético hasta por tres años.

Durante el período de fermentación, las semillas aptas se hunden, quedando en la parte superior un jugo de color claro y restos del fruto, que deben eliminarse; la semilla del fondo del recipiente debe ser lavada repetidas veces con agua corriente y luego colocarse en bandas de papel periódico para su secado; la semilla recién extraída puede sembrarse de inmediato puesto que no presenta ningún período de reposo (Sanchez 2009).

2.10. CONSIDERACIONES PARA OBTENCIÓN DE SEMILLA

El lote productor de semilla, debe tener homogeneidad fenotípica; asimismo la recolecta debe ser selectiva, incidiendo solamente en frutos maduros, que se encuentren bien formados, que estén sanos y preferentemente localizados en la parte media de las plantas y en la parte central de las ramas. Seguidamente, se hace la determinación de frutos vanos, sumergiendo 100 frutos sanos, maduros y bien formados en agua. Si flotan menos de 8, es una buena planta para extraer semilla y si flotan más de 8, se debe buscar otra planta para la extracción de los frutos para evaluar su calidad (GP 2016).

Los cerezos obtenidos pueden ser despulpados a mano y de inmediato desprovistos del mucílago; para ello se puede restregar con arena de río o ceniza, cuando se trata de pequeñas cantidades, o despulparlas a máquina cuidando no dañar las semillas y fermentarlas, cuando se trata de mayores cantidades. Para el eliminado del mucílago, se lavan con agua limpia y en este estado de humedad pueden ser sembradas de inmediato. Por otra parte, cuando se desea preparar semillas para su almacenamiento, luego de lavadas se deben secarse hasta que tengan 10 a 12% de humedad (al estrujarlas tienen un sonido típico de cascajo o al ser molida la semilla se quiebra) (Aliaga y Bermúdez 1984).

2.11. CONSIDERACIONES PARA LA GERMINACIÓN

Según Huxley (1964), la semilla germina bien en condiciones de luz difusa, pero otros han observado una mayor germinación en condiciones de oscuridad. Varias especies de plantas necesitan luz para germinar, y el efecto de la presencia o ausencia de luz varía entre las especies (Medina 1977).

La temperatura óptima para que germine la semilla de café es de 28 – 30 °C. Además, es importante mantener saturación de humedad en el medio, para que la semilla realice imbibición de agua y se inicien los procesos metabólicos característicos de la germinación (Arcila *et al.* 2007).

En cuanto al nivel de humedad de las semillas, se ha sugerido que las semillas de café deben secarse a la sombra; por otro lado, se ha demostrado que es posible secarlas al sol o artificialmente hasta con temperatura de 45 °C, siempre y cuando no se baje el contenido de humedad del grano del 12 - 13% (Arcila, 1976). La germinación de la semilla, se redujo más drásticamente cuando éstas tuvieron un porcentaje de humedad por debajo del 10% (b.h.) (Arcila *et al.* 2007).

2.12. GERMINACIÓN

La madurez fisiológica de la semilla de café se alcanza entre los 200 y los 220 días después de la antesis (Caixeta y Alvarenga 1981). Aunque la semilla carece de un período de latencia, pues las semillas húmedas (40 - 45% humedad) o secas (11 - 13% de humedad) alcanzan un porcentaje de germinación alrededor del 90%, posee características morfológicas especiales, que afectan la germinación como son: la presencia del endocarpio (pergamino) y la ubicación casi superficial del embrión dentro de la semilla (ver Figura 3) (Kramer *et al.* 2010).

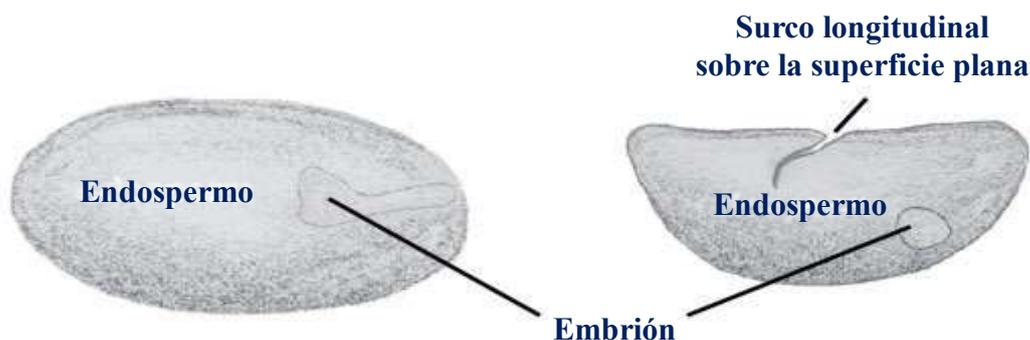


Figura 3. Ubicación del embrión en la semilla de caféto (*C. arabica*)
Fuente: adaptado de Kramer *et al.* (2010)

Una semilla con el endocarpio (pergamino) presente, germina entre los 50 y 70 días y la remoción del mismo, acelera la germinación en 20 días, aproximadamente (Huxley 1964). Asimismo, la ubicación superficial del embrión en la semilla, lo predispone a daños mecánicos o por condiciones ambientales adversas (ejemplo: frío y calor excesivo), y a su expulsión por efecto del agua cuando la semilla está deteriorada (Quintero 1968).

Otra característica de la semilla de café, es la pérdida rápida de su viabilidad cuando se almacena con un contenido alto (35 - 40%) o bajo (12 - 15%) de humedad, en una atmósfera no controlada, ya que después de cinco meses en estas condiciones, el poder germinativo es menor del 60% (Valencia 1970).

Además, durante la germinación de la semilla de café ocurren cambios específicos en su apariencia física (imbibición e hinchamiento, brotación, curvatura geotrópica, engrosamiento de la radícula y elongación de la radícula y formación de raíces laterales), que son útiles para establecer en forma temprana su viabilidad y vigor (Arcila *et al.* 2007). En estudios de germinación de café donde se emplearon semillas a las cuales se les retiró previamente el endocarpio (pergamino), y que se dispusieron en cajas plásticas con toallas de papel húmedo, en oscuridad y en condiciones de laboratorio con 70% de humedad relativa y 25 °C de temperatura media, se observaron los siguientes cambios (Arcila 1985 y Arias 1987):

- ❖ Estado 1: durante los primeros 5 días de imbibición, la semilla va cambiando del color verde-azuloso, típico del café almendra a blanco. Al octavo día, 50% o más de las semillas muestran un abultamiento (hinchamiento) en el extremo del embrión, que corresponde a la radícula de la futura planta.
- ❖ Estado 2: al cabo de 14 días, en más del 50% de las semillas ha emergido la radícula (brotación).
- ❖ Estado 3: al término de 18 días, más del 50% de las semillas muestran la radícula con curvatura geotrópica y de un color rosado característico (germinación temprana).
- ❖ Estado 4: a los 25 días, la radícula se ha extendido y muestra engrosamiento en su base (germinación tardía).
- ❖ Estado 5: a los 30 días, la radícula se ha alargado y tiene ramificaciones laterales.

Las observaciones anteriores, se ilustran en la Figura 4. Consecuentemente, para evaluar la viabilidad de la semilla del cafeto, los estados 1, 2 y 3 no son criterios suficientes, puesto

que involucran una simple respuesta física a la imbibición, mientras que el estado 4, puede emplearse como un adecuado indicador de la germinación (Arcila *et al.* 2007).

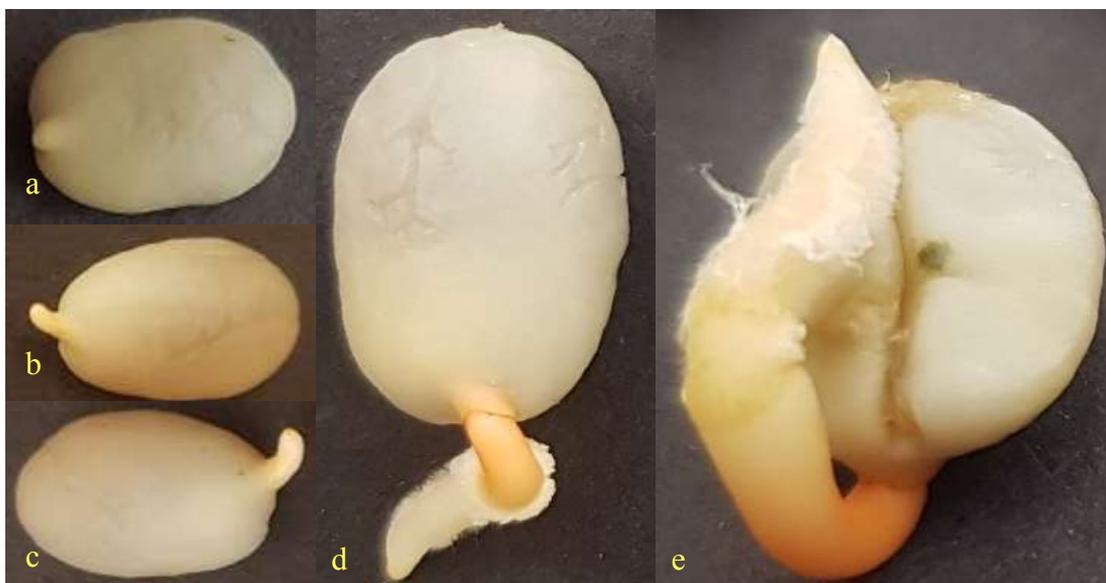


Figura 4. Fases iniciales en la semilla de café durante su germinación. a: imbibición e hinchamiento; b: brotación; c: curvatura geotrópica; d: engrosamiento de la radícula; e: elongación de la radícula y formación de raíces laterales

2.13. EMERGENCIA

La emergencia de una planta es un evento donde se observa la aparición de las plantas (hipocótilo o semilla) en la superficie del suelo; es la etapa posterior a la germinación de la semilla o brotamiento de yemas (Manrique 2010). Además, la emergencia de plántulas y su establecimiento, son las etapas claves del desarrollo después de la germinación de la semilla y condiciones previas para el éxito del establecimiento (James *et al.* 2011).

2.14. VIABILIDAD

Generalmente puede definirse como la capacidad de sobrevivir o seguir el desarrollo. Una semilla viva, es capaz de germinar en condiciones favorables. La mayoría de especies de semillas, retienen su viabilidad cuando se secan. El secado es la fase final normal del periodo de maduración; sin embargo, semillas recalcitrantes, deben retener un contenido relativamente alto de humedad durante el almacenaje, para mantener su viabilidad (Arnaéz y Moreira 1996).

Por lo tanto, cuando se habla de viabilidad de semillas en laboratorio, se hace referencia a la estimación de la capacidad germinativa de un lote de semillas, sin importar que sean débiles

o que no germinaran en condiciones de campo; Rodríguez *et al.* (2008) presentan la relación entre viabilidad, germinación y latencia, de la siguiente manera:

$$\text{Semillas viables} = \text{semillas germinadas} + \text{semillas latentes}$$

Por otro lado, una prueba de clasificación de semillas a germinar es el test de LERCAFE que consiste en sumergir las semillas de café en una solución de cloro activo, que reacciona con el endospermo de las semillas y las tiñe de color verde oscuro (Silva *et al.* 2010); el criterio de clasificación se presenta en la Figura 5 (Marques *et al.* 2016).

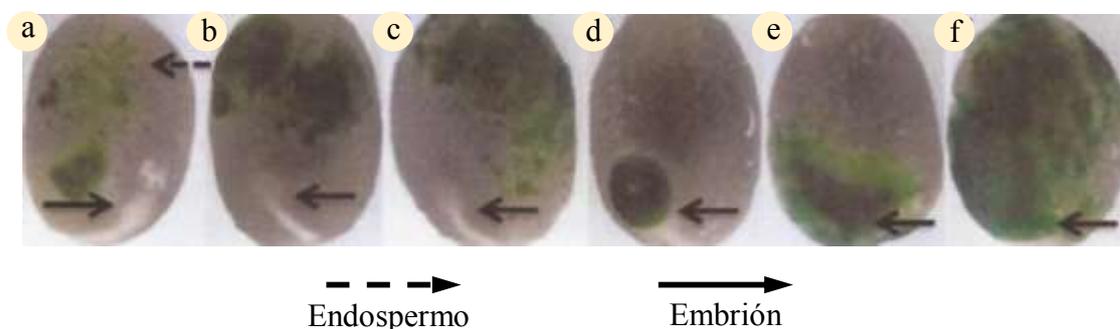


Figura 5. Categoría de semillas de café sometidas a la prueba de LERCAFE. Las semillas con coloración verde en el área circundante y/o en el embrión y las semillas sin embrión visible son clasificadas como no germinables

Fuente: Marques *et al.* (2016)

2.15. VIGOR

Según la ISTA (1985), el vigor de la semilla es la suma total de aquellas propiedades de la semilla que determinan el nivel de actividad y capacidad de la semilla o lote de semillas durante la germinación y emergencia de plántulas. Por otra parte, la AOSA (1983), indica que el vigor de la semilla, comprende aquellas propiedades de la semilla que determinan el potencial de una rápida, y uniforme emergencia y desarrollo de plántulas normales bajo un amplio rango de condiciones de campo.

Salinas *et al.* (2000), mencionan que la prueba de vigor, es el primer componente de calidad que muestra señales de deterioro en las semillas, caracterizado por la reducción en la germinación o de la producción de plántulas anormales y finalmente por la muerte de las plántulas; así mismo indican que el vigor de las semillas, se basa en el comportamiento físico y fisiológico de un lote de semillas, entre ellos: la tasa de uniformidad de germinación y crecimiento de plántulas, la germinación o capacidad de emergencia de las semillas.

Barboza y Herrera (1990), reportan que el vigor ha sido definido como la suma total de aquellas propiedades de las semillas que determinan su nivel de actividad y capacidad de germinación; además encontraron una estrecha relación entre la viabilidad y la longitud del hipocótilo, lo que indica que este último puede ser utilizado como indicador de vigor.

Según Salazar (2012), las pruebas de vigor, utilizadas actualmente, se pueden agrupar en tres categorías: i) pruebas de estrés (prueba fría, envejecimiento acelerado), ii) pruebas bioquímicas como conductividad eléctrica, tetrazolio y iii) pruebas de evaluación de la germinación o crecimiento de plántulas.

El vigor de un lote de semillas, es el resultado de la interacción de toda una serie de características de las semillas, como: constitución genética, condiciones ambientales y nutricionales a que ha estado sometida la planta madre durante el periodo de formación, grado de madurez, tamaño, peso y densidad, integridad mecánica, grado de deterioro y envejecimiento, contaminación por organismos patógenos. Un lote de semillas de alto vigor, producirá más plántulas normales y con tasas elevadas de crecimiento (Perez y Pita 2006).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. LUGAR DE EJECUCIÓN

3.1.1. Ubicación del experimento

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 la zona 18 L, entre la latitud sur: 10° 30' 45" y longitud oeste: 75° 27' 03"; con una altitud de 1 775,3 m.s.n.m. siendo estos datos insertos en el sistema WGS 84.

3.1.2. Condiciones ambientales en el desarrollo del experimento

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; como se detalla en la Figura 6, donde se muestran datos históricos tomados de la estación meteorológica, del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI), con ubicación más próxima a la zona de experimentación.

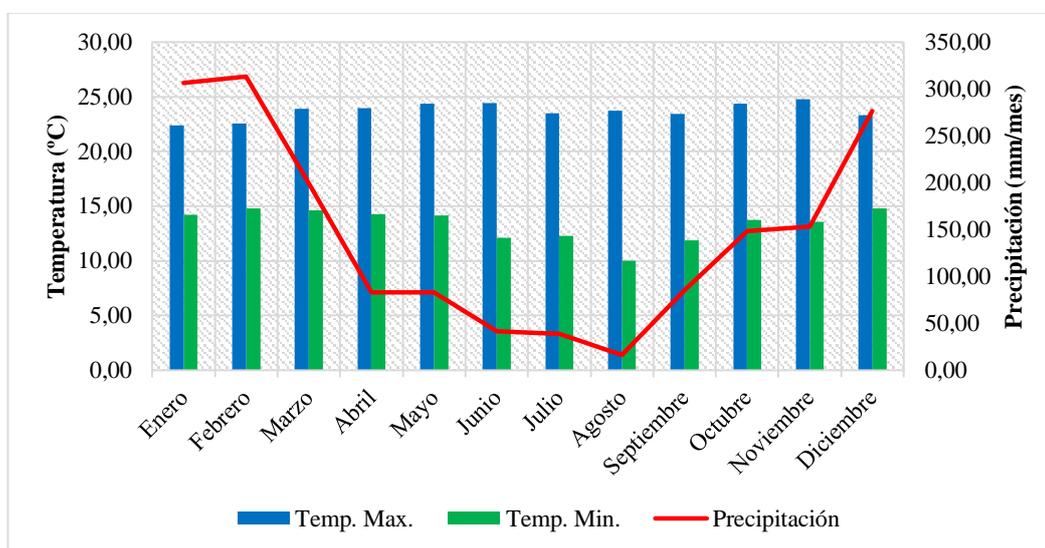


Figura 6. Datos meteorológicos durante la experimentación

Fuente: SENAMHI (2019)

3.2. MATERIALES Y EQUIPOS

3.2.1. Materiales y equipos de medición

Los principales materiales y equipos utilizados en la biometría de campo y laboratorio, se detallan en la Tabla 1.

Tabla 1. Materiales y equipos

Fase campo	Fase laboratorio
Regla de precisión de 12 pulgadas	Balanza analítica de precisión
Termohigrometro	Estufa
Vivero	Campana desecadora
Vernier	Piseta
Cámara fotográfica	Probeta de 100 ml.

3.2.2. Material vegetal

Semillas de nueve genotipos de cafetos del banco de germoplasma (BG) instalado en el fundo “La Génova” de la Universidad Nacional Agraria La Molina en San Ramón, Chanchamayo; cuya identificación y caracterización se presenta en la Tabla 2.

Tabla 2. Genotipos de cafetos empleados en la experimentación

Genotipo	Código BG	Descripción morfológica de las plantas
Pacamara	UNACAF-142	Apariencia general es oblonga-compacta, en el hábito de ramificación presenta muchas ramas primarias con pocas ramas secundarias, presenta un ángulo horizontal de inserción de las ramas, la forma de la estipula es ovada, el color de la hoja tierna es bronce oscuro, con forma de hoja elíptica, siendo la forma del ápice de la hoja apiculada, color del peciolo verde amarillo (marrón claro), color de tallo joven es verde, color de hoja madura verde, forma de la fruta oblonga.
Caturra rojo	UNACAF-89	Apariencia general es piramidal, en el hábito de ramificación presenta muchas ramas primarias con muchas ramas secundarias, presenta un ángulo semi erecto de inserción de las ramas, la forma de la estipula es ovada, el color de la hoja tierna es bronce oscuro (claro), con forma de hoja elíptica, siendo la forma del ápice de la hoja apiculada, color del peciolo verde amarillo (marrón claro), color de tallo joven es verde, color de hoja madura verde, forma de la fruta oblonga.
Caturra amarillo	UNACAF-188	Apariencia general es oblonga-compacta, en el hábito de ramificación presenta muchas ramas primarias con pocas ramas secundarias, presenta un ángulo semi erecto de inserción de las ramas, la forma de la estipula es delta (triángulo equilátero), el color de la hoja tierna es verde, con forma de hoja elíptica, siendo la forma del ápice de la hoja apiculada, color del peciolo verde amarillo (marrón claro), color de tallo joven es verde, color de hoja madura verde, forma de la fruta oblonga.
Pache	UNACAF-29	Apariencia general es piramidal, en el hábito de ramificación presenta muchas ramas primarias con pocas ramas secundarias, presenta un ángulo semi erecto de inserción de las ramas, la forma de la estipula es ovada, el color de la hoja tierna es bronce oscuro,

Genotipo	Código BG	Descripción morfológica de las plantas
		con forma de hoja elíptica, siendo la forma del ápice de la hoja apiculada, color del peciolo verde amarillo (marrón claro), color de tallo joven es verde, color de hoja madura verde, forma de la fruta oblonga.
Catimor	UNACAF-160	Apariencia general es piramidal, en el hábito de ramificación presenta muchas ramas primarias con pocas ramas secundarias, presenta un ángulo semi erecto de inserción de las ramas, la forma de la estipula es ovada, el color de la hoja tierna es bronce oscuro, con forma de hoja elíptica, siendo la forma del ápice de la hoja apiculada, color del peciolo verde amarillo (marrón claro), color de tallo joven es verde, color de hoja madura verde, forma de la fruta oblonga.
Caturra rojo	UNACAF-111	Apariencia general es piramidal, en el hábito de ramificación presenta muchas ramas primarias con pocas ramas secundarias, presenta un ángulo semi erecto de inserción de las ramas, la forma de la estipula es ovada, el color de la hoja tierna es bronce claro, con forma de hoja elíptica, siendo la forma del ápice de la hoja apiculada, color del peciolo verde amarillo (marrón claro), color de tallo joven es verde, color de hoja madura verde, forma de la fruta oblonga.
Catimor	UNACAF-116	Apariencia general es piramidal, en el hábito de ramificación presenta muchas ramas primarias con pocas ramas secundarias, presenta un ángulo semi erecto de inserción de las ramas, la forma de la estipula es ovada, el color de la hoja tierna es bronce oscuro, con forma de hoja elíptica, siendo la forma del ápice de la hoja apiculada, color del peciolo verde amarillo (marrón claro), color de tallo joven es verde, color de hoja madura verde, forma de la fruta oblonga.
Geisha	UNACAF-213	Es una planta de porte alto y de follaje compacto, formando un eje central y varias ramas ortotrópicas basales, presenta brotes nuevos en su mayoría de color bronceado, aun cuando hay verdes e intermedios, su ramificación lateral es abundante, con hojas oblongas-elípticas, coriáceas, marcadamente cóncavas.
Obata IAC 1669-20	UNACAF-250	La planta es de porte bajo, entrenudos de tamaño medio, hojas largas, las hojas nuevas son de color verde, los frutos grandes y rojos; además, presenta una altura media de 2 a 3 m y con diámetro de copa de 1,8 a 2 m, aunque en algunos lugares estas dimensiones pueden ser mayores.

Fuente: Blas *et al.* (2011), León (1962) citado por Alvarado (2016) y Julca *et al.* (2011)

Para obtener las semillas se recolectaron los frutos de cada genotipo (se realizó en un solo día: 05-04-2019) y se colocaron en bolsas de polipropileno; al día siguiente se pusieron los frutos en una bandeja con agua para separar los frutos que flotaron (se retiraron de 4 a 8

frutos por cada genotipo). Seguidamente, se despulparon los frutos y se lavaron las semillas hasta quitar el mucilago, después se pusieron a secar las semillas bajo sombra por un periodo de 4 días (se realizaron volteos diarios), luego se almacenaron en bolsas de papel bajo condiciones de $18,86 \pm 4^\circ \text{C}$ de temperatura y 81,04% de humedad por un tiempo de 4 días hasta la siembra.

3.3. MÉTODOS

3.3.1. Fase en germinador

En esta primera fase se evaluaron dos factores: genotipo (9 variedades) con presencia y sin presencia de endocarpio, la extracción del endocarpio fue de forma manual. 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.

En cada surco de 125 cm se sembraron 25 semillas distanciadas a 5 cm entre sí, a fin de tener 50 semillas sembradas por cada combinación tratamiento-repetición (Figura 7); es decir, 150 semillas por tratamiento de ello 50 por bloque. La separación entre surcos de un sub-bloque y el inmediato, fue de 20 cm y la separación entre bloques, 30 cm. En la cama del germinador se evaluó el porcentaje de emergencia, tasa de emergencia, ritmo de crecimiento, peso fresco total, peso seco total e índice de vigor de plántula (IVP).

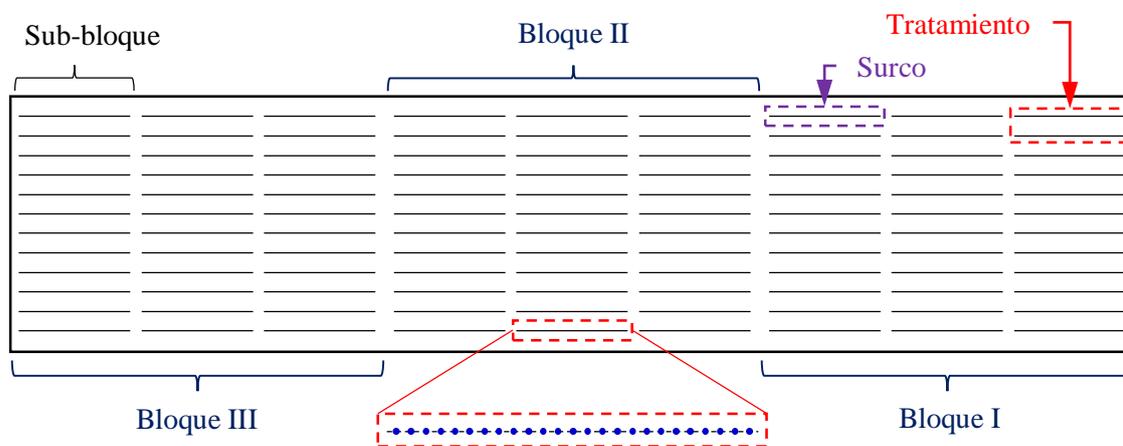


Figura 7. Diagrama del germinador para siembra en surcos de semillas de nueve genotipos de café (*C. arabica*) con y sin endocarpio

3.3.1.1. Evaluaciones en germinador

A. Porcentaje y tasa de emergencia

Se registró el número de plántulas emergidas en cada unidad experimental, desde el inicio de la emergencia a intervalos de tres días; este conteo se extendió hasta los 75 días después de la siembra (dds). Se consideró como planta emergida: hipocótilo o semilla sobre el sustrato. El 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. Por otro lado, la tasa de emergencia se calculó utilizando la ecuación de Maguire (1962):

$$M = n_1/t_1 + n_2/t_2 + \dots + n_{150}/t_{75}$$

Dónde: n_1, n_2, n_{50} son el número de plantas emergidas en los tiempos t_1, t_2, \dots, t_{75} (en días). Además, para el análisis de varianza (ANVA) y el análisis de comparación múltiple de los datos de porcentaje de emergencia, los datos fueron transformados mediante la fórmula:

$$X = [x + 0,5]^{0,5}$$

Donde, X: valor a procesar, x: porcentaje.

B. Ritmo de crecimiento

Se estimó a los 75 dds, los datos se tomaron de 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, como se detalla en la Figura 8.

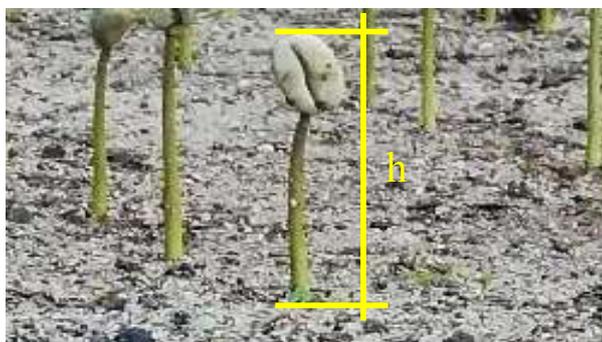


Figura 8. Medición de la altura de planta. h: altura

C. Peso fresco total

Se determinó a los 75 dds, los datos se tomaron de 4 plántulas de cada unidad experimental; la medición se realizó con una balanza analítica, de la planta completa.

D. Peso seco total

Se determinó a los 75 dds, los datos se tomaron de las mismas 4 plántulas de cada unidad experimental usadas para peso fresco total; las muestras se secaron en una estufa a 105 °C y durante 14 horas, tiempo tras el cual fueron pesadas.

E. Índice de vigor de plántula (IVP)

Se estimó a los 75 días después de la siembra, tomando cuatro plántulas de cada unidad experimental, utilizando para ello, la fórmula descrita por Kharb *et al.* (1994), que se muestra a continuación:

$$\text{IVP} = [\text{E} (\%)] \times [\text{LP}] \times [\text{PSA}]$$

Dónde: E (%): porcentaje de emergencia; LP: longitud aérea de la plántula y PSA: peso seco de la parte aérea de la plántula.

3.3.2. Fase de almacigo

Esta segunda fase se inició a los 90 dds y culminó a los 90 días después del repique (ddr), se realizó en campo en un área con presencia de cafetos de dos variedades (*Coffea arabica* L. var. Común y var. Pache), con una antigüedad de ocho años y una extensión de una hectárea.

El sustrato para las bolsas fue suelo forestal que se secó al aire, triturado manualmente y cernido a través de un tamiz de 5 mm; el cernido fue con el objetivo de eliminar terrones, raíces de plantas y otros materiales ajenos (Yakob *et al.* 1998); el suelo tamizado se usó para rellenar bolsas de polietileno de color negro con dimensiones: 4 pulgadas de ancho y con 7 pulgadas de largo. 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.

3.3.2.1. Evaluaciones en almacigo

A. Parámetros de crecimiento

A los 90 días después del repique (ddr), se tomaron cuatro plantas de cada unidad experimental, estimándose: altura de planta (cm), diámetro de tallo (mm) y área foliar (cm²). La altura de la planta, se midió desde la base hasta la punta de la planta usando una regla. El diámetro del tallo se midió en la base cerca de la superficie del medio (sustrato,) usando un

vernier. El área foliar de la hoja se calculó usando la ecuación de Yakob *et al.* (1998) para plantas de café y es como sigue:

$$Y = K \times L \times B$$

Donde, Y: área foliar estimada, K: constante específica para cultivares y clases de dosel (0,67), L: largo de hoja (cm) y B: ancho máximo de hoja (cm).

Las plántulas muestreadas para la medición de parámetros no destructivos y destructivos, se llevaron al laboratorio de química de la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión sede Oxapampa. Para los parámetros destructivos: las plántulas se cortaron con una tijera en el cuello, para separar la parte aérea, de la raíz; luego, la parte aérea consistente de hojas y tallos, fueron pesados en una balanza analítica para la obtención de peso fresco de la parte aérea y de la raíz, como se observa en la Figura 9.



Figura 9. Pesado de planta en estado fresco. a: pesado de la parte aérea de planta; b: pesado de la parte radical de la planta.

Seguidamente, las partes seccionadas de las plantas se secaron en estufa a 105 °C, hasta un peso constante como describen Adjet y Solomon (1982). La determinación del peso de la materia seca, se realizó utilizando una balanza analítica con precisión de dos decimales (0,00).

Por otra parte, las raíces de la plántula, se sumergieron en un balde lleno de agua para separar cuidadosamente las raíces, del suelo. El volumen de raíz, se midió usando el método de

desplazamiento de agua, en una probeta de vidrio de 100 ml de capacidad, con una cantidad de líquido (agua), de 50 ml.

B. Fenología del cafeto al primer mes desde el repique

Se estimaron los tiempos para que cada plántula llegue a cada estado propio de su desarrollo, a partir del estado 07 de la escala BBCH ampliada de cafeto hasta los 30 ddr, caracterizando 300 semillas en germinador y 96 plantas en vivero por cada genotipo de cafeto [en siembra con y sin endocarpio (pergamino)]; cabe agregar, que la escala BBCH propuesta por Arcila *et al.* (2001) indica lo siguiente:

Estado principal de crecimiento 0: germinación y propagación vegetativa

Estado secundario 07: el hipocótilo sobresale del suelo y se observan los cotiledones todavía encerrados en el pergamino.

Estado secundario 09: emergencia, las semillas han surgido desde el suelo y se ven los hipocótilos con los cotiledones emergiendo a través del pergamino.

Estado principal de crecimiento 1: Desarrollo de la hoja, en el tallo de la planta de almácigo o en las ramas del árbol

Estado secundario 10: cotiledones completamente abiertos. Primer par de hojas verdaderas sin abrir se separan del ápice del tallo o el primer par de hojas verdaderas sin abrir se separan del ápice de la rama.

Estado secundario 11: primer par de hojas abiertas, pero aún no alcanzan su tamaño final. Hojas de color verde claro o bronceado.

3.4. DISEÑO ESTADÍSTICO

Se empleó un diseño de bloques completamente randomizados con tratamientos dispuestos en arreglo factorial, de dos factores: genotipo (nueve genotipos de cafeto) y condición de la semilla (semillas con y sin endocarpio) y tres bloques. Cada unidad experimental consistió en 16 macetas: se muestrearon 4 macetas, dispuestas en forma cuadrada, teniendo un marco

de disposición: 1,5 m entre bloques y 1 m entre tratamientos (Figura 10). Se usó el modelo aditivo lineal descrito por Pedroza y Dicovskyi (2006):

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \delta_k + \varepsilon_{ijk}$$

Donde:

Y_{ijk} : i-ésima observación del j-ésimo tratamiento en el k-ésimo bloque.

μ : estima a la media poblacional.

α_i : efecto del i-ésimo nivel del factor genotipo.

β_j : efecto del j-ésimo nivel del factor condición de la semilla.

$(\alpha\beta)_{ij}$: efecto de interacción entre los factores genotipo y condición de la semilla.

δ_k : efecto del k-ésimo bloque.

ε_{ijk} : efecto aleatorio de variación.

i: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 y 9 = niveles del factor genotipo.

j: 1 y 2 = niveles del factor condición de semilla.

k: 1, 2 y 3 = bloques.

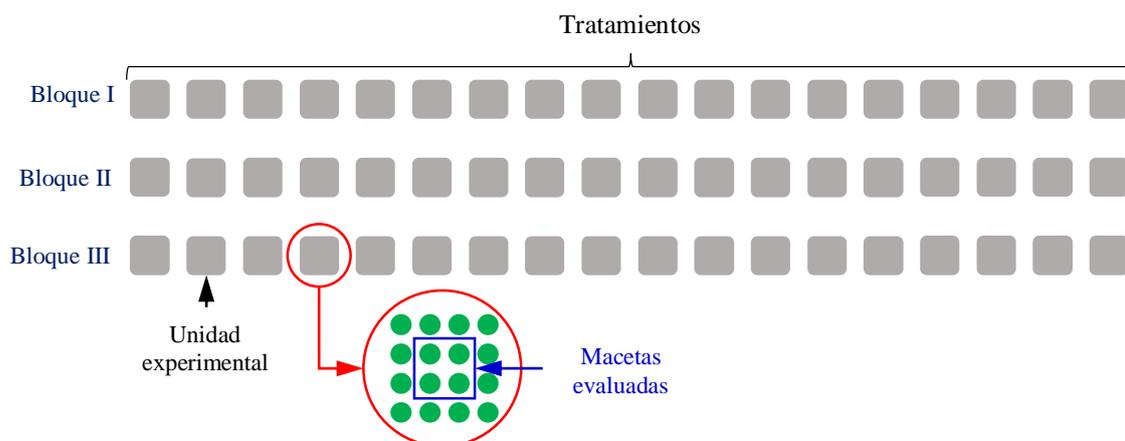


Figura 10. Esquema del acomodo de macetas con plantas de nueve genotipos de café (*C. arabica*) en el campo

En la Tabla 3 se detallan los tratamientos de acuerdo a los niveles de los factores genotipo y condición de la semilla (con y sin endocarpio).

Tabla 3. Tratamientos estudiados para determinar el efecto del endocarpio en la emergencia de diferentes genotipos de café en Oxapampa

Tratamientos estudiados	
T1: UNACAF-142 con endocarpio	T10: UNACAF-142 sin endocarpio
T2: UNACAF-213 con endocarpio	T11: UNACAF-213 sin endocarpio
T3: UNACAF-89 con endocarpio	T12: UNACAF-89 sin endocarpio
T4: UNACAF-188 con endocarpio	T13: UNACAF-188 sin endocarpio

T5: UNACAF-250 con endocarpio	T14: UNACAF-250 sin endocarpio
T6: UNACAF-29 con endocarpio	T15: UNACAF-29 sin endocarpio
T7: UNACAF-160 con endocarpio	T16: UNACAF-160 sin endocarpio
T8: UNACAF-111 con endocarpio	T17: UNACAF-111 sin endocarpio
T9: UNACAF-116 con endocarpio	T18: UNACAF-116 sin endocarpio

Los datos obtenidos fueron ordenados en MS Excel, procesados con el programa InfoStat, realizándose el análisis de varianza (ANVA) a un $\alpha = 0,05$ y la prueba de comparación múltiple de Duncan ($\alpha = 0,05$).

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. PORCENTAJE DE EMERGENCIA

Para el porcentaje de emergencia de plántulas a un tiempo de 60 dds, los resultados del análisis de varianza (Anexo 1), mostraron diferencias estadísticas altamente significativas ($p < 0,01$) para genotipo y endocarpio (condición de la semilla con y sin endocarpio); por otro lado, para la interacción de factores (genotipo por endocarpio) no hubo significación estadística ($p > 0,05$). La no significancia de la interacción de factores indica que los genotipos no fueron influenciados por la presencia o ausencia del endocarpio, siendo que cada factor tuvo un comportamiento independiente. Asimismo, el coeficiente de variabilidad fue de 25,43%.

En la Tabla 4 se presentan los resultados de las pruebas de comparación múltiple de medias de Duncan al 0,05 de probabilidad, para los efectos principales de los factores genotipo y endocarpio. Para el factor genotipo, los que mostraron mayores porcentajes promedio de emergencia fueron UNACAF-89, UNACAF-111 y UNACAF-116 (dos caturras rojo y un catimor) con 57%; 45,67% y 42,33% respectivamente, aunque sin diferencias significativas entre sí. Los genotipos que mostraron menor porcentaje de emergencia fueron UNACAF-213 y UNACAF-250 con 17,67% y 5,67% respectivamente y sin diferencias significativas entre sí, evidenciando una fuerte influencia del genotipo en la capacidad de germinar y emerger. Lamentablemente no se evaluó el tamaño de semilla para relacionarla con la emergencia.

Tabla 4. Promedio de porcentaje de emergencia de plántulas para genotipo en promedio de endocarpio

Genotipo	Porcentaje (%) de emergencia
Caturra rojo (UNACAF-89)	57 ^a
Caturra rojo (UNACAF-111)	45,67 ^{ab}
Catimor (UNACAF-116)	42,33 ^{ab}
Caturra amarillo (UNACAF-188)	31,67 ^{bc}
Pache (UNACAF-142)	28,33 ^{cd}
Pacamara (UNACAF-29)	25,67 ^{cd}
Catimor (UNACAF-160)	24,33 ^{cd}
Geisha (UNACAF-213)	17,67 ^{de}
Obata IAC 1669-20 (UNACAF-250)	5,67 ^e

Los valores medios con letra(s) distintas en una misma columna difieren estadísticamente (Duncan $p = 0,05$).

Asimismo, la remoción del endocarpio (pergamino) permitió mejorar el porcentaje de emergencia de todos los genotipos evaluados (Tabla 5). Sobresaliendo UNACAF-142 con 47,33% seguido de UNACAF-116 con 43,33%; UNACAF-111 con 28,67% y UNACAF-213 con 28,67%; opuestamente las mejoras más bajas en el porcentaje de emergencia se tuvieron con UNACAF-89 con 11,34 % y UNACAF-250 con 10%. Esto indica que el efecto negativo del endocarpio en la germinación y emergencia de plántulas no tiene un valor constante en todos los genotipos, siendo menor en algunos genotipos como UNACAF-250.

Tabla 5. Efecto de la remoción del endocarpio en el porcentaje (%) de emergencia de plántulas

Genotipo	Sin endocarpio	Con endocarpio	Mejora del porcentaje de emergencia con la remoción del endocarpio
Pacamara (UNACAF-142)	52,00	4,67	47,33
Geisha (UNACAF-213)	32,00	3,33	28,67
Caturra rojo (UNACAF-89)	62,67	51,33	11,34
Caturra amarillo (UNACAF-188)	41,33	22,00	19,33
Obata IAC 1669-20 (UNACAF-250)	10,67	0,67	10,00
Pache (UNACAF-29)	34,00	17,33	16,67
Catimor (UNACAF-160)	35,33	13,33	22,00
Caturra rojo (UNACAF-111)	60,00	31,33	28,67
Catimor (UNACAF-116)	64,00	20,67	43,33

También en la Tabla 6, las semillas sin endocarpio mostraron porcentajes significativamente mayores de emergencia que las semillas con endocarpio (43,56% versus 18,30%). Asimismo, Gebreselassie *et al.* (2010) reportaron una emergencia de 56,7 y 15,4% en café variedad 74-40 en semillas sin endocarpio y con endocarpio, respectivamente, a un tiempo de evaluación de 60 días después de la siembra. Esto reafirma que el endocarpio es una fuerte barrera para la germinación y emergencia de plántulas.

Tabla 6. Promedio de porcentaje de emergencia de plántulas para endocarpio en promedio de genotipo

Endocarpio	Porcentaje (%) de emergencia
Sin	43,56 ^a
Con	18,30 ^b

Los valores medios con letra(s) distintas en una misma columna difieren estadísticamente (Duncan $p = 0,05$).

A pesar que no hubo interacción se realizó el análisis de varianza de los efectos simples (Anexo 2), este análisis determinó que el factor endocarpio presenta diferencias estadísticas

significativas ($p < 0,05$) en sus niveles con y sin endocarpio para los genotipos de códigos UNACAF's 142, 213, 160, 111 y 116. Para la interacción de genotipo por ausencia de endocarpio, el que mostró mayor porcentaje promedio de emergencia fue UNACAF-116 (catimor) con 64% como se presenta en la Tabla 7.

Tabla 7. Promedio de porcentaje de emergencia para la interacción genotipo por sin endocarpio

Genotipo x sin endocarpio	Porcentaje (%) de emergencia
Catimor (UNACAF-116) – SE	64 ^a
Caturra rojo (UNACAF-111) – SE	60 ^{ab}
Pacamara (UNACAF-142) – SE	52 ^{ab}
Catimor (UNACAF-160) – SE	35,33 ^{ab}
Geisha (UNACAF-213) – SE	32 ^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, los que mostraron mayores porcentajes promedio de emergencia fueron UNACAF's 111 y 116 (caturra rojo y catimor) con 31,33% y 20,67% respectivamente, como se presenta en la Tabla 8. Los resultados muestran un efecto negativo del endocarpio en la emergencia de plántulas admitiendo un valor variable en los genotipos estudiados, siendo menor en algunos genotipos como UNACAF-213.

Tabla 8. Promedio de porcentaje de emergencia para la interacción genotipo por con endocarpio

Genotipo x con endocarpio	Porcentaje (%) de emergencia
Caturra rojo (UNACAF-111) – CE	31,33 ^a
Catimor (UNACAF-116) – CE	20,67 ^a
Catimor (UNACAF-160) – CE	13,33 ^{ab}
Pacamara (UNACAF-142) – CE	4,67 ^b
Geisha (UNACAF-213) – CE	3,33 ^b

Los valores medios con letra(s) distintas difieren estadísticamente (Duncan $p = 0,05$). CE: con endocarpio.

Respecto al porcentaje de emergencia, Bello *et al.* (2016) confirman que la escarificación mecánica de la semilla de cafeto, 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.

4.2. TASA DE EMERGENCIA

Los resultados del análisis de varianza (Anexo 3), mostraron diferencias estadísticas altamente significativas ($p < 0,01$) para los factores genotipo y endocarpio (condición de la

semilla con y sin endocarpio); por otro lado, para la interacción de factores (genotipo por endocarpio) no hubo significación estadística ($p > 0,05$). La no significancia de la interacción indica que los genotipos no fueron influenciados por la presencia o ausencia del endocarpio, presentando cada factor un comportamiento independiente. El coeficiente de variabilidad fue de 18,21%.

Los resultados de la prueba de comparación múltiple de medias de Duncan al 0,05 de probabilidad presentados en la Tabla 9, para el factor genotipo, indican que en promedio de semillas con y sin endocarpio, los mayores valores (1,17; 1,10; 1,07; 0,82 y 0,80) se obtuvieron con los UNACAF's 188, 89, 116, 111 y 142 respectivamente, aunque sin diferencias significativas entre sí, mientras que el genotipo UNACAF-250 fue el que tuvo la menor tasa de emergencia promedio (0,15): presentando una baja capacidad y mayor necesidad de tiempo para la emergencia de una plántula en el germinador.

Tabla 9. Promedio de tasa de emergencia de plántula para genotipo en promedio de endocarpio

Genotipo	Tasa de emergencia (plantas/día)
Caturra amarillo (UNACAF-188)	1,17 ^a
Caturra rojo (UNACAF-89)	1,10 ^a
Catimor (UNACAF-116)	1,07 ^{ab}
Caturra rojo (UNACAF-111)	0,82 ^{abc}
Pacamara (UNACAF-142)	0,80 ^{abcd}
Pache (UNACAF-29)	0,47 ^{bcd}
Catimor (UNACAF-160)	0,41 ^{cde}
Geisha (UNACAF-213)	0,30 ^{de}
Obata IAC 1669-20 (UNACAF-250)	0,15 ^e

Los valores medios con letra(s) distintas en una misma columna difieren estadísticamente (Duncan $p = 0,05$).

En promedio de genotipos, las semillas sin endocarpio tuvieron mayor tasa de emergencia que aquellas con endocarpio (1,70 y 0,41 respectivamente) como se presenta en la Tabla 10. Por lo tanto, el tratamiento previo de extracción de endocarpio en semillas de todos los genotipos hizo posible mejorar la emergencia lo que conlleva a reducir el tiempo en el germinador y su manejo.

Tabla 10. Promedio de tasa de emergencia de plántula para endocarpio en promedio de genotipo

Endocarpio	Tasa de emergencia (plantas/día)
Sin	1,70 ^a
Con	0,41 ^b

Los valores medios con letra(s) distintas en una misma columna difieren estadísticamente (Duncan $p = 0,05$).

A pesar que no hubo interacción se realizó el análisis de varianza de los efectos simples (Anexo 4), este análisis determinó que el factor endocarpio presenta diferencias estadísticas significativas ($p < 0,05$) en su nivel sin endocarpio para los genotipos de códigos UNACAF's 142, 188, 111 y 116. Para la interacción de genotipo por endocarpio, los cuatro genotipos mencionados fueron estadísticamente iguales como se muestra en la Tabla 11. Es interesante recalcar que los cinco genotipos que obtuvieron los valores más altos de porcentaje de emergencia fueron los mismos que lograron los valores más altos de tasa de emergencia; dentro de estos genotipos figuraban tres caturras y un catimor.

Tabla 11. Promedio de tasa de emergencia para la interacción genotipo por sin endocarpio

Genotipo x sin endocarpio	Tasa de emergencia (plantas/día)
Caturra amarillo (UNACAF-188) – SE	1,98 ^a
Catimor (UNACAF-116) – SE	1,85 ^a
Pacamara (UNACAF-142) – SE	1,55 ^a
Caturra rojo (UNACAF-111) – SE	1,22 ^a

Los valores medios con letra(s) distintas difieren estadísticamente (Duncan $p = 0,05$). SE: sin endocarpio.

Tal como se muestra en la Tabla 12, la remoción del endocarpio mejoró la tasa de emergencia de todos los genotipos, siendo estas mejoras mayores (1,63; 1,56; 1,49; 0,79 y 0,70) en los UNACAF's 188, 116, 142, 111 y 89 respectivamente y que también incluyen a tres caturras y un catimor. Por otro lado, la menor tasa fue para UNACAF-250 (Obata IAC 1669-20) con 0,28.

Tabla 12. Efecto de la remoción del endocarpio en la tasa de emergencia

Genotipo	Sin endocarpio	Con endocarpio	Mejora de la tasa de emergencia con la remoción del endocarpio
Pacamara (UNACAF-142)	1,55	0,06	1,49
Geisha (UNACAF-213)	0,53	0,07	0,46
Caturra rojo (UNACAF-89)	1,44	0,75	0,70
Caturra amarillo (UNACAF-188)	1,98	0,35	1,63
Obata IAC 1669-20 (UNACAF-250)	0,29	0,01	0,28
Pache (UNACAF-29)	0,77	0,17	0,61
Catimor (UNACAF-160)	0,61	0,22	0,39
Caturra rojo (UNACAF-111)	1,22	0,43	0,79
Catimor (UNACAF-116)	1,85	0,29	1,56

4.3. RITMO DE CRECIMIENTO

El análisis de varianza (Anexo 5), determinó diferencia estadística altamente significativa ($p < 0,01$) para el factor genotipo; sin embargo, para el factor endocarpio (condición de la

semilla con y sin endocarpio) e interacción entre factores (genotipo por endocarpio) no hubo diferencia estadística significancia ($p > 0,05$). El coeficiente de variabilidad fue de 9,6%.

En consecuencia, el análisis de comparación múltiple de medias de Duncan al 0,05 de probabilidad se presenta en la Tabla 13, para el efecto principal del factor genotipo. Los genotipos que mostraron mayores valores promedios de ritmo de crecimiento fueron UNACAF-89 y UNACAF-250 (caturra rojo y Obata, respectivamente) con 4,04 mm/sem y 4,01 mm/sem respectivamente; no obstante, sin diferencias significativas. Cabe agregar que, los genotipos que mostraron menor ritmo de crecimiento fueron UNACAF-142 y UNACAF-188 con 3,27 mm/sem y 3,23 mm/sem respectivamente y sin diferencias significativas entre sí, genotipos con menor patrón de crecimiento vegetativo y con mayor necesidad de tiempo para alcanzar las etapas fenológicas de su desarrollo.

Tabla 13. Promedio de ritmo de crecimiento semanal de plántula para los genotipos en promedio de endocarpio

Genotipo	Ritmo de crecimiento (mm/semana)
Caturra rojo (UNACAF-89)	4,04 ^a
Obata IAC 1669-20 (UNACAF-250)	4,01 ^a
Caturra rojo (UNACAF-111)	3,72 ^{ab}
Catimor (UNACAF-116)	3,69 ^{ab}
Geisha (UNACAF-213)	3,65 ^{abc}
Pache (UNACAF-29)	3,62 ^{abc}
Catimor (UNACAF-160)	3,34 ^{bc}
Pacamara (UNACAF-142)	3,27 ^{bc}
Caturra amarillo (UNACAF-188)	3,23 ^c

Los valores medios con letra(s) distintas difieren estadísticamente (Duncan $p = 0,05$).

Asimismo, la remoción del endocarpio (pergamino) permitió mejorar el ritmo de crecimiento de algunos genotipos evaluados, resultados expuestos en la Tabla 14; sobresaliendo UNACAF-142 con 0,74 mm/sem seguido de UNACAF-188 con 0,18 mm/sem y UNACAF-89 con 0,15 mm/sem; opuestamente no hubo mejoras para los genotipos: UNACAF-213, UNACAF-250, UNACAF-29, UNACAF-160, UNACAF-111 y UNACAF-116.

Tabla 14. Efecto de la remoción del endocarpio en el ritmo de crecimiento (mm/semana)

Genotipo	Sin endocarpio	Con endocarpio	Mejora del ritmo de crecimiento con la remoción del endocarpio
Pacamara (UNACAF-142)	3,64	2,90	0,74
Geisha (UNACAF-213)	3,57	3,73	-0,16

Caturra (UNACAF-89)	rojo	4,11	3,96	0,15
Caturra (UNACAF-188)	amarillo	3,32	3,14	0,18
Obata (UNACAF-250)	IAC 1669-20	3,85	4,17	-0,32
Pache (UNACAF-29)		3,40	3,84	-0,44
Catimor (UNACAF-160)		3,20	3,47	-0,27
Caturra (UNACAF-111)	rojo	3,71	3,74	-0,03
Catimor (UNACAF-116)		3,69	3,69	0

4.4. PESO FRESCO DE PLÁNTULA

Para el peso fresco de plántulas (plántula completa) a un tiempo de 75 dds, los resultados del análisis de varianza (Anexo 6) determinaron diferencias estadísticas altamente significativas ($p < 0,01$) para el genotipo y por el contrario, no significancia ($p > 0,05$) para el factor endocarpio y la interacción de factores (genotipo por endocarpio), siendo esta condición última un indicador de que los niveles del genotipo no fueron influenciados por el factor endocarpio y viceversa, definiendo a cada factor con un comportamiento independiente. Además, el coeficiente de variabilidad fue de 8,59%.

El análisis de comparación múltiple de medias de Duncan al 0,05 de probabilidad se presenta en la Tabla 15, para el factor genotipo. Los genotipos que sobresalieron con mayor peso fresco promedio fueron UNACAF-116, UNACAF-213 y UNACAF-111 (catimor, geisha y caturra rojo) con 0,64 g; 0,58 g y 0,58 g respectivamente, aunque sin diferencias estadísticas. Por el contrario, los genotipos que mostraron menor peso fresco fueron UNACAF-142 y UNACAF-188 con 0,51 g y 0,45 g respectivamente y presentando diferencias significativas entre sí.

Tabla 15. Promedio de peso fresco de plántula para genotipo en promedio de endocarpio

Genotipo	Peso fresco de plántula (g)
Catimor (UNACAF-116)	0,64 ^a
Geisha (UNACAF-213)	0,58 ^{ab}
Caturra rojo (UNACAF-111)	0,58 ^{ab}
Catimor (UNACAF-160)	0,57 ^b
Caturra rojo (UNACAF-89)	0,57 ^{bc}
Pache (UNACAF-29)	0,57 ^{bc}
Obata IAC 1669-20 (UNACAF-250)	0,56 ^{bc}
Pacamara (UNACAF-142)	0,51 ^c

Caturra amarillo (UNACAF-188)	0,45 ^d
-------------------------------	-------------------

Los valores medios con letra(s) distintas difieren estadísticamente (Duncan p = 0,05)

También, la remoción del endocarpio (pergamino) permitió incrementar el peso fresco en plántulas de algunos los genotipos evaluados, resultados expuestos en la Tabla 16. Sobresaliendo UNACAF-213 con 0,05 g seguido de UNACAF-142 con 0,04 g y UNACAF-116 con 0,03 g; opuestamente no hubo mejoras para los genotipos: UNACAF-188, UNACAF-250, UNACAF-160 y UNACAF-111.

Tabla 16. Efecto de la remoción del endocarpio en el peso fresco (g)

Genotipo	Sin endocarpio	Con endocarpio	Mejora en el peso fresco de plántula con la remoción del endocarpio
Pacamara (UNACAF-142)	0,53	0,49	0,04
Geisha (UNACAF-213)	0,61	0,56	0,05
Caturra rojo (UNACAF-89)	0,57	0,56	0,01
Caturra amarillo (UNACAF-188)	0,43	0,46	-0,03
Obata IAC 1669-20 (UNACAF-250)	0,54	0,58	-0,04
Pache (UNACAF-29)	0,58	0,56	0,02
Catimor (UNACAF-160)	0,56	0,59	-0,03
Caturra rojo (UNACAF-111)	0,54	0,63	-0,09
Catimor (UNACAF-116)	0,65	0,62	0,03

4.5. PESO SECO DE PLÁNTULA

Para el peso seco de plántula (plántula completa) a un tiempo de 75 dds, los resultados del análisis de varianza (Anexo 7) presentaron diferencias estadísticas altamente significativas ($p < 0,01$) para el factor genotipo y por el contrario diferencias estadísticas no significativas ($p > 0,05$) para el factor endocarpio y para la interacción de factores (genotipo por endocarpio), siendo esta condición última un indicador de que los niveles del genotipo no fueron influenciados por factor endocarpio (presencia y ausencia del endocarpio) y viceversa, definiendo a cada factor con un comportamiento independiente. Además, el coeficiente de variabilidad fue de 13,86%.

El análisis de comparación múltiple de medias de Duncan al 0,05 de probabilidad se presenta en la Tabla 17, para el factor genotipo. Los genotipos que sobresalieron con mayor peso seco promedio fueron UNACAF-250 y UNACAF-213 (obata y geisha) con 0,13 g y 0,13 g respectivamente, aunque sin diferencias estadísticas. Por el contrario, el genotipo que mostró

menor peso seco fue UNACAF-142 con 0,09 g respectivamente, demostrando una menor acumulación potencial de biomasa al periodo de 75 dds. Salamanca y Sadeghiakh (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.

Tabla 17. Promedio de peso seco de plántula para genotipo en promedio de endocarpio

Genotipo	Peso seco de plántula (g)
Obata IAC 1669-20 (UNACAF-250)	0,13 ^a
Geisha (UNACAF-213)	0,13 ^a
Catimor (UNACAF-116)	0,13 ^{ab}
Caturra rojo (UNACAF-89)	0,12 ^{abc}
Caturra rojo (UNACAF-111)	0,12 ^{abc}
Pacamara (UNACAF-142)	0,11 ^{abcd}
Pache (UNACAF-29)	0,11 ^{bcd}
Catimor (UNACAF-160)	0,10 ^{cd}
Caturra amarillo (UNACAF-188)	0,09 ^d

Los valores medios con letra(s) distintas difieren estadísticamente (Duncan $p = 0,05$)

Además, la remoción del endocarpio (pergamino) permitió incrementar el peso seco en plántulas de un solo genotipo evaluado (resultados expuestos en la Tabla 18), sobresaliendo UNACAF-160 con 0,01 g.

Tabla 18. Efecto de la remoción del endocarpio en el peso seco (g)

Genotipo	Sin endocarpio	Con endocarpio	Mejora en el peso seco de plántula con la remoción del endocarpio
Pacamara (UNACAF-142)	0,11	0,11	0
Geisha (UNACAF-213)	0,13	0,13	0
Caturra rojo (UNACAF-89)	0,12	0,13	-0,01
Caturra amarillo (UNACAF-188)	0,09	0,1	-0,01
Obata IAC 1669-20 (UNACAF-250)	0,12	0,14	-0,02
Pache (UNACAF-29)	0,11	0,11	0
Catimor (UNACAF-160)	0,11	0,1	0,01
Caturra rojo (UNACAF-111)	0,11	0,13	-0,02
Catimor (UNACAF-116)	0,12	0,13	-0,01

4.6. ÍNDICE DE VIGOR DE PLÁNTULA

Para el índice de vigor de plántulas (IVP) a un tiempo de 75 dds, los resultados del análisis de varianza (Anexo 8), presentaron diferencias estadísticas altamente significativas ($p < 0,01$) para el factor genotipo, endocarpio y la interacción de factores (genotipo por endocarpio), siendo esta última condición un indicador de que los niveles del genotipo

fueron influenciados por la presencia y ausencia del endocarpio y viceversa, definiendo a cada factor con un comportamiento dependiente. El coeficiente de variabilidad fue de 21,91%.

El análisis de varianza de los efectos simples (Anexo 9), determino 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 19.

Tabla 19. Promedio de 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 20, indicando una menor calidad de plántulas para estos genotipos a los 75 dds. Asimismo, Julca *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 20. Promedio de 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.

Por otra parte, la remoción del endocarpio (pergamino) permitió incrementar el IVP en plántulas de algunos los genotipos evaluados (Tabla 21), sobresaliendo UNACAF-142 y UNACAF-116 (pacamara y catimor) con 29,77 y 21,47 unidades IVP; opuestamente no

hubo mejoras para el genotipo UNACAF-89. También las semillas sin endocarpio mostraron IVP significativamente mayores que las semillas con endocarpio (33,31 versus 22,71).

Tabla 21. Efecto de la remoción del endocarpio en IVP (unidades)

Genotipo			Sin endocarpio	Con endocarpio	Mejora en el IVP con la remoción del endocarpio
Pacamara (UNACAF-142)			35,82	6,05	29,77
Geisha (UNACAF-213)			26,38	13,9	12,48
Caturra rojo (UNACAF-89)			41,96	46,81	-4,85
Caturra amarillo (UNACAF-188)			32,79	20,37	12,42
Obata	IAC	1669-20	18,2	8,69	9,51
(UNACAF-250)					
Pache (UNACAF-29)			28,72	22,13	6,59
Catimor (UNACAF-160)			22,13	18,85	3,28
Caturra rojo (UNACAF-111)			39,98	35,28	4,7
Catimor (UNACAF-116)			53,79	32,32	21,47
Promedios			33,31 ^a	22,71 ^b	10,6

4.7. PARÁMETROS DE CRECIMIENTO DE PLÁNTULAS DE CAFETO

4.7.1. Área foliar

Para el área foliar de plántulas a un tiempo de 90 ddr, los resultados del análisis de varianza (Anexo 10), no presentaron diferencias estadísticas significativas ($p > 0,05$) para el factor genotipo, endocarpio e interacción de factores (genotipo por endocarpio). Además, el coeficiente de variabilidad fue de 20,66%.

4.7.2. Diámetro de tallo

En la biometría del diámetro de tallo de plantas de café a un tiempo de 90 ddr, el análisis de varianza (Anexo 11), determinó diferencias estadísticas significativas ($p < 0,05$) para el factor genotipo y diferencias estadísticas altamente significativas ($p < 0,01$) para el factor endocarpio; por otro lado, la interacción entre factores (genotipo por endocarpio) no presentó significación estadística ($p > 0,05$): esta condición indica que los niveles del genotipo no fueron influenciados por la presencia y ausencia del endocarpio y viceversa, siendo que los factores tuvieron un comportamiento de independencia. Además, el coeficiente de variabilidad fue de 8,5%.

Los resultados de la prueba de comparación múltiple de medias de Duncan al 0,05 de probabilidad presentados en la Tabla 22, para el factor genotipo, indican que en promedio de semillas con y sin endocarpio, los mayores valores (2,81; 2,73; 2,58; 2,56 y 2,54 mm) se

obtuvieron con los UNACAF's 213, 250, 116, 29 y 111 respectivamente, aunque sin diferencias significativas entre sí. Los genotipos que presentaron los menores valores fueron UNACAF-89, UNACAF-160 y UNACAF-188, con 2,44, 2,40 y 2,38 mm, respectivamente, sin diferencias entre sí, pero diferentes de UNACAF-213 y UNACAF-250; presentando un menor engrosamiento del tallo, menor acumulación de biomasa y menor tamaño de plántula. Cabe agregar, que las pantas de los genotipos UNACAF's 29, 111, 89 y 188 trasladadas a bolsa en estado de mariposa presentaron menor diámetro de tallo frente a plantas trasladadas en fosforito producto de una posible sensibilidad al repique.

Tabla 22. Promedio de diámetro de tallo de plántula para genotipo en promedio de endocarpio

Genotipo	Diámetro de tallo (mm)
Geisha (UNACAF-213)	2,81 ^a
Obata IAC 1669-20 (UNACAF-250)	2,73 ^{ab}
Catimor (UNACAF-116)	2,58 ^{abc}
Pache (UNACAF-29)	2,56 ^{abc}
Caturra rojo (UNACAF-111)	2,54 ^{abc}
Pacamara (UNACAF-142)	2,52 ^{bc}
Caturra rojo (UNACAF-89)	2,44 ^c
Catimor (UNACAF-160)	2,40 ^c
Caturra amarillo (UNACAF-188)	2,38 ^c

Los valores medios con letra(s) distintas difieren estadísticamente (Duncan p = 0,05).

En promedio de genotipos, las semillas con endocarpio tuvieron mayor diámetro de tallo que aquellas sin endocarpio (2,67 y 2,44 mm respectivamente) como se presenta en la Tabla 23. Asimismo, Jara (2017) determino un valor máximo de 3,51 mm y un mínimo valor de 2,74 mm para el diámetro de tallo de plantas de cafeto variedad catimor a los 08 meses después de la siembra, con experimentación de sustrato humus (50%) y tierra agrícola (50%).

Tabla 23. Promedio de diámetro de tallo de plántula para endocarpio en promedio de genotipo

Endocarpio	Diámetro de tallo (mm)
Con	2,67 ^a
Sin	2,44 ^b

Los valores medios con letra(s) distintas difieren estadísticamente (Duncan p = 0,05).

Por otra parte, la remoción del endocarpio (pergamino) no incremento el diámetro de tallo de las plántulas de los genotipos evaluados; como se presenta en la Tabla 24. Probablemente los genotipos estudiados no son eficientes en el engrosamiento de tallo después del repique a bolsas.

Tabla 24. Efecto de la remoción del endocarpio en el diámetro de tallo (mm)

Genotipo	Sin endocarpio	Con endocarpio	Mejora en el diámetro de tallo con la remoción del endocarpio
Pacamara (UNACAF-142)	2,42	2,63	-0,21
Geisha (UNACAF-213)	2,58	3,04	-0,46
Caturra rojo (UNACAF-89)	2,33	2,54	-0,21
Caturra amarillo (UNACAF-188)	2,29	2,46	-0,17
Obata IAC 1669-20 (UNACAF-250)	2,63	2,83	-0,2
Pache (UNACAF-29)	2,38	2,75	-0,37
Catimor (UNACAF-160)	2,33	2,46	-0,13
Caturra rojo (UNACAF-111)	2,42	2,67	-0,25
Catimor (UNACAF-116)	2,54	2,63	-0,09
Promedios	2.44	2.67	- 0.23

4.7.3. Altura de planta

El análisis de varianza de la altura de plantas de café a un tiempo de 90 ddr (Anexo 12), determinó diferencias estadísticas altamente significativas ($p < 0,01$) para el factor genotipo; por el contrario, para el factor endocarpio y la interacción entre factores (genotipo por endocarpio) no se presentaron diferencias estadísticas significativas ($p > 0,05$): esta condición indica que los niveles del genotipo no fueron influenciados por la presencia y ausencia del endocarpio y viceversa, siendo que los factores tuvieron un comportamiento de independencia. El coeficiente de variabilidad fue de 9,13%.

El análisis de comparación múltiple de medias de Duncan al 0,05 de probabilidad, se presenta en la Tabla 25, para el efecto principal del factor genotipo. Los genotipos que mostraron mayores valores promedios de altura de planta fueron UNACAF-250 y UNACAF-213 (obata y geisha) con 10,13 cm y 9,24 cm respectivamente, aunque sin diferencias significativas entre sí. Los genotipos que mostraron menor altura de planta fueron UNACAF-188 y UNACAF-142 con 7,53 cm y 7,22 cm respectivamente y sin diferencias significativas entre sí, presentando una menor elongación del tallo que disminuiría una eventual competición por luz solar. Borjas (2008) estableció un valor máximo de 14,07 cm para la altura de planta de café variedad caturra a los 120 días después del trasplante, con experimentación de fuentes naturales de fertilización, a nivel de vivero. Cabe agregar, que las plantas de los genotipos UNACAFs 111, 29, 89 y 188 trasladadas a bolsa en estado de mariposa presentaron menor altura frente a plantas trasladadas en fosforito producto de una posible sensibilidad al repique.

Tabla 25. Promedio de altura de planta para genotipo en promedio de endocarpio

Genotipo	Altura de planta (cm)
Obata IAC 1669-20 (UNACAF-250)	10,13 ^a
Geisha (UNACAF-213)	9,24 ^{ab}
Catimor (UNACAF-116)	8,94 ^b
Caturra rojo (UNACAF-111)	8,76 ^b
Pache (UNACAF-29)	8,53 ^{bc}
Caturra rojo (UNACAF-89)	8,33 ^{bcd}
Catimor (UNACAF-160)	7,67 ^{cde}
Caturra amarillo (UNACAF-188)	7,53 ^{de}
Pacamara (UNACAF-142)	7,22 ^e

Los valores medios con letra(s) distintas difieren estadísticamente (Duncan $p = 0,05$).

4.7.4. Peso fresco parte área

Los resultados del análisis de varianza del peso fresco de la parte aérea de plantas de café a un tiempo de 90 ddr (Anexo 13), indican que hubo diferencias estadísticas significativas ($p < 0,05$) para el factor genotipo; sin diferencias estadísticas significativas ($p > 0,05$) para el factor endocarpio y la interacción entre factores (genotipo por endocarpio): esta última condición indica que los niveles del genotipo no fueron influenciados por la presencia y ausencia del endocarpio y viceversa. El coeficiente de variabilidad fue de 16,57%.

El análisis de comparación múltiple de medias de Duncan al 0,05 de probabilidad presentado en la Tabla 26, para el efecto principal del factor genotipo, indica que los genotipos que mostraron mayores valores promedios de peso fresco de la parte aérea fueron UNACAF-116, UNACAF-111 y UNACAF-29 (catimor, caturra rojo y pache) con 2,36 g; 2,24 g y 2,24 g respectivamente, sin diferencias significativas entre sí. Además, los genotipos que mostraron menor peso fresco de parte aérea fueron UNACAF-188 y UNACAF-160 con 1,79 g y 1,78 g respectivamente y sin diferencias significativas entre sí: presentando un menor crecimiento y un bajo contenido de agua presente en la parte aérea de la plántula. Ramos (2013) estableció un valor máximo de 13,4 g para la biomasa aérea húmeda de planta de café variedad caturra rojo a los cinco meses después de la siembra, a nivel de vivero.

Tabla 26. Promedio de peso fresco parte aérea para genotipo en promedio de endocarpio

Genotipo	Peso fresco parte aérea (g)
Catimor (UNACAF-116)	2,36 ^a
Caturra rojo (UNACAF-111)	2,24 ^{ab}
Pache (UNACAF-29)	2,24 ^{ab}
Caturra rojo (UNACAF-89)	2,12 ^{abc}
Obata IAC 1669-20 (UNACAF-250)	2,00 ^{abc}
Pacamara (UNACAF-142)	1,86 ^{bc}

Geisha (UNACAF-213)	1,83 ^{bc}
Caturra amarillo (UNACAF-188)	1,79 ^c
Catimor (UNACAF-160)	1,78 ^c

Los valores medios con letra(s) distintas difieren estadísticamente (Duncan p = 0,05).

4.7.5. Peso fresco de raíz

El ANVA del peso fresco de raíz de plantas de cafeto a un tiempo de 90 ddr, (Anexo 14) indica la existencia de diferencias estadísticas altamente significativas ($p < 0,01$) para los factores genotipo y endocarpio; mas no así para la interacción de factores (genotipo por endocarpio) ($p > 0,05$). Esta última condición, indica que los genotipos no fueron influenciados por la presencia y ausencia del endocarpio y viceversa. El coeficiente de variabilidad fue de 19,53%.

En la Tabla 27 se presentan los resultados de las pruebas de comparación múltiple de medias de Duncan al 0,05% de probabilidad, para los efectos principales de los factores genotipo y endocarpio. Para el factor genotipo los mayores pesos promedio fueron de UNACAF-116, UNACAF-111 y UNACAF-29 (catimor, caturra rojo y pache) con 1,27 g; 1,12 g y 1,01 g respectivamente, sin diferencias significativas entre el primero y el segundo, pero si entre el primero y el tercero. Los genotipos que mostraron menor peso fresco de raíz fueron UNACAF-213, UNACAF-250 y UNACAF-160 con 0,86 g; 0,78 g y 0,77 g respectivamente, sin diferencias significativas entre sí. Esto evidencia un menor crecimiento radical y bajo contenido de agua en las raíces. Con referencia a lo anterior, Ramos (2013) estableció un valor máximo de 5,41 g para la biomasa radical húmeda de planta de cafeto variedad caturra rojo a los cinco meses después de la siembra, a nivel de vivero.

Tabla 27. Promedio de peso fresco de raíz para genotipo en promedio de endocarpio

Genotipo	Peso fresco de raíz (g)
Catimor (UNACAF-116)	1,27 ^a
Caturra rojo (UNACAF-111)	1,12 ^{ab}
Pache (UNACAF-29)	1,01 ^{bc}
Caturra rojo (UNACAF-89)	1,00 ^{bc}
Caturra amarillo (UNACAF-188)	0,93 ^{bc}
Pacamara (UNACAF-142)	0,9 ^{bc}
Geisha (UNACAF-213)	0,86 ^c
Obata IAC 1669-20 (UNACAF-250)	0,78 ^c
Catimor (UNACAF-160)	0,77 ^c

Los valores medios con letra(s) distintas difieren estadísticamente (Duncan p = 0,05).

También, en promedio de genotipos, las semillas sin endocarpio tuvieron mayor peso fresco de raíz que aquellas con endocarpio (1,04 y 0,88 respectivamente) como se indica en la Tabla 28.

Tabla 28. Promedio de peso fresco de raíz para endocarpio en promedio de genotipo

Endocarpio	Peso fresco de raíz (g)
Sin	1,04 ^a
Con	0,88 ^b

Los valores medios con letra(s) distintas difieren estadísticamente (Duncan $p = 0,05$).

4.7.6. Peso seco parte aérea

Los resultados del ANVA para peso seco parte aérea de plantas de cafeto a un tiempo de 90 ddr, (Anexo 15), indica que existen diferencias estadísticas significativas ($p < 0,05$) para el factor genotipo, mas no así para el factor endocarpio ni para la interacción de factores (genotipo por endocarpio ($p > 0,05$)). El coeficiente de variabilidad fue de 15,18%.

En la Tabla 29 se presentan los resultados de las pruebas de comparación múltiple de medias de Duncan al 0,05 de probabilidad, para el efecto principal del factor genotipo; siendo los mayores pesos seco de la parte aérea promedio para UNACAF-116, UNACAF-29 y UNACAF-111 (catimor, pache y caturra rojo) con 0,53 g; 0,51 g y 0,50 g respectivamente, sin diferencias significativas entre sí. Además, los genotipos que mostraron menor peso seco de la parte aérea fueron UNACAF-160, UNACAF-213 y UNACAF-142 con 0,41 g; 0,41 g y 0,41 g respectivamente y sin diferencias significativas entre sí, demostrando un menor crecimiento autosostenible como respuesta de su potencial de fotosíntesis. Para las consideraciones que anteceden, Gebreselassie *et al.* (2010) determinaron un valor máximo de 0,552 g para la materia seca aérea de planta de cafeto variedad 74-40 a los seis meses después de la siembra, a nivel de vivero.

Tabla 29. Promedio de peso seco parte aérea para genotipo en promedio de endocarpio

Genotipo	Peso seco parte aérea (g)
Catimor (UNACAF-116)	0,53 ^a
Pache (UNACAF-29)	0,51 ^{ab}
Caturra rojo (UNACAF-111)	0,5 ^{ab}
Caturra rojo (UNACAF-89)	0,48 ^{abc}
Obata IAC 1669-20 (UNACAF-250)	0,46 ^{abc}
Caturra amarillo (UNACAF-188)	0,42 ^{bc}
Catimor (UNACAF-160)	0,41 ^c
Geisha (UNACAF-213)	0,41 ^c
Pacamara (UNACAF-142)	0,41 ^c

Los valores medios con letra(s) distintas difieren estadísticamente (Duncan $p = 0,05$).

4.7.7. Peso seco de raíz

En el Anexo 16 se presentan los resultados del ANVA para peso seco de raíz en plantas de café a un tiempo de 90 ddr, los cuales indican que existen diferencias estadísticas significativas ($p < 0,05$) para el factor genotipo, mas no para el factor endocarpio ni para la interacción de factores (genotipo por endocarpio). El coeficiente de variabilidad fue de 17,39%.

En la Tabla 30 se presentan los resultados de las pruebas de comparación múltiple de medias de Duncan al 0,05 de probabilidad, para el efecto principal del factor genotipo; siendo los mayores pesos seco de raíz promedio para UNACAF-116, UNACAF-29 y UNACAF-111 (catimor, pache y caturra rojo) con 0,16 g; 0,15 g y 0,14 g respectivamente, sin diferencias significativas entre sí. Además, los genotipos que mostraron menor peso seco de la parte aérea fueron UNACAF-213, UNACAF-160 y UNACAF-250 con 0,12 g; 0,12 g y 0,12 g respectivamente, mostrando un menor crecimiento autosostenible, con respuesta potencial a una menor colonización de espacios del suelo e interseptación de nutrientes y fuentes de agua. Gebreselassie *et al.* (2010) establecieron un valor máximo de 0,183 g para la materia seca de raíz de planta de café variedad 74-40, a los seis meses después de la siembra, a nivel de vivero.

Tabla 30. Promedio de peso seco de raíz para genotipo en promedio de endocarpio

Genotipo	Peso seco de la raíz (g)
Catimor (UNACAF-116)	0,16 ^a
Pache (UNACAF-29)	0,15 ^{ab}
Caturra rojo (UNACAF-111)	0,14 ^{abc}
Caturra rojo (UNACAF-89)	0,13 ^{abc}
Caturra amarillo (UNACAF-188)	0,13 ^{bc}
Pacamara (UNACAF-142)	0,12 ^{bc}
Geisha (UNACAF-213)	0,12 ^{bc}
Catimor (UNACAF-160)	0,12 ^{bc}
Obata IAC 1699-20 (UNACAF-250)	0,12 ^c

Los valores medios con letra(s) distintas difieren estadísticamente (Duncan $p = 0,05$).

4.7.8. Volumen de raíz

La determinación del volumen de raíz en plantas de café a un tiempo de 90 ddr, presentó un análisis de varianza (Anexo 17), con diferencias estadísticas altamente significativas ($p < 0,01$) para los factores genotipo y endocarpio; por el contrario, para la interacción de factores (genotipo por endocarpio) no hubo diferencia estadística significancia ($p > 0,05$): esta última condición indica que los niveles del genotipo no fueron influenciados por la

presencia y ausencia del endocarpio y viceversa, siendo que los factores tuvieron un comportamiento independiente, estadísticamente. El coeficiente de variabilidad fue de 22,81%.

En la Tabla 31 se presentan los resultados de las pruebas de comparación múltiple de medias de Duncan al 0,05 de probabilidad, para los efectos principales de los factores genotipo y endocarpio. Para el factor genotipo los mayores volúmenes de raíz promedio fueron de UNACAF-116, UNACAF-111 y UNACAF-188 (catimor, caturra rojo y caturra amarillo) con 1,25 ml; 1,07 ml y 1,02 ml respectivamente, sin diferencias significativas entre sí. Además, los genotipos que mostraron menor volumen de raíz fueron UNACAF-160 y UNACAF-250 con 0,78 ml y 0,68 ml; evidenciando un menor crecimiento y contacto radicular con el suelo, con potencial disminución de la ramificación, anclaje de las raíces y disposición de los recursos del sustrato (agua y nutrientes).

Tabla 31. Promedio de volumen de raíz para genotipo en promedio de endocarpio

Genotipo	Volumen de raíz (ml)
Catimor (UNACAF-116)	1,25 ^a
Caturra rojo (UNACAF-111)	1,07 ^{ab}
Caturra amarillo (UNACAF-188)	1,02 ^{abc}
Caturra rojo (UNACAF-89)	0,96 ^{bcd}
Pache (UNACAF-29)	0,93 ^{bcd}
Geisha (UNACAF-213)	0,86 ^{bcd}
Pacamara (UNACAF-142)	0,80 ^{bcd}
Catimor (UNACAF-160)	0,78 ^{cd}
Obata IAC 1669-20 (UNACAF-250)	0,68 ^d

Los valores medios con letra(s) distintas difieren estadísticamente (Duncan p = 0,05).

También, en promedio de genotipos, las semillas sin endocarpio tuvieron mayor volumen de raíz que aquellas con endocarpio (1,03 y 0,82 ml respectivamente) como se presenta en la Tabla 32. 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.

Tabla 32. Promedio de volumen de la raíz para endocarpio en promedio de genotipo

Endocarpio	Volumen de la raíz (ml)
Sin	1,03 ^a
Con	0,82 ^b

Los valores medios con letra(s) distintas difieren estadísticamente (Duncan p = 0,05).

4.8. FENOLOGÍA DEL CAFETO AL PRIMER MES DESDE EL REPIQUE

4.8.1. Estado principal de crecimiento 0: germinación

A. Estado secundario 07: hipocótilo sobresale del suelo

Los resultados del ANVA para el estado secundario 07: hipocótilo sobresale del suelo a un tiempo de 48 dds (Anexo 18), indica que existen diferencias estadísticas significativas ($p < 0,05$) para el factor genotipo; con diferencias estadísticas altamente significativas ($p < 0,01$) para el factor endocarpio y mas no para la interacción de factores genotipo por endocarpio ($p > 0,05$). El coeficiente de variabilidad fue de 27,17%.

Asimismo, en el germinador (300 semillas sembradas por genotipo: 150 con endocarpio y 150 sin endocarpio) se observó la emergencia de hipocótilos para los 9 genotipos. Los UNACAF's 89, 188 y 142 (caturra rojo, caturra amarillo y pacamara), presentaron mayores números de hipocótilos emergidos (2, 2 y 2 respectivamente), como se muestra en la Tabla 33.

Tabla 33. Promedio de numero de hipocótilos que sobresalen del sustrato para genotipo en promedio de endocarpio

Genotipo	Nº de hipocótilos, 48 dds
Caturra rojo (UNACAF-89)	2 ^a
Caturra amarillo (UNACAF-188)	2 ^{ab}
Pacamara (UNACAF-142)	2 ^{abc}
Catimor (UNACAF-116)	1 ^{abc}
Geisha (UNACAF-213)	1 ^{bc}
Pache (UNACAF-29)	1 ^{bc}
Caturra rojo (UNACAF-111)	1 ^{bc}
Obata IAC 1669-20(UNACAF-250)	0 ^c
Catimor (UNACAF-160)	0 ^c

Los valores medios con letra(s) distintas difieren estadísticamente (Duncan $p = 0,05$).

También, en promedio de genotipos, las semillas sin endocarpio tuvieron mayor número de plantas en el estado secundario 07 que aquellas con endocarpio (2 y 0 respectivamente) como se muestra en la Tabla 34. Con estos resultados se puede indicar que hubo un efecto de la remoción del endocarpio en el mayor número de hipocotilos observados para el estado secundario 07 de la escala BBCH de cada genotipo evaluado.

Tabla 34. Promedio de numero de hipocótilos que sobresalen del sustrato para endocarpio en promedio de genotipo

Endocarpio	Nº de hipocótilos, 48 dds
Sin	2 ^a

B. Estado secundario 09: emergencia, las semillas han surgido desde el suelo

Los resultados del ANVA para el estado secundario 09: emergencia, las semillas han surgido desde el suelo a un tiempo de 54 dds, (Anexo 19), indica que existen diferencias estadísticas altamente significativas ($p < 0,01$) para los factores genotipo, endocarpio e interacción de factores genotipo por endocarpio. El coeficiente de variabilidad fue de 27,68%.

Asimismo, el análisis de efectos simples (Anexo 20), 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 35.

Tabla 35. Promedio de 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.

También, en promedio de genotipos, las semillas sin endocarpio tuvieron mayor número de plantas en el estado secundario 09 que aquellas con endocarpio (2,77 y 1,53 respectivamente) (Tabla 36). Posiblemente los genotipos con mayor número de semillas emergidas almacenan esta característica fenotípica en su genoma, que fue mejorado con la remoción del endocarpio. Además, IICA (2019) menciona que transcurrido 45 a 60 días después de la siembra, las plántulas alcanzan la etapa de fosforito.

Tabla 36. Promedio de número de semillas que sobresalen del sustrato para endocarpio en promedio de genotipo

Endocarpio	Nº de semillas por encima del sustrato, 54 dds
Sin	2,77 ^a

Endocarpio	N° de semillas por encima del sustrato, 54 dds
Con	1,53 ^b

Los valores medios con letra(s) distintas difieren estadísticamente (Duncan p = 0,05).

4.8.2. Estado principal de crecimiento 1: desarrollo de la hoja, en el tallo de la planta de almácigo

A. Estado secundario 10: cotiledones completamente abiertos

Los resultados del ANVA para el estado secundario 10: cotiledones completamente abiertos a un tiempo de 72 dds (Anexo 21), indica que existen diferencias estadísticas altamente significativas ($p < 0,01$) para el factor genotipo, endocarpio e interacción de factores genotipo por endocarpio. El coeficiente de variabilidad fue de 25,44%.

Además, el análisis de efectos simples (Anexo 22), 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 37.

Tabla 37. Promedio de número de plantas con cotiledones abiertos para la interacción genotipo por sin endocarpio

Genotipo x sin endocarpio	N° 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

Los valores medios con letra(s) distintas difieren estadísticamente (Duncan p = 0,05). SE: sin endocarpio.

El genotipo UNACAF-89 (caturra rojo) con mayor número de plantas con cotiledones abiertos, posiblemente haya tenido una mejor acumulación de unidades térmicas en base a la temperatura ambiente que aceleró su desarrollo. De igual manera, Arcila *et al.* (2007) mencionan que desde la siembra de la semilla hasta el estado de mariposa transcurren entre 65 y 75 días. También, en promedio de genotipos, las semillas sin endocarpio tuvieron mayor número de plantas en el estado secundario 10 que aquellas con endocarpio (2,05 y 1,26 respectivamente) (Tabla 38).

Tabla 38. Promedio de número de plantas con cotiledones abiertos para endocarpio en promedio de genotipo

Endocarpio	N° de plantas con cotiledones abiertos, 72 dds
Sin	2,05 ^a
Con	1,26 ^b

Los valores medios con letra(s) distintas difieren estadísticamente (Duncan $p = 0,05$).

B. Estado secundario 11: primer par de hojas abiertas

Los resultados del ANVA para el estado secundario 11: primer par de hojas abiertas a un tiempo de 30 ddr, (Anexo 23), indica que no existen diferencias estadísticas significativas ($p > 0,05$) para el factor genotipo, endocarpio e interacción de factores genotipo por endocarpio. El coeficiente de variabilidad fue de 18,2%.

Además, en almacigo (96 plántulas por genotipo: 48 con endocarpio y 48 sin endocarpio) se observó primer par de hojas completamente abiertas para los 9 genotipos; en síntesis, todos los genotipos presentaron uniformidad estadística en el porcentaje de plántulas con primer par de hojas a los 30 ddr, como se detalla en la Tabla 39. Este resultado de uniformidad posiblemente se haya dado por una aceptación favorable de los genotipos a las condiciones de temperatura, altitud, humedad relativa y horas de sol del lugar del experimento. Además, Arcila *et al.* (2007) mencionan que a los dos meses después de la germinación, la planta forma el primer par de hojas verdaderas en la fase de almacigo.

Tabla 39. Número de plantas con primer par de hojas

Genotipo	Endocarpio	N° de plántulas con primer par de hojas, 30 ddr
Pacamara (UNACAF-142)	Presente	9 (75%)
	Removido	9 (75%)
Geisha (UNACAF-213)	Presente	9 (75%)
	Removido	11 (91,66%)
Caturra rojo (UNACAF-89)	Presente	8 (66,66%)
	Removido	11 (91,66%)
Caturra amarillo (UNACAF-188)	Presente	8 (66,66%)
	Removido	10 (83,33%)
Obata IAC 1669-20 (UNACAF-250)	Presente	6 (50%)
	Removido	11 (91,66%)
Pache (UNACAF-29)	Presente	9 (75%)
	Removido	8 (66,66%)
Catimor (UNACAF-160)	Presente	7 (58,33%)
	Removido	7 (58,33%)
Caturra rojo (UNACAF-111)	Presente	12 (100%)
	Removido	11 (91,66%)
Catimor (UNACAF-116)	Presente	9 (75%)

4.9. PRESENCIA DE ROYA AMARILLA

Las plantas 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)] no presentaron síntomas de roya amarilla (manchas pulverulentas de color amarillo a naranja en el envés de las hojas) a los 90 ddr, como se observa en la Figura 11. Probablemente las sintomatologías no se manifestaron porque las condiciones ambientales (promedios anuales para temperatura 18,54 °C, humedad relativa 84,55% y precipitación 145,12 mm/mes respectivamente) en que se experimentaron no fueron propicias, en tal sentido SENASA (s.f.) menciona que las temperaturas óptimas para el desarrollo de inoculo son de 21 a 25 °C; asimismo, humedades relativas nocturnas mayores a 90%, estas condiciones predisponen a una potencial susceptibilidad de las plantas a este patógeno (Gamarra *et al.* 2015). Adicionalmente, Figueroa *et al.* (1998) mencionan que las condiciones de almácigos y viveros, son favorables para la enfermedad. También, Toniutti *et al.* (2017), demostraron que un régimen de temperatura de 27-22 °C ocasionaba una esporulación 2000 veces mayor que con el régimen de 23-18 °C, este último régimen de temperatura fue el que aproximadamente se tuvo durante el ensayo.



Figura 11. Genotipos de cafetos evaluados frente a roya amarilla (se evaluaron 96 plantas por genotipo) no muestran presencia de síntomas del patógeno (*H. vastatrix*)

V. CONCLUSIONES

Bajo las condiciones imperantes durante la conducción del presente trabajo experimental se llega a las siguientes conclusiones:

- ❖ El efecto del genotipo muestra valores mayores para las variables evaluadas: porcentaje de emergencia (UNACAF-89 con 57%), tasa de emergencia (UNACAF-188 y 89 con 1,17 y 1,1 plantas/día), ritmo de crecimiento (UNACAF-89 y 250 con 4,04 y 4,01 mm/semana), peso fresco de planta (UNACAF-116 con 0,64 g), peso seco de plántula (UNACAF-250 y 213 ambos con 0,13 g), diámetro de tallo (UNACAF-213 con 2,81 mm), altura de planta (UNACAF-250 con 10,13 cm), peso fresco parte aérea (UNACAF-116 con 2,36 g), peso fresco de raíz (UNACAF-116 con 1,27 g), peso seco parte aérea (UNACAF-116 con 0,53 g), peso seco de raíz (UNACAF-116 con 0,16 g), volumen de raíz (UNACAF-116 con 1,25 ml) y estado secundario 07 (UNACAF-89 con 2 plantas en promedio).
- ❖ Los mejores resultados del efecto del endocarpio en las variables evaluadas fueron: porcentaje de emergencia (sin presencia de endocarpio 43,56%), tasa de emergencia (sin presencia de endocarpio 1,7 plantas/día), diámetro de tallo (con presencia de endocarpio 2,67 mm), peso fresco de raíz (sin presencia de endocarpio 1,04 g), volumen de raíz (sin presencia de endocarpio 1,03 ml) 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 con endocarpio 53,79 y sin endocarpio 32,32), estado secundario 09 (UNACAF's 89 y 116 con mayor número de plantas 17 y 17) y para el estado secundario 10 (UNACAF-89 con mayor número de plantas 15).

VI. RECOMENDACIONES

Realizar experimentos para evaluar:

- ❖ Tratamiento pregerminativo del tiempo de remojo de semillas con y sin endocarpio para su emergencia.
- ❖ Determinar la influencia del tiempo de almacenamiento y contenido de humedad de semillas sobre la calidad de plántulas de los nueve genotipos.
- ❖ Estudiar el desarrollo radicular y vegetativo con diferentes tamaños de semilla en diferentes substratos y envases para su comparación entre genotipos.
- ❖ Pruebas de resistencia a la roya amarilla (*H. vastatrix*) en condiciones de campo.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adjet T. y Solomon, L. 1982. Some research methods in agronomy and crop physiology. Institute of Agricultural Research. Addis Ababa, Etiopia.
- Agrios, G. 2005. Fitopatología. Universidad de Florida. Estados Unidos. 486 p.
- Aliaga, J. y Bermúdez, J. 1984. Manual práctico del cafetalero. Capítulo I - La semilla. 15 p.
- Alvarado H. 2016. Caracterización agronómica de 95 accesiones de café en el banco de germoplasma en San Ramón, Chanchamayo, año 2016. Lima, Perú. Universidad Nacional Agraria La Molina. 186 p.
- Anthony, F., Combes, M. C., Astorga, C., Bertrand, B., Graziosi, G., and Lashermes, P. 2002. The origin of cultivated *Coffea arabica* L. varieties revealed by AFLP and SSR markers. Theoretical & Applied Genetics 104: 894 – 900 p.
- Antoninho D., Marcal D., Marquez P. y Sinicio, P. 1991. Secado de granos: natural, solar y a bajas temperaturas. Organización para la Seguridad Alimentaria. Chile, Santiago. 104 p.
- AOSA (Asociación Oficial para el Análisis de Semillas). 1983. Manual de prueba del vigor de semillas. Estados Unidos.
- Arcila P. 1976. Influencia de la temperatura de secado en la germinación de las semillas de café. Centro Nacional de Investigaciones de Café – CENICAFE. Colombia. 1 p.
- Arcila P. 1985. Fisiología de la semilla del cafeto. Indicadores de la germinación de la semilla de café en condiciones de laboratorio. Centro Nacional de Investigaciones de Café - CENICAFE. Chinchiná. Colombia. 60 p.
- Arcila P., 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. Boletín técnico Cenicafé N° 23. 1 – 31 p.
- Arcila P., Farfán V., Moreno B., Salazar G. e Hincapié G. 2007. Sistemas de producción de café en Colombia. Centro Nacional de Investigaciones de Café. Colombia. 35 p.
- Arias B. 1987. Pruebas rápidas para determinar la viabilidad y/o vigor de la semilla de café. Universidad de Caldas. Colombia, Manizales. 152 p.
- Arnaéz S. y Moreira G. 1996. Recolección y manejo de semillas forestales. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). Costa Rica, Turrialba. 247 p.
- Baraona, M. y Sancho, E. 1991. Fruticultura general – fruticultura I. Segunda edición. Editorial Universidad Estatal a Distancia. San José, Costa Rica. 159 p.

- Barboza, R. y Herrera, J. 1990. El vigor en la semilla de café y su relación con la temperatura de secado, el contenido de humedad y las condiciones de almacenamiento. Universidad de Costa Rica. San José. 7 p.
- Bello R.; Daza H.; Forero S.; Linares B. y Lesmes V. 2016. Evaluación de tratamientos pre-germinativos en semillas de café (*Coffea arabica* L.) variedad Castillo. Revista SENNOVA. Vol. 2 N° 1. 136 – 161 p.
- Berjak, P., Farrant, J. y Pammenter N. 1989. The Basis of Seed Recalcitrance Behaviour. Plenum Press, New York. 470 p.
- Bewley, J. y Black, M. 1994. Seeds: Physiology of Development and Germination. Plenum Press, Nueva York. 445 p.
- Blas S. Cruz J. Bello A. Borjas V. Talaverano T. Echevarria A. Crespo C. Guterrez W. Flores T. Alvarez A. Sanchez N. y Julca O. 2011. Caracterización del germoplasma peruano de café. Universidad Nacional Agraria La Molina – Departamento de Fitotecnia. Lima, Perú. 41 – 57 p.
- Borjas V. 2008. Uso de fuentes naturales en la fertilización del café (*Coffea arabica*) var. Caturra en vivero como base para la producción orgánica en la selva central del Perú. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú. 56 p.
- Caixeta, I.; Alvarenga, G. 1981. Maturacao fisiológica da semente do cafeeiro *Coffea arabica* L. cv. Mundo Novo. Ciencia e Prática 5(1): 48 – 54 p.
- Casini, C.; Craviotto, R y Giancola, S. 2008. Calidad de la semilla en el cultivo de soja en la Argentina. Ediciones INTA.
- CENICAFE (Centro Nacional de Investigaciones de Café). 2013. Manual del cafetero colombiano investigación y tecnología para la sostenibilidad de la caficultura. Tomo I. Colombia. 159 p.
- Cerovich M. y Miranda, F. 2004. Almacenamiento de semillas estrategia básica para la seguridad alimentaria. Revista Digital del Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias de Venezuela CENIAP HOY N° 4. Maracay, Venezuela.
- Coa, U., Mendez N., Silva A. y Mundarain P. 2014. Evaluación de métodos químicos y mecánicos para promover la germinación de semillas y producción de fosforitos en café (*Coffea arabica*) var. Catuaí Rojo. Universidad de Oriente. Venezuela. 12 p.
- Coste, R. 1992. Coffee: The Plant and the Product. The Macmillan Press LTD.
- De Oliveira G. 2001. Conservación de semillas de cafeto: resultados discordantes o complementarios. Universidad de Sao Paulo. Brasil. 6 p.

- Eira, M.; Da Silva, A.; De Castro, R.; Dussert, S.; Walters, C.; Bewley, D. y Hilhorts, H. 2006. Coffee seed physiology. *Braz. J. Plant Physiol.*, 18 (1): 149 – 163 p.
- Farrant, J., Pammenter, N. y Berjak, P. 1993. Seed development in relation to desiccation tolerance: A comparison between desiccation sensitive recalcitrant seeds of *Avicennia marina*, and desiccation tolerant types. *Seed Science Research* 3: 1 – 13 p.
- Ferwerda, F. P. 1976. Coffee. in N.W. Simpsons, ed. *Evolution of crop plants*. Longman, London. Pp. 257 – 260 p.
- Figueroa R. 1994. *La caficultura en el Perú*. Lima, Perú. 202 p.
- Figueroa Z.; Fischersworing H. y Rosskamp R. 1998. *Guía para la caficultura ecológica: café orgánico*. Edit. Novella Publigráf S.R.L. Perú. 176 p.
- Gamarra G., Torres S., Casas S. y Riveros I. 2015. Caracterización y manejo integrado de la roya amarilla del café en selva central del Perú. *Revista CONVICCIONES* Vol. 2 N° 1. 6 – 17 p.
- Gebreselassie, W.; Mohammed, A. y 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 p.
- Gómez, O. 2010. *Guía para la innovación de la caficultura: de lo convencional a lo orgánico*. San Salvador, El Salvador. 122 p.
- Huxley, P. 1964. Some factors which can regulate germination and influence viability of coffee seeds. *Proceedings International Seed Testing Association* 29: 33 – 57 p.
- IICA (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura). 2019. *Manual de producción sostenible de café*. República Dominicana. 105 p.
- INEI (Instituto Nacional de Estadística e Informática). 2012. *Resultados definitivos del IV censo nacional agropecuario*. 63 p.
- INIAP (Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias). 1993. *Manual del cultivo de café*. Quevedo, Ecuador. 256 p.
- ISTA (The International Seed Testing Association) 1985. *International Rules for Seed Testing*. Zürichstr. 50, CH-8303 Bassersdorf, Switzerland. 457 p.
- James, J.J., Svejcar, T.J. y Rinella M.J. (2011). Demographic processes limiting seedling recruitment in arid grassland restoration. *Journal of Applied Ecology* 48: 961-969
- Jara D. 2017. Efecto de dos fuentes de materia orgánica en la producción de plantones de café (*Coffea arabica*) en el caserío nuevo amazonas, distrito Yamón, provincia

- Utcubamba – Amazonas. Universidad Nacional “Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas. 57 p.
- Julca O. Blas S. Cruz J. Bello A. Borjas V. Talaverano, D. Anahui, J. Carlos F. Antonio T. y Guerreiro F. 2011. Introducción de variedades de café desde el Brasil. Universidad Nacional Agraria La Molina – Departamento de Fitotecnia. Lima, Perú. 26 p.
- Julca O. Solano A. y Crespo C. 2002. Crecimiento de *Coffea arabica* variedad Caturra amarillo en almácigos con sustratos orgánicos en Chanchamayo, selva central del Perú. Invest. Agr.: Prod. Prot. Veg. Vol. 17 (3). 353 – 365 p.
- Kameswara R., Hanson, J., Ehsan D., Ghosh, K., Nowell, D. y Larinde, M. 2007. Manual para el manejo de semillas en bancos de germoplasma. Organización Biodiversidad Internacional. Roma, Italia. 182 p.
- Kharb R.P.S., Lather B.P.S. y Deswal D.P. 1994. Prediction of field emergence through heritability and genetic advance of vigour parameters. Seed Science & Technology. Vol. 22: 461 – 466 p.
- King, M. y Roberts, E. 1979. The Storage of Recalcitrant Seeds: Achievements and Possible Approaches: a Report on a Literature Review Carried Out for the International Board for Plant Genetic Resources. 96 p.
- Kramer, D.; Breitenstein, B.; Kleinwachter, M. y Selmar, D. 2010. Stress metabolism in green coffee beans (*Coffea arabica* L.): expression of dehydrins and accumulation of GABA during drying. Plant Cell Physiol. 51(4): 546 – 553 p.
- Magnitskiy, S y Plaza, G. 2007. Fisiología de semillas recalcitrantes de árboles tropicales. Universidad Nacional de Colombia. 8 p.
- Maguire, J.D. 1962. Speed of Germination—Aid In Selection And Evaluation for Seedling Emergence And Vigor 1. Crop Science 2(2):176–177. doi: 10.2135/cropsci1962.0011183X000200020033x.
- Manrique E, R. 2010. Módulo 1: establecimiento de cultivo y levante de socas. Universidad de Pamplona. <https://bit.ly/3FnWqc6>
- Marques N.; Gomes R.; Nery C.; Ramalho F.; Resende V.; Oliveira P. y Teixeira F. 2016. Viability and enzyme activity of coffee seeds subjected to LERCAFE test. African Journal of Agricultural Research. Vol. 11(15). 1282 – 1288 p.
- Medina E. 1977. Introducción a la ecofisiología vegetal. Secretaría General de la Organización de los Estados Unidos Americanos, Washington.

- MINAGRI (Ministerio de Agricultura y Riego). 2014. Plan nacional de renovación de cafetales. Lima, Perú. 23 p.
- Oestreich J. 2010. Chemistry of coffee. Chemistry and Biology Volume 3. 1085 – 1117 p.
- Ortuño, M. y Salinas, V. 2009. Proyecto de procesamiento y comercialización de café ecológico en la parroquia San Antonio de las Aradas, cantón Quilanga, provincia de Loja para el año 2011. Tesis de grado. Ecuador. 182 p.
- Pedroza, H. y Dicovskyi, L. 2006. Sistema de análisis estadístico con SPSS. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. Managua, Nicaragua. 152 p.
- Pérez G. y Pita V. 2006. Viabilidad, vigor, longevidad y conservación de semillas. Universidad Politécnica de Madrid. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Madrid España. 16 p.
- Poisson, J. 1977. Aspectos químicos y biológicos de la composición del café. Paris. 57 p.
- Probert, R.; Manger, K. y Adams, J. 2003. Seed conservation: turning science into practice: Royal Botanic Gardens, Kew. 337 – 365 p.
- Quintero H. 1968. Determinación del poder germinativo de semillas de café (*Coffea arabica* L. var. Borbón) bajo diferentes pruebas. Manizales, Universidad de Caldas. Facultad de Agronomía, 1968. 41 p.
- Quispe A. 2019. Resistencia a la roya amarilla (*Hemileia vastatrix* Berk. & Broome) en el café (*Coffea* spp.) a través de estudios moleculares. Universidad Nacional Agraria La Molina, Escuela de Posgrado. Lima, Perú. 19 – 20 p.
- Ramos P. 2013. Efecto de ácido húmico y el hongo *Trichoderma harzianum* en el desarrollo radicular y vegetativo de plántulas de café (*Coffea arabica* L.) var. caturra rojo en el distrito de San Luis de Shuaro – Chanchamayo. Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión. 46 p.
- Rangel F., Córdova T., López A., Delgado A., Zavaleta M. y Villegas M. 2011. Tolerancia a la desecación en semillas de tres orígenes genéticos de cacao (*Theobroma cacao* L.). Rev. Fitotec. Mex. Vol. 34 (3): 175 – 182 p.
- Rincón S. 1982. Manual para el cultivo del café. Manual Práctico. Tercera edición. Bogotá, Colombia.
- Rodríguez, I., Adam, G., Durán, J.M. 2008. Ensayos de germinación y análisis de viabilidad y vigor en semillas. Agricultura. Revista Agropecuaria. Vol. 789: 836 – 842 p.
- Sadeghian K y Zapata H. 2014. Crecimiento de café (*Coffea arabica* L.) durante la etapa de almácigo en respuesta a la salinidad generada por fertilizantes. Revista de Ciencias Agrícolas 2014, 31 (2). 40 – 50 p.

- Salamanca J. y Sadeghiakh K. 2008. Almacigo de café con distintas proporciones de lombrinaza en suelos con diferente contenido de materia orgánica. CENICAFE, 59 (2). 91 – 102 p.
- Salazar S. 2012. Calidad fisiológica de semillas de tres especies de gramíneas forrajeras introducidas. Universidad Autónoma Agraria Antonio Navarro. Buenavista, México. 66 p.
- Salinas, A., Yoldjian, A., Craviotto, R. y Bisaro, V. 2001. Pruebas de vigor y calidad fisiológica de semillas de soja. Pesq. Agropec. Bras. Brasilia 36: 371 – 379 p.
- Samson, J. 1991. Fruticultura tropical. Primera Edición. Editorial Limusa. México. 395 p.
- Sanabria, D., Silva, R., Oliveros, M. y Manrique, U. 2004. Germinación de semillas de las leguminosas arbustivas forrajeras *Cratylia argentea* y *Cassia moschata* sometidas a inmersión en ácido sulfúrico. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas. Venezuela, Maturín. 7 p.
- Sanchez A. 2009. Efecto del secado en semillas de papaya (*Carica papaya* L.) en la calidad a través del tiempo. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. México. 51 p.
- SENAMHI (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú). 2019. Datos Hidrometeorológicos a nivel nacional (en línea, sitio web). Consultado 13 abr. 2021. Disponible en <https://www.senamhi.gob.pe/?&p=estaciones>
- SENASA (Servicio Nacional de Sanidad Agraria). (s.f.). Roya amarilla del café. (en línea, sitio web). Consultado 20 abr. 2021. Disponible en <https://www.senasa.gob.pe/senasa/roya-amarilla-del-cafe-2/>
- Silva D.; Fontes A.; Fernandes D.; Sigueyuki S. y Celestino M. 2010. LERCAFÉ: novo teste para estimar o potencial germinativo de sementes de cafeeiro (*Coffea arabica* L.). Revista Brasileira de Sementes. Vol. 32, Nº 1. 9 – 16 p.
- Toniutti, L., Breitler, J.C., Etienne, H., Campa, C., Doulebeau, S., Urban, L., Lambot, Ch., Pinilla, J.C.H. y Bertrand, B. 2017. Influence of environmental conditions and genetic background of arabica coffee (*C. arabica* L) on leaf rust (*Hemileia vastatrix*) pathogenesis. Frontiers in Plant Science. Vol 8, 1-12 p. <https://dx.doi.org/10.3389%2Ffpls.2017.02025>
- UPOV (Unión Internacional para la Protección de las Obtenciones Vegetales). (s.f.). ¿Qué es una variedad vegetal? (en línea, sitio web). Consultado 08 abr. 2021. Disponible en <https://www.upov.int/overview/es/variety.html>

- Urbaneja S. y Quijada, M. 2006. Evaluación de diferentes tratamientos en pregerminación de café para la obtención de plántulas. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas. Caripe, Venezuela. 38 p.
- Valdecir A.; Dalpascuale, D.; Marcal, Q.; Marquez P. y Sincio R. 1991. Secado de granos natural, solar y a bajas temperaturas. Centro Nacional de Treinamento em Armazenagem – Centreinar. Santiago, Chile. 90 p.
- Valencia A. 1970. Tratamientos para acelerar la germinación de la semilla de café. Revista Cafetera de Colombia. 19(146): 55 – 59 p.
- Valio I. 1980. Inhibition of germination of coffee seeds (*Coffea arabica* L. cv. Mundo Novo) by the endocarp. J. Seed Technol. 5: 32 – 39 p.
- WCR (World Coffee Research). 2019. Las variedades del café arábica: un catálogo global de variedades que abarca: Costa Rica, El Salvador, Guatemala, Honduras, Jamaica, Kenia, Malawi, Nicaragua, Panamá, Perú, República Dominicana, Rwanda, Uganda, Zambia, Zimbabue. Portland. 72 p.
- Wesley S., Vertucci, C., Berjak, P., Pammenter, N. y Crane, J. 1992. Cryopreservation of desiccation-sensitive axes of *Camellia sinensis* in relation to dehydration, freezing rate and the thermal properties of tissue water. J. Plant Physiol. 140: 596 – 604 p.
- WR (WordReference). (s.f.). Variedad (en línea, sitio web). Consultado 08 abr. 2021. Disponible en <https://www.wordreference.com/definicion/variedad>
- Yakob, E., Taye, K. y Alemseged, Y. 1998. Varietal and age impact on arabica coffee leaf growth parameters at three locations. Expedientes de la sociedad de Etiopia de la tercera conferencia en agronomía y fisiología de cultivos: 38 – 51 p.

VIII. ANEXOS

Anexo 1. Análisis de varianza del porcentaje de emergencia [para este análisis los datos fueron transformados con $A_{ij} = \arcseno\sqrt{Y_{ij} + 1}$]

Fuentes de variación	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	12858,58	19	676,77	9,86	<0,0001
Bloque	1426,87	2	713,43	10,39	0,0003
Genotipo	5956,34	8	744,54	10,85	<0,0001
Endocarpio	4568,39	1	4568,39	66,56	<0,0001
Genotipo por endocarpio	906,99	8	113,37	1,65	0,1468
Error	2333,75	34	68,64		
Total	15192,34	53			

Anexo 2. Análisis de varianza de los efectos simples de los factores genotipo y endocarpio en su interacción para porcentaje de emergencia

Fuente de variación	gl	SC	CM	F calc.	F tab. (5%)	F tab. (1%)	Nivel de significación
Endocarpio en UNACAF-142	1	1789,17	1789,17	26,07	4,13	7,44	**
Endocarpio en UNACAF-213	1	913,16	913,16	13,30	4,13	7,44	**
Endocarpio en UNACAF-89	1	76,54	76,54	1,12	4,13	7,44	N.S.
Endocarpio en UNACAF-188	1	264,27	264,27	3,85	4,13	7,44	N.S.
Endocarpio en UNACAF-250	1	238,39	238,39	3,47	4,13	7,44	N.S.
Endocarpio en UNACAF-29	1	242,06	242,06	3,53	4,13	7,44	N.S.
Endocarpio en UNACAF-160	1	392,04	392,04	5,71	4,13	7,44	*
Endocarpio en UNACAF-111	1	441,53	441,53	6,43	4,13	7,44	*
Endocarpio en UNACAF-116	1	1118,21	1118,21	16,29	4,13	7,44	**
Genotipos con endocarpio	8	3763,83	470,48	6,85	2,21	3,05	**
Genotipos sin endocarpio	8	3099,99	387,50	5,65	2,21	3,05	**
Error	34	2333,639	68,64				

Anexo 3. Análisis de varianza de la tasa de emergencia

Fuentes de variación	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	4,11	19	0,22	5,93	<0,0001
Bloque	0,45	2	0,23	6,23	0,0049
Genotipo	1,24	8	0,16	4,26	0,0013
Endocarpio	1,99	1	1,99	54,47	<0,0001
Genotipo por endocarpio	0,43	8	0,05	1,46	0,2073

Fuentes de variación	SC	gl	CM	F	p-valor
Error	1,24	34	0,04		
Total	5,35	53			

Anexo 4. Análisis de varianza de los efectos simples de los factores genotipo y endocarpio en su interacción para tasa de emergencia

Fuente de variación	gl	SC	CM	F calc.	F tab. (5%)	F tab. (1%)	Nivel de significación
Endocarpio en UNACAF-142	1	0,62	0,62	16,89	4,13	7,44	**
Endocarpio en UNACAF-213	1	0,10	0,10	2,63	4,13	7,44	N.S.
Endocarpio en UNACAF-89	1	0,14	0,14	3,74	4,13	7,44	N.S.
Endocarpio en UNACAF-188	1	0,56	0,56	15,41	4,13	7,44	**
Endocarpio en UNACAF-250	1	0,04	0,04	1,20	4,13	7,44	N.S.
Endocarpio en UNACAF-29	1	0,14	0,14	3,88	4,13	7,44	N.S.
Endocarpio en UNACAF-160	1	0,06	0,06	1,68	4,13	7,44	N.S.
Endocarpio en UNACAF-111	1	0,18	0,18	4,88	4,13	7,44	*
Endocarpio en UNACAF-116	1	0,58	0,58	15,93	4,13	7,44	**
Genotipos con endocarpio	8	0,35	0,04	1,20	2,21	3,05	N.S.
Genotipos sin endocarpio	8	1,32	0,17	4,52	2,21	3,05	**
Error	34	1,240	0,04				

Anexo 5. Análisis de varianza del ritmo de crecimiento

Fuentes de variación	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	8,19	19	0,43	3,57	0,0006
Bloque	2,48	2	1,24	10,27	0,0003
Genotipo	4,21	8	0,53	4,37	0,0011
Endocarpio	4,4E-03	1	4,4E-03	0,04	0,8495
Genotipo por endocarpio	1,49	8	0,19	1,55	0,1773
Error	4,10	34	0,12		
Total	12,29	53			

Anexo 6. Análisis de varianza del peso fresco de plántula

Fuentes de variación	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,18	19	0,01	4,00	0,0002
Bloque	0,01	2	0,01	2,48	0,0987
Genotipo	0,14	8	0,02	7,58	<0,0001

Endocarpio	2,0E-04	1	2,0E-04	0,09	0,7723
Genotipo por endocarpio	0,02	8	2,9E-03	1,28	0,2878
Error	0,08	34	2,3E-03		
Total	0,25	53			

Anexo 7. Análisis de varianza del peso seco de plántula

Fuentes de variación	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,01	19	7,3E-04	2,80	0,0044
Bloque	3,9E-03	2	1,9E-03	7,43	0,0021
Genotipo	0,01	8	9,9E-04	3,82	0,0027
Endocarpio	1,0E-03	1	1,0E-03	3,98	0,0542
Genotipo por endocarpio	9,8E-04	8	1,2E-04	0,47	0,8669
Error	0,01	34	2,6E-04		
Total	0,02	53			

Anexo 8. Análisis de varianza del índice de vigor de plántula

Fuentes de variación	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	8993,97	19	473,37	12,57	<0,0001
Bloque	365,99	2	183,00	4,86	0,0139
Genotipo	5857,51	8	732,19	19,45	<0,0001
Endocarpio	1515,39	1	1515,39	40,25	<0,0001
Genotipo por endocarpio	1255,08	8	156,89	4,17	0,0015
Error	1280,09	34	37,65		
Total	10274,06	53			

Anexo 9. Análisis de varianza de los efectos simples de los factores genotipo y endocarpio en su interacción para índice de vigor de plántula

Fuente de variación	gl	SC	CM	F calc.	F tab. (5%)	F tab. (1%)	Nivel de significación
Endocarpio en UNACAF-142	1	1329,11	1329,11	35,30	4,13	7,44	**
Endocarpio en UNACAF-213	1	233,70	233,70	6,21	4,13	7,44	*
Endocarpio en UNACAF-89	1	35,29	35,29	0,94	4,13	7,44	N.S.
Endocarpio en UNACAF-188	1	231,27	231,27	6,14	4,13	7,44	*
Endocarpio en UNACAF-250	1	135,59	135,59	3,60	4,13	7,44	N.S.
Endocarpio en UNACAF-29	1	65,23	65,23	1,73	4,13	7,44	N.S.
Endocarpio en UNACAF-160	1	16,12	16,12	0,43	4,13	7,44	N.S.
Endocarpio en UNACAF-111	1	33,03	33,03	0,88	4,13	7,44	N.S.
Endocarpio en UNACAF-116	1	691,12	691,12	18,36	4,13	7,44	**

Fuente de variación	gl	SC	CM	F calc.	F tab. (5%)	F tab. (1%)	Nivel de significación
Genotipos con endocarpio	8	4210,53	526,32	13,98	2,21	3,05	**
Genotipos sin endocarpio	8	2902,06	362,76	9,64	2,21	3,05	**
Error	34	1280,089	37,65				

Anexo 10. Análisis de varianza del área foliar

Fuentes de variación	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	10535,47	19	554,50	1,29	0,2517
Bloque	135,22	2	67,61	0,16	0,8550
Genotipo	6085,36	8	760,67	1,77	0,1177
Endocarpio	34,44	1	34,44	0,08	0,7788
Genotipo por endocarpio	4280,45	8	535,06	1,25	0,3038
Error	14605,61	34	429,58		
Total	25141,08	53			

Anexo 11. Análisis de varianza del diámetro de tallo

Fuentes de variación	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	2,26	19	0,12	2,53	0,0090
Bloque	0,35	2	0,17	3,70	0,0353
Genotipo	1,02	8	0,13	2,71	0,0200
Endocarpio	0,72	1	0,72	15,37	0,0004
Genotipo por endocarpio	0,17	8	0,02	0,44	0,8857
Error	1,60	34	0,05		
Total	3,86	53			

Anexo 12. Análisis de varianza de la altura de planta

Fuentes de variación	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	46,76	19	2,46	4,10	0,0002
Bloque	2,74	2	1,37	2,28	0,1175
Genotipo	40,60	8	5,07	8,46	<0,0001
Endocarpio	1,50	1	1,50	2,50	0,1230
Genotipo por endocarpio	1,93	8	0,24	0,40	0,9112
Error	20,39	34	0,60		
Total	67,16	53			

Anexo 13. Análisis de varianza del peso fresco parte aérea

Fuentes de variación	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	3,54	19	0,19	1,66	0,0978
Bloque	0,39	2	0,19	1,72	0,1944
Genotipo	2,38	8	0,30	2,65	0,0226
Endocarpio	0,03	1	0,03	0,30	0,5892
Genotipo por endocarpio	0,74	8	0,09	0,82	0,5924
Error	3,82	34	0,11		
Total	7,36	53			

Anexo 14. Análisis de varianza del peso fresco de raíz

Fuentes de variación	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	2,93	19	0,15	4,39	0,0001
Bloque	1,01	2	0,50	14,33	<0,0001
Genotipo	1,25	8	0,16	4,45	0,0009
Endocarpio	0,36	1	0,36	10,26	0,0030
Genotipo por endocarpio	0,31	8	0,04	1,12	0,3755
Error	1,19	34	0,04		
Total	4,12	53			

Anexo 15. Análisis de varianza del peso seco parte aérea

Fuentes de variación	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,16	19	0,01	1,72	0,0827
Bloque	0,01	2	3,9E-03	0,80	0,4559
Genotipo	0,11	8	0,01	2,89	0,0142
Endocarpio	2,5E-03	1	2,5E-03	0,52	0,4768
Genotipo por endocarpio	0,04	8	4,5E-03	0,92	0,5134
Error	0,16	34	4,8E-03		
Total	0,32	53			

Anexo 16. Análisis de varianza del peso seco de raíz

Fuentes de variación	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,02	19	9,3E-04	1,76	0,0745
Bloque	2,7E-03	2	1,3E-03	2,52	0,0957
Genotipo	0,01	8	1,3E-03	2,50	0,0297
Endocarpio	2,0E-05	1	2,0E-05	0,04	0,8461
Genotipo por endocarpio	4,4E-03	8	5,5E-04	1,04	0,4294
Error	0,02	34	5,3E-04		
Total	0,04	53			

Anexo 17. Análisis de varianza del volumen de raíz

Fuentes de variación	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	2,52	19	0,13	2,97	0,0028
Bloque	0,42	2	0,21	4,74	0,0152
Genotipo	1,41	8	0,18	3,95	0,0022
Endocarpio	0,56	1	0,56	12,59	0,0012
Genotipo por endocarpio	0,12	8	0,02	0,34	0,9458
Error	1,52	34	0,04		
Total	4,04	53			

Anexo 18. Análisis de varianza del estado secundario 07 [para este análisis los datos fueron transformados con $R_{ij} = \sqrt{Y_{ij} + 1}$]

Fuentes de variación	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	7,96	19	0,42	3,31	0,0012
Bloque	0,19	2	0,10	0,75	0,4784
Genotipo	2,55	8	0,32	2,52	0,0289

Endocarpio	3,59	1	3,59	28,57	<0,0001
Genotipo por endocarpio	1,63	8	0,20	1,61	0,1598
Error	4,31	34	0,13		
Total	12,27	53			

Anexo 19. Análisis de varianza del estado secundario 09 [para este análisis los datos fueron transformados con $R_{ij} = \sqrt{Y_{ij} + 1}$]

Fuentes de variación	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	60,62	19	3,19	9,02	<0,0001
Bloque	0,88	2	0,44	1,25	0,2997
Genotipo	29,70	8	3,71	10,50	<0,0001
Endocarpio	20,68	1	20,68	58,48	<0,0001
Genotipo por endocarpio	9,36	8	1,17	3,31	0,0067
Error	12,02	34	0,35		
Total	72,64	53			

Anexo 20. Análisis de varianza de los efectos simples de los factores genotipo y endocarpio en su interacción para estado secundario 09

Fuente de variación	gl	SC	CM	F calc.	F tab. (5%)	F tab. (1%)	Nivel de significación
Endocarpio en UNACAF-142	1	1,57	1,57	4,43	4,13	7,44	*
Endocarpio en UNACAF-213	1	0,00	0,00	0,01	4,13	7,44	N.S.
Endocarpio en UNACAF-89	1	4,14	4,14	11,70	4,13	7,44	**
Endocarpio en UNACAF-188	1	5,80	5,80	16,39	4,13	7,44	**
Endocarpio en UNACAF-250	1	0,94	0,94	2,67	4,13	7,44	N.S.
Endocarpio en UNACAF-29	1	3,40	3,40	9,61	4,13	7,44	**
Endocarpio en UNACAF-160	1	0,00	0,00	0,00	4,13	7,44	N.S.
Endocarpio en UNACAF-111	1	4,37	4,37	12,37	4,13	7,44	**
Endocarpio en UNACAF-116	1	9,81	9,81	27,74	4,13	7,44	**
Genotipos con endocarpio	8	6,09	0,76	2,15	2,21	3,05	N.S.
Genotipos sin endocarpio	8	32,99	4,12	11,66	2,21	3,05	**
Error	34	12,02	0,35				

Anexo 21. Análisis de varianza del estado secundario 10 [para este análisis los datos fueron transformados con $R_{ij} = \sqrt{Y_{ij} + 1}$]

Fuentes de variación	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	35,33	19	1,86	10,50	<0,0001

Fuentes de variación	SC	gl	CM	F	p-valor
Bloque	1,12	2	0,56	3,17	0,0549
Genotipo	18,16	8	2,27	12,82	<0,0001
Endocarpio	8,43	1	8,43	47,63	<0,0001
Genotipo por endocarpio	7,62	8	0,95	5,38	0,0002
Error	6,02	34	0,18		
Total	41,53	53			

Anexo 22. Análisis de varianza de los efectos simples de los factores genotipo y endocarpio en su interacción para estado secundario 10

Fuente de variación	gl	SC	CM	F calc.	F tab. (5%)	F tab. (1%)	Nivel de significación
Endocarpio en UNACAF-142	1	0,65	0,65	3,65	4,13	7,44	N.S.
Endocarpio en UNACAF-213	1	0,00	0,00	0,00	4,13	7,44	N.S.
Endocarpio en UNACAF-89	1	6,55	6,55	37,05	4,13	7,44	**
Endocarpio en UNACAF-188	1	0,83	0,83	4,72	4,13	7,44	*
Endocarpio en UNACAF-250	1	0,00	0,00	0,00	4,13	7,44	N.S.
Endocarpio en UNACAF-29	1	1,20	1,20	6,80	4,13	7,44	*
Endocarpio en UNACAF-160	1	0,00	0,00	0,00	4,13	7,44	N.S.
Endocarpio en UNACAF-111	1	6,02	6,02	34,09	4,13	7,44	**
Endocarpio en UNACAF-116	1	0,77	0,77	4,34	4,13	7,44	*
Genotipos con endocarpio	8	2,54	0,32	1,79	2,21	3,05	N.S.
Genotipos sin endocarpio	8	23,24	2,90	16,44	2,21	3,05	**
Error	34	6,009	0,18				

Anexo 23. Análisis de varianza del estado secundario 11 [para este análisis los datos fueron transformados con $R_{ij} = \sqrt{Y_{ij} + 1}$]

Fuentes de variación	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	11,47	19	0,60	2,64	0,0066
Bloque	7,87	2	3,94	17,24	<0,0001
Genotipo	1,44	8	0,18	0,79	0,6156
Endocarpio	0,50	1	0,50	2,19	0,1478
Genotipo por endocarpio	1,66	8	0,21	0,91	0,5222
Error	7,76	34	0,23		
Total	19,23	53			