

EVALUACIÓN COMPARATIVA DEL DESARROLLO INICIAL DE DOS VARIEDADES DE *Coffea arabica* L. CON APLICACIÓN FOLIAR DE HUMUS EN CONDICIONES DE INVERNADERO

Comparative evaluation of the initial development of two varieties of *Coffea arabica* L. with foliar application of humus under greenhouse conditions

González Kariusca¹, Araujo Jesús²

¹Universidad de Los Andes, Escuela Técnica Superior Forestal. Mérida, Venezuela.
E-mail: kariuscagr@gmail.com. ORCID: 0009-0006-3134-6815.

²Universidad de Los Andes, Escuela de Ingeniería Forestal. Mérida, Venezuela.
E-mail: jesus.araujo@ula.ve. ORCID: 0000-0001-6278-2616.

Fecha de Recepción: 12/03/2026

Fecha de Aceptación: 22/05/2026

RESUMEN

El presente estudio evaluó comparativamente el desarrollo vegetativo inicial de dos variedades de *Coffea arabica* L., café criollo y café caturro amarillo, bajo condiciones controladas de invernadero. Se establecieron semillas mediante siembra directa en 900 tubetes (450 por variedad), con y sin aplicación foliar de humus líquido, y posteriormente, se analizaron variables como tasa de germinación, adaptación al sistema en tubetes, crecimiento en altura y diámetro, y vigor vegetativo. Los resultados mostraron diferencias significativas: la variedad criolla presentó una germinación más temprana y mejor adaptación inicial, mientras que el caturro amarillo destacó por su uniformidad en crecimiento y respuesta al humus líquido. La aplicación foliar de humus favoreció el vigor y las dimensiones de las plántulas en ambas variedades, confirmando su utilidad como alternativa sostenible al fertilizante químico. Estos hallazgos aportan bases técnicas aplicables a la caficultura andina venezolana.

Palabras clave: Desarrollo vegetativo inicial, *Coffea arabica*, café criollo, caturro amarillo, humus líquido, invernadero.

ABSTRACT

The present study comparatively evaluated the initial vegetative development of two varieties of *Coffea arabica* L., ciollo coffee and yellow caturro coffee, under controlled greenhouse conditions. Seeds were established by direct sowing in 900 tubes (450 per variety), with and without foliar application of liquid humus, and subsequently, variables such as germination rate, adaptation to the tube system, height and diameter growth, and vegetative vigor were analyzed. The results showed significant differences: the criollo variety presented earlier germination and better initial adaptation, while the yellow caturro stood out for its uniformity in growth and response to liquid humus. The foliar application of humus favored the vigor and size of the seedlings in both varieties, confirming its usefulness as a sustainable alternative to chemical fertilizer. These findings provide a technical basis applicable to Andean coffee farming in Venezuela.

Keywords: Initial vegetative development, *Coffea arabica*, criollo coffee, yellow caturro coffee, liquid humus, greenhouse.

INTRODUCCIÓN

El cultivo del café en Venezuela representa una de las principales actividades agrícolas en la región andina y en los sistemas montañosos de estados como Lara y Portuguesa. La calidad de las plántulas producidas en viveros determina en gran medida el éxito de los cafetales, ya que de ello depende la resistencia de las plantas, su adaptación y el rendimiento futuro en campo. Sin embargo, existen limitaciones en cuanto a estudios del desarrollo inicial en invernaderos, que incluyan análisis comparativos entre distintas variedades.

Variedades de café como el criollo y el caturro amarillo presentan diferencias genéticas y morfológicas que podrían influir significativamente en su desarrollo vegetativo inicial, eficiencia en el uso de nutrientes y adaptación a distintas condiciones agroecológicas (Montagnon & Leroy, 1996). No obstante, su desempeño comparativo en vivero, especialmente bajo el enfoque de prácticas agroecológicas sostenibles, sigue siendo poco explorado, lo cual es fundamental para generar bases técnicas aplicables a la caficultura andina venezolana.

Por su parte, la incorporación de fertilizantes orgánicos como el humus líquido, proveniente de procesos de lombricultura, representa una alternativa prometedora para mejorar el desarrollo de las plantas y reducir la dependencia de insumos químicos.

Estudios internacionales han reportado que la aplicación foliar de humus líquido puede mejorar la estructura foliar, la absorción de nutrientes y la resistencia al estrés, promoviendo así un desarrollo más vigoroso y saludable en cultivos como el café (Almaguer-López y Polanco-Bravo, 2017; Orozco et al., 2020).

Investigaciones realizadas en Ecuador evidenciaron que la aplicación de “biochar” (biocarbón) y biofertilizantes en plántulas de café arábico incrementaron significativamente la masa seca y el área foliar, mejorando así la calidad de las plántulas en vivero (Cargua et al., 2022). Así mismo, estudios en México mostraron que el uso de biol y microorganismos del bosque favoreció el desarrollo vegetativo de plántulas de café de las variedades Sarchimor, Costa Rica 95 y Colombia (De Nova, 2021).

Esta investigación comprende la comparación del desarrollo inicial de plantas de las variedades criollo y caturro amarillo de *Coffea arabica* L., bajo condiciones controladas de invernadero, evaluando la influencia de la aplicación foliar de humus líquido, lo que confirma su validez para generar información científica que contribuya con la producción de café desde la base del sistema productivo, promoviendo prácticas sostenibles acordes con los principios de la agroecología, en el marco de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), en particular del ODS 12, concerniente a la producción y consumo responsables, y del ODS 15, referido a la vida de los ecosistemas terrestres (Naciones Unidas, 2022).

MATERIALES Y MÉTODOS

El ensayo se realizó en el invernadero del Instituto de Investigaciones para el Desarrollo Forestal (INDEFOR) de la Universidad de Los Andes, Mérida, Venezuela, con fecha de siembra el 11 de noviembre de 2024, llevando a cabo su evaluación durante cuatro (4) meses.

1. Materiales

Mesones de hierro reforzado, tubetes de 19 cm de largo y 5,6 cm de diámetro (en boca), sustrato, riego convencional (uso de manguera), ¼ kg de semillas de café variedad criollo, ¼ kg de semillas de café variedad caturro, 2 litros de humus líquido (procesado por lombrices rojas californianas en mezcla de composta), vernier para mediciones de altura y diámetro de las plantas, termohigrómetro digital marca “HTC-1” y cámara fotográfica.

2. Métodos

Las variables evaluadas desde la siembra hasta el desarrollo inicial de las plantas, se indican a continuación:

- Tasa de germinación (días hasta la emergencia y porcentaje final).
- Adaptación al sistema de tubetes (supervivencia y presencia de plagas/enfermedades).
- Crecimiento en altura (cm) y diámetro del tallo (mm).
- Vigor vegetativo (porte, coloración foliar, robustez).

Para el análisis de la tasa de germinación de las semillas de las variedades de *Coffea arabica* L., criollo y caturro amarillo, se partió de la recolección de ¼ de kg de semillas de café criollo, de la cosecha de las plantas existentes en las inmediaciones del Instituto de Investigaciones para el Desarrollo Forestal (INDEFOR) (Figura 1), y de la adquisición de ¼ kg de semillas de la variedad caturro amarillo, provenientes de un predio localizado en el sector Monterrey, vertiente derecha del valle medio del río Mucujún, estado Mérida.



Figura 1. Recolección de frutos maduros de café para uso en semilla. **Fuente:** [Fotografía] González, K. (2024).

La siembra se realizó de manera directa, en 900 tubetes, 450 por cada variedad (criollo y caturro amarillo), previamente esterilizados y preparados con unsustrato estandarizado, siguiendo las siguientes proporciones: 50% de tierra negra, 25% de arena, 25% de abono orgánico (Figura 2).

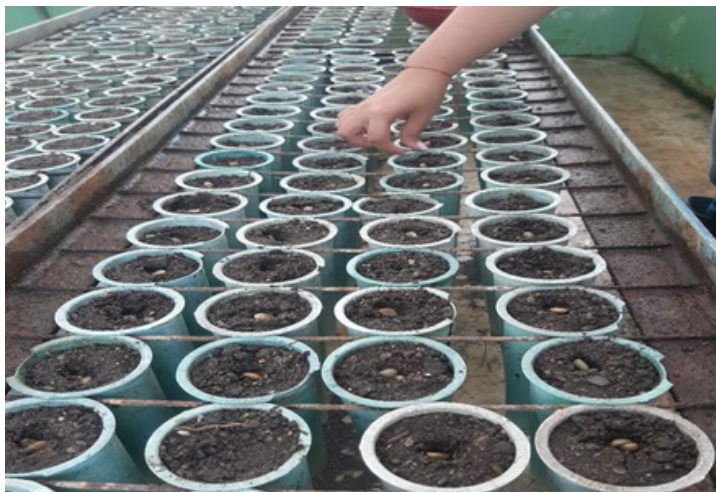


Figura 2. Siembra de las variedades de café objeto del ensayo. **Fuente:** [Fotografía] González, K. (2024).

Durante el período de germinación, se llevó un registro periódico, quincenal, semanal e intersemanal, y de esta manera, al visualizar brotes emergentes, se calculó la tasa de germinación de cada variedad bajo condiciones controladas de invernadero.

El seguimiento de la adaptación de las plántulas al sistema de cultivo en tubetes, se efectuó mediante un monitoreo continuo. En este sentido, se evaluó la supervivencia como variable fundamental de la adaptabilidad al sistema de cultivo establecido, así como la eventual presencia de plagas y posible desarrollo de enfermedades en las plantas.

Estos datos permitieron evaluar la eficiencia del sistema de producción y analizar la capacidad de establecimiento de ambas variedades en condiciones controladas.

Una vez iniciado el proceso de germinación y el desarrollo de las hojas secundarias en las plantas, se realizó el seguimiento del crecimiento vegetativo mediante mediciones semanales durante un mes.

De esta manera, se cuantificaron variables morfológicas como la altura de la planta y el diámetro del tallo (medido en el cuello de las plantas), utilizando un vernier, como instrumento de precisión para las medidas. La información recolectada permitió comparar el desarrollo inicial de ambas variedades bajo las mismas condiciones controladas de manejo agronómico.

Por otra parte, durante el crecimiento inicial, se llevó a cabo la aplicación de humus líquido a nivel foliar en un grupo experimental de plantas de cada variedad, manteniéndose otro grupo como control o testigo, sin aplicación de fertilizante, con la finalidad de analizar la variabilidad en las plantas (con humus y sin humus).

Para la preparación del fertilizante se utilizó una concentración de 1:10 (1 litro de humus por cada 10 litros de agua) y se aplicó empleando una bomba aspersora manual. Posteriormente, se evaluaron las variables altura y diámetro (al cuello de la planta), además de las observaciones de características cualitativas de la vigorosidad de las plantas, como coloración foliar, tamaño de las hojas y resistencia al ataque de plagas, con la finalidad de determinar el efecto del humus líquido en el desempeño de las plantas de café.

Los datos obtenidos de las variables altura (cm) y diámetro (mm), fueron sometidos a análisis de varianza (ANOVA) y pruebas de comparación múltiple de Duncan.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El medio utilizado para el ensayo (invernadero), presentó condiciones controladas de temperatura y humedad relativa, lográndose registrar en horario diurno, comprendido entre las 6:30 am y las 6:30 pm, una temperatura media de 20,5 °C y una humedad relativa de 70,66 %. Bajo estas condiciones de temperatura y humedad, se obtuvieron los siguientes resultados:

Tasa de germinación

La primera germinación registrada para la variedad criollo ocurrió 73 días después de la siembra, mientras que para la variedad caturro amarillo se observó 84 días después de la siembra, presentándose una diferencia germinativa de 16 días entre ambas (Tabla 1).

El proceso de germinación, desde la siembra hasta la última observación con brotes registrados, abarcó un total de 138 días. Esto indica que, si bien la germinación se inició de forma tardía, se mantuvo activa durante varias semanas consecutivas.

Tabla 1. Resultados de la tasa (%) de germinación en las variedades de café criollo y caturro amarillo.

Fecha de medición	N° Plantas Criollo (acumulado)	% de germinación	N° Plantas Caturro (acumulado)	% de germinación
13-01-25	4	0,89	0	0,00
29-01-25	45	10,00	9	2,00
10-02-25	160	35,56	149	33,11
12-02-25	181	40,22	188	41,78
14-02-25	191	42,44	210	46,67
19-02-25	202	44,89	234	52,00
22-02-25	228	50,67	275	61,11
24-02-25	246	54,67	300	66,67
26-02-25	262	58,22	317	70,44
07-03-25	307	68,22	352	78,22
12-03-25	321	71,33	372	82,67
19-03-25	333	74,00	381	84,67

La Tabla 1, muestra que la variedad Criollo mostró una germinación más temprana, pero con una tasa total de germinación menor (74,00 %), mientras que la variedad Caturro amarillo, a pesar de emerger más tarde, alcanzó una mayor tasa de germinación (84,67 %). Esto se debe a las diferencias genéticas entre ambas variedades, al vigor de las semillas y a su respuesta a las condiciones microclimáticas del invernadero.

Según la Figura 3, el periodo prolongado desde la siembra hasta la aparición de los primeros brotes, sugiere que las semillas necesitan un tiempo considerable de adaptación y de activación metabólica.

Esto resalta la importancia de monitorear no solo la cantidad de semillas germinadas, sino también los tiempos en los que ocurre dicho proceso, para optimizar futuros protocolos de siembra y seleccionar las variedades con mejor respuesta en condiciones controladas.

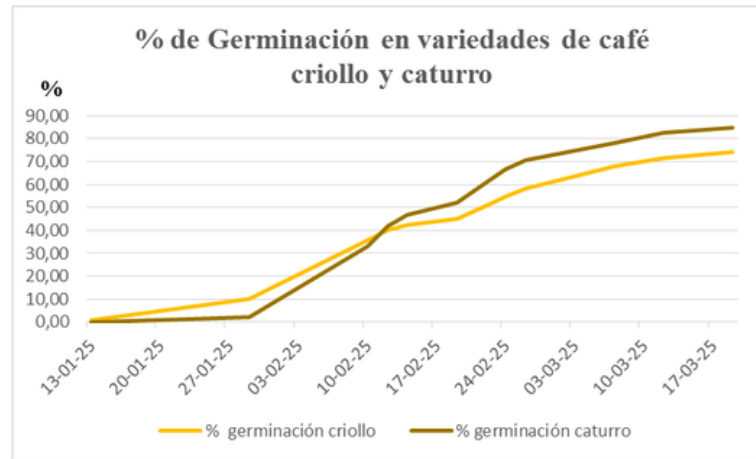


Figura 3. Porcentaje (%) de germinación de las variedades de café criollo y caturro amarillo.

Adaptación de las plántulas al sistema de cultivo en tubetes

Para determinar el factor de adaptación de las plantas al sistema de cultivo empleado, se midió la supervivencia, aunado al reporte de las plantas afectadas por la presencia de plagas o enfermedades que, para efectos del estudio, sólo se evidenció, ataque por parte de una oruga ensillada (*Acharia stimulea*), perteneciente a la familia Limacodidae, del orden Lepidóptera, durante el último mes de evaluación, la cual según Bibbs and Howard (2024), tiene la capacidad de alimentarse de hojas de *Coffea arabica*.

Luego de germinadas las 333 plantas de la variedad Criollo y las 381 plantas de la variedad Caturro amarillo, se observó una tasa de mortalidad muy baja (Tabla 2).

Tabla 2. Tasa de mortalidad de las plantas germinadas de las variedades de café criollo y caturro amarillo.

N° plantas Criollo	N° Plantas Mort. Criollo	% Mort. Criollo	N° Plantas Caturro	N° Plantas Mort. Caturro	% Mort. caturro
333	10	3,00	381	16	4,20

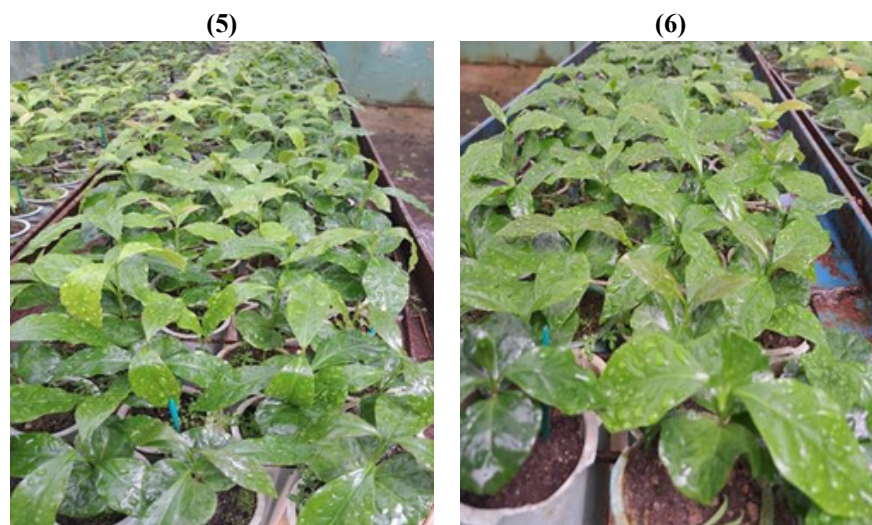
De un total de 333 plantas germinadas de la variedad Criollo, murieron 10 plantas, para una tasa de mortalidad de 3,00 %. De estas, 5 murieron por condicionantes inherentes al medio y 5 fueron atacadas por la “oruga ensillada” mostrada en la Figura 4.



Figura 4. Oruga ensillada (*Acharia stimulea*) observada en plantas de café criollo. **Fuente:** [Fotografía] González, K. (2025).

Por su parte, del total de 381 plantas germinadas de la variedad Caturro amarillo, murieron 16 plantas, para una tasa de mortalidad de 4,20 %, levemente superior en relación a la variedad de café criollo, lo que se debe a una mayor resistencia genética de este último.

Así mismo, en las plantas de ambas variedades de café bajo ensayo, se mostraron características cualitativas indicadoras de un buen desarrollo inicial, presentando un porte sano, hojas lustrosas, sin malformaciones y sin evidencias de enfermedades o ataque de plagas, exceptuando el ataque aislado de la oruga ensillada sobre las 5 plantas de la variedad criollo (Figuras 5 y 6).



Figuras 5 y 6. Estado general de las plántulas de café variedad Criollo(5) y café variedad Caturro amarillo (6) con porte sano, hojas brillantes, sin signos de enfermedad. **Fuente:** [Fotografías] González, K. (2025).

Crecimiento vegetativo de las variedades criollo y caturro amarillo

El crecimiento vegetativo se evaluó a través de las variables morfométricas de altura (cm) y diámetro del tallo (mm). Las mediciones se realizaron semanalmente (4 semanas), el último mes de evaluación, utilizando diseños de análisis de varianza (ANOVA) de un factor completamente aleatorio, considerando la combinación de las variedades con la aplicación o no, del fertilizante foliar (humus líquido).

Respecto a la altura, la variedad Criollo, con humus, presentó el mayor promedio de crecimiento con 8,87 cm, mientras que la variedad Caturro, sin humus, mostró el menor valor de 5,22 cm. Las diferencias fueron estadísticamente significativas ($p < 0,05$), según se observó en el análisis ANOVA y la prueba a posteriori de Duncan, donde se identificaron cuatro subconjuntos distintos.

En cuanto al diámetro de tallo, los promedios oscilaron entre 2,07 mm para el Criollo sin humus y 2,24 mm para el Criollo con humus. Aunque las diferencias fueron menores, el análisis ANOVA también reveló diferencias significativas entre tratamientos ($p = 0,001$), destacando nuevamente a la combinación Criollo con humus como la de mayor rendimiento.

La combinación fue estadísticamente diferente del resto, según la prueba de Duncan, apareciendo como único tratamiento en el segundo subconjunto. Por lo tanto, existe una interacción significativa entre variedades de café y aplicación foliar de humus, favoreciendo principalmente el vigor vegetativo de la variedad Criollo.

Análisis estadístico de la variable altura

Para realizar el análisis de la variable altura se formuló la hipótesis nula de igualdad de medias de los 4 niveles del tratamiento; combinación de los dos niveles de la especie (Caturro y Criollo), con los dos niveles del tratamiento con humus y sin humus, según la siguiente ecuación:

$$H_0: \mu_{h,Cat.,ConH} = \mu_{h,Cat.,SinH} = \mu_{h,Crio.,ConH} = \mu_{h,Crio.,SinH}$$

H_1 : Al menos una media de tratamientos diferente

Donde:

h = Altura

$Cat., ConH$ = Caturro con Humus

$Cat., SinH$ = Caturro sin Humus

$Crio., ConH$ = Criollo con Humus

$Crio., SinH$ = Criollo sin Humus

Los resultados del crecimiento en altura de dos variedades de café (caturro, criollo), con aplicación o no de humus, se indican en la Tabla 3.

Tabla 3. Estadísticas de crecimiento en altura de las variedades de café.

Variable	Variedad/fertilizante	N	Media	Desviación típica
Altura (cm)	Caturro con Humus	92	6,03	1,36
	Caturro sin Humus	92	5,22	1,00
	Criollo con Humus	96	8,87	1,98
	Criollo sin Humus	88	7,22	1,59
	Total	368	6,85	2,06

En la Tabla 4 se indican los resultados del ANOVA al probar la hipótesis nula señalada.

Tabla 4. Análisis de la varianza. Combinación variedades y fertilizante.

Altura	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Dentro grupos	710,35	3	236,78	101,36	0,000
Entre grupos	850,33	364	2,34		
Total	1560,68	367			

Según los resultados de la Tabla 4, al probar la hipótesis nula de igualdad de medias en la variable altura de las 4 combinaciones, la significancia fue de 0,000; menor que $\alpha = 0,05$ ($\text{sig} = 0,00 <$), por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula de igualdad de medias entre las combinaciones de los tratamientos.

Al rechazarse la hipótesis nula, es necesario detectar dónde están las diferencias entre las combinaciones de los factores (variedad y fertilizante) y se procede a realizar el análisis a posteriori, aplicando la prueba de Duncan (Tabla 5).

Tabla 5. Análisis a Posteriori: Prueba Duncan (Altura).

Combinación Altura (cm)	N	Subconjunto para alfa = 0,05			
		1	2	3	4
Caturro sin Humus	92	5,22			
Caturro con Humus	92		6,03		
Criollo sin Humus	88			7,22	
Criollo con Humus	96				8,88

Por lo tanto, la mejor combinación fue Criollo con Humus, ya que presentó los mayores crecimientos en altura, mientras que la de menor desarrollo fue la combinación Caturro sin Humus. La Figura 7, muestra las variaciones del incremento de la altura.

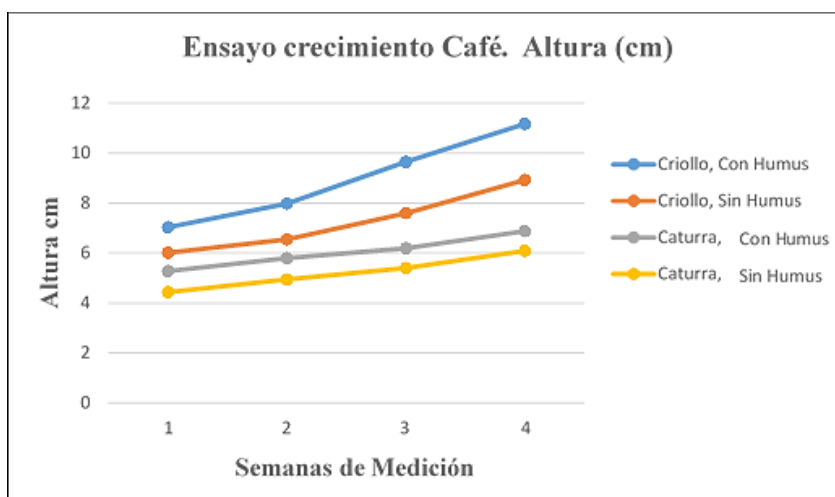


Figura 7. Variaciones del incremento de la altura en las plantas objeto de ensayo.

Análisis estadístico de la variable diámetro del tallo

Para realizar el análisis de la variable diámetro de tallo (mm), se formuló la hipótesis nula de igualdad de medias con los 4 niveles del tratamiento; es decir, combinaciones de las variedades Caturro y Criollo, con humus y sin humus, mediante la siguiente ecuación:

$$H_0: \mu_{d,Cat.,ConH} = \mu_{d,Cat.,SinH} = \mu_{d,Crio.,ConH} = \mu_{d,Crio.,SinH}$$

$$H_1: \text{Al menos una media de tratamientos diferente.}$$

Donde:

D = diámetro del tallo

$Cat., ConH$ = Caturro con Humus

$Cat., SinH$ = Caturro sin Humus

$Crio., ConH$ = Criollo con Humus

$Crio., SinH$ = Criollo sin Humus

Los resultados del crecimiento en el diámetro de tallo de las dos variedades de café (caturro, criollo) combinadas con los dos niveles de fertilizante (con Humus, sin Humus), se indican en la Tabla 6.

Tabla 6. Estadísticas descriptivas del crecimiento en diámetro del tallo.

Variable	Variedad/fertilizante	N	Media	Desviación típica
Diámetro (mm)	Caturro con Humus	92	2,15	0,34
	Caturro sin Humus	92	2,15	0,27
	Criollo con Humus	96	2,24	0,32
	Criollo sin Humus	88	2,07	0,20
	Total	368	2,16	0,29

En la Tabla 7, se indican los resultados del ANOVA al probar la hipótesis nula señalada.

Tabla 7. Análisis de la varianza. Combinación Variedades y fertilizante.

Diámetro	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Dentro grupos	1,352	3	0,451	5,459	0,001
Entre grupos	29,820	364	0,082		
Total	31,171	367			

Según los resultados de la Tabla 7, al probar la hipótesis nula de igualdad de medias en el diámetro de tallo entre las 4 combinaciones, la significancia fue de 0,001; menor que $\alpha = 0,05$ ($\text{sig} = 0,001 < \alpha$) por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula de igualdad de medias entre las combinaciones de los tratamientos al comparar el crecimiento en diámetro de tallo.

Al rechazarse la hipótesis nula, es necesario detectar dónde están las diferencias entre las combinaciones de los factores (variedad y fertilizante), y se procede a realizar el análisis a posteriori, aplicando la prueba de Duncan (Tabla 8).

Tabla 8. Análisis a Posteriori: Prueba Duncan (Diámetro).

Combinación Diámetro (mm)	N	Subconjunto para alfa = 0,05	
		1	2
Criollo Sin Humus	88	2,0682	
Caturro Con Humus	92	2,1522	
Caturro Sin Humus	92	2,1522	
Criollo Con Humus	96		2,2396

Los resultados del análisis a posteriori indican que la combinación Criollo con Humus aparece en el segundo subgrupo solo, lo que indica que su diámetro es mayor y diferente cuando se compara con las otras tres combinaciones.

Los resultados del análisis a posteriori indican que la combinación Criollo con Humus aparece en el segundo subgrupo solo, lo que indica que su diámetro es mayor y diferente cuando se compara con las otras tres combinaciones.

Vigor vegetativo de las variedades de café objeto de ensayo

El vigor de las plántulas se evaluó en función de su desarrollo en altura y diámetro del tallo, como indicadores fisiológicos clave durante las etapas tempranas del crecimiento vegetal, analizando los efectos de la aplicación foliar de humus líquido en ambas variedades: Criollo y Caturro.

Los resultados obtenidos revelaron que el tratamiento con humus líquido ejerció un efecto positivo sobre el vigor de las mismas, especialmente en la variedad Criollo. Esta combinación presentó los valores más altos tanto en altura (8,87 cm) como en diámetro (2,24 mm), lo cual demuestra una mayor capacidad de respuesta al tratamiento orgánico.

Por otro lado, la variedad Caturro mostró menor sensibilidad al fertilizante, con resultados similares entre los tratamientos con y sin humus.

La Figura 8, ilustra los promedios de altura y diámetro del tallo de las plantas bajo las distintas combinaciones, expresando que la aplicación foliar de humus líquido incrementó el vigor vegetal, siendo más evidente en la variedad Criollo.

Por lo tanto, el humus líquido aplicado vía foliar contribuyó significativamente al vigor de las especies, mejorando su desempeño morfológico bajo condiciones controladas de invernadero, con mayor impacto en la variedad criollo (Figuras 9 y 10).

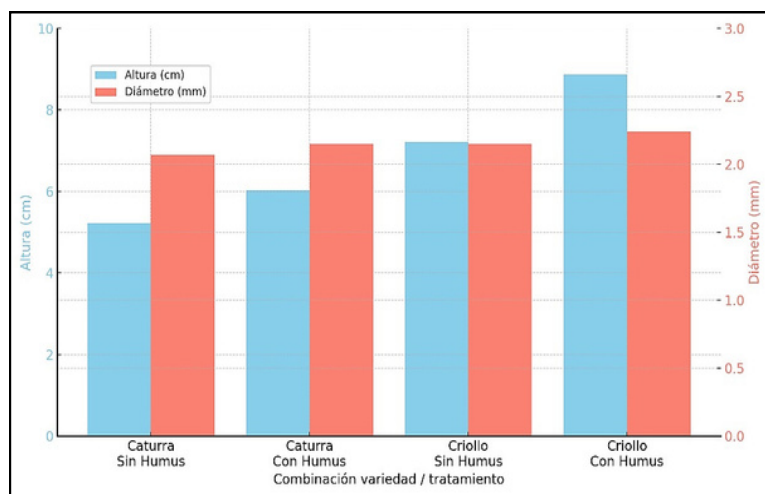
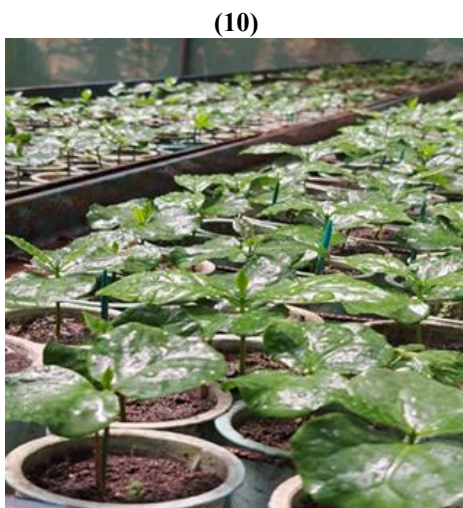
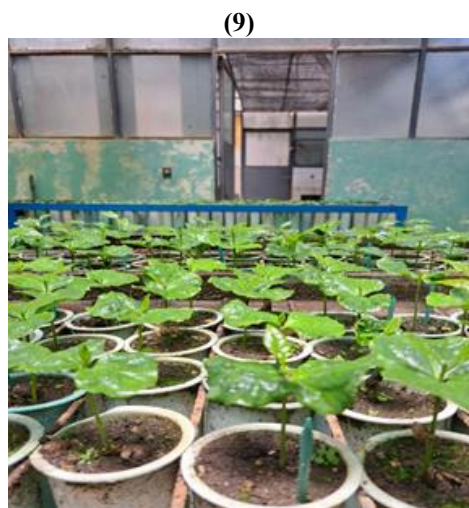


Figura 8. Comparación del vigor vegetal (altura y diámetro de tallo), según variedad y tratamiento.



Figuras 9 y 10. Comparación visual del vigor de las plántulas de café de las variedades criollo (9) y caturro amarillo (10).
Fuente: [Fotografías] González, K. (2025).

CONCLUSIONES

El presente estudio constituye el primer reporte documentado de ensayos con variedades de *Coffea arabica* L. (cafeto), realizado en el INDEFOR, aunado a que, la propagación de plantas de café criollo, se convierte en una iniciativa que contribuye con el rescate de esta variedad, para la preservación de su potencial genético y de sus características únicas.

En relación a la tasa de germinación bajo condiciones de invernadero, se dedujo que las semillas de la variedad de café criollo germinan al menos con 11 días de anticipación, respecto a las semillas de la variedad de café caturro amarillo, correspondiéndose con 2 meses y dos semanas (73 días) para la variedad criollo, y con 2 meses y un poco más de tres semanas (84 días) para la variedad caturro amarillo, luego de realizada la siembra; sin embargo, la tasa (%) germinativa fue superior en la semillas de la variedad caturro amarillo (84,67 %), respecto a las semillas de la variedad criollo (74,00 %), debido a sus diferencias genéticas y al vigor germinativo en las condiciones microclimáticas del invernadero.

Respecto a la adaptación de las plántulas al sistema de cultivo en tubetes y su capacidad de establecimiento, se detectó una tasa de mortalidad muy baja en torno al desarrollo inicial de las plantas, siendo ligeramente inferior en la variedad criollo (3,00 %), con respecto a la tasa de mortalidad de la variedad caturro amarillo (4,20 %).

En las plantas de ambas variedades se notaron, cualitativamente, características indicadoras de un desarrollo inicial de buena calidad, principalmente por presentar porte sano, hojas lustrosas, sin malformaciones y sin evidencias de enfermedades o ataque de plagas, exceptuando la presencia aislada de un insecto (oruga ensillada) que afectó a 5 plantas de la variedad criollo.

Por otra parte, los análisis estadísticos de varianza (ANOVA) para las variables altura y diámetro del tallo, evidenciaron diferencias estadísticas significativas entre las combinaciones evaluadas ($p < 0,05$), lo que permite rechazar la hipótesis nula de igualdad de medias y confirmar que la interacción entre variedad y tratamiento influye de manera directa sobre el crecimiento de las plantas.

Estos hallazgos permiten concluir que la aplicación foliar de humus líquido promueve el desarrollo vegetativo de las plántulas de café en condiciones de invernadero, con un efecto más notable en la variedad criollo, tanto en altura como en diámetro del tallo. Así mismo, se evidencia que la elección varietal juega un papel determinante en la respuesta fisiológica de las plantas al biofertilizante, siendo el criollo una opción más favorable cuando se busca aprovechar al máximo los beneficios de prácticas sostenibles como el uso de humus.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Almaguer-López, M., Polanco-Bravo, J. (2017). *Efecto de la aplicación de humus líquido sobre la calidad del grano de café (Coffea arabica L.) variedad Caturro Rojo*. Revista Cultivos Tropicales, 38(1), 56-61.
- Cargua, J., Zambrano, M., Torres, F. (2022). *Biofertilizantes en plántulas de Coffea arabica en vivero*. Revista Agroforestal Andina, 15(1), 77-85.
- De Nova, T. (2021). *Aplicación de biol y microorganismos del bosque para el desarrollo de tres variedades de plántulas de Coffea arabica L.* [Tesis de licenciatura] Universidad Autónoma del Estado de México. Repositorio Institucional UAEMex.
- Bibbs, C., Howard, J. (2024). *Saddleback Caterpillar Acharia stimulea (Clemens) (Insecta: Lepidoptera: Limacodidae)*. Ask IFAS powered by EDIS. University of Florida. Disponible en: <https://ask.ifas.ufl.edu/publication/IN923>.
- Orozco, C., Zambrano, A., Gómez, J. (2020). *Evaluación del humus líquido en viveros de café*. Revista Agricultura Sostenible, 8(2), 55-66.
- ONU, (2022). *Informe de los Objetivos de Desarrollo Sostenible*. Organización de las Naciones Unidas. 64 p. Disponible en: https://unstats.un.org/sdgs/report/2022/The-Sustainable-Development-Goals-Report-2022_Spanish.pdf.
- Montagnon, C., Leroy, T. (1996). *Genetic parameters and prediction of breeding values in Coffea arabica L. under controlled conditions*. Euphytica, 87, 65-70.