

## **Desarrollo embrionario de semillas de café robusta (*coffea canephora*) bajo la influencia de diferentes conductividades eléctricas**

Embryonic development of robusta coffee seeds (*coffea canephora*) under the influence of different electrical conductivities

 <https://doi.org/10.47230/agrosilvicultura.medioambiente.v3.n2.2025.15-23>

**Recibido:** 23-01-2025   **Aceptado:** 11-03-2025   **Publicado:** 20-06-2025

Clotilde Victoria Andrade Varela<sup>1\*</sup>

 <https://orcid.org/0000-0003-1953-5921>

Andreina Yaritza Mejillón Domínguez<sup>5</sup>

 <https://orcid.org/0009-0004-7485-7952>

Ángel Rodolfo León Mejía<sup>2</sup>

 <https://orcid.org/0000-0002-3599-3669>

Mercedes Pola Arzube Mayorga<sup>3</sup>

 <https://orcid.org/0000-0002-5304-2998>

Lenni Crisol Ramírez Flores<sup>4</sup>

 <https://orcid.org/0000-0002-0090-0864>

1. Carrera Ingeniería Agropecuaria, Facultad de Ciencias Agrarias; Universidad Estatal Península de Santa Elena; La Libertad; Ecuador.

2. Carrera Ingeniería Agropecuaria, Facultad de Ciencias Agrarias; Universidad Estatal Península de Santa Elena; La Libertad; Ecuador.

3. Carrera Ingeniería Agropecuaria, Facultad de Ciencias Agrarias; Universidad Estatal Península de Santa Elena; La Libertad; Ecuador.

4. Carrera Ingeniería Agropecuaria, Facultad de Ciencias Agrarias; Universidad Estatal Península de Santa Elena; La Libertad; Ecuador.

5. Carrera Ingeniería Agropecuaria, Facultad de Ciencias Agrarias; Universidad Estatal Península de Santa Elena; La Libertad; Ecuador.

**Volumen:** 3

**Número:** 2

**Año:** 2025

**Paginación:** 15-23

**URL:** <https://revistas.unesum.edu.ec/agricultura/index.php/ojs/article/view/64>

**\*Correspondencia autor:** cloandradevarela@gmail.com

## RESUMEN

La presente investigación evaluó la germinación de semillas seleccionadas de café robusta bajo diferentes niveles de estrés hídrico en el sustrato agua de mar, con el objetivo de estimar el desarrollo embrionario de semillas de *Coffea canephora* bajo la influencia de distintas conductividades eléctricas. La valoración se la hizo a través de la germinación desde los 30 hasta los 80 días de la siembra del experimento. La parte estadística, fue analizada a través de un DCA con cuatro tratamientos (CE: 0, 50, 78 y 96dS/m) y cinco repeticiones. Los resultados experimentales demostraron en las figuras de todas las evaluaciones-realizadas al presente estudio, diferencias estadísticas significativas entre tratamientos; pero se debe destacar que los mejores fueron T4 (50 dS/m) por germinar con el 99%, seguido de T2 (96 dS/m) con una germinación del 87% a los 70 días de la evaluación. Evidenciando de esta manera en las semillas de café, una extraordinaria resistencia al estrés hídrico por salinidad, al ser sometidas a altas conductividades eléctricas.

**Palabras clave:** Germinación, Conductividad eléctrica, Estrés hídrico.

## ABSTRACT

The present research evaluated the germination of selected robusta coffee seeds under different levels of water stress in the seawater substrate, with the objective of estimating the embryonic development of *Coffea canephora* seeds under the influence of different electrical conductivities. The assessment was done through germination from 30 to 80 days after sowing the experiment. The statistical part was analyzed through a DCA with four treatments (EC: 0, 50, 78 and 96dS/m) and five repetitions. The experimental results demonstrated in the figures of all the evaluations carried out in the present study, significant statistical differences between treatments; but it should be noted that the best were T4 (50 dS/m) for germination with 99%, followed by T2 (96 dS/m) with a germination of 87% 70 days after the evaluation. Thus evidencing in coffee seeds an extraordinary resistance to water stress due to salinity, when subjected to high electrical conductivities.

**Keywords:** Germinación, Conductividad eléctrica, Estrés hídrico.



Creative Commons Attribution 4.0  
International (CC BY 4.0)

## Introducción

La planta de café es procedente de África, montañas de Abisinia (Etiopía), pero la costumbre de tomar café motivado por la prohibición del islam de tomar alcohol, se le atribuye a los árabes, siendo ellos los primeros en extraer los granos, tostarlos, molerlos y mezclarlos con agua caliente. Esta bebida se consideró religiosa en sus inicios, después en estimulante dado a los guerreros para luchar en las batallas, incluso fue considerada como una bebida mágica con poderes curativos, finalmente esta infusión se convirtió en la bebida social del mundo árabe y de ahí se extendió al resto del mundo Bazzigalupi et al. (2008), constituyéndose en uno de los pilares fundamentales para la sustentación de divisas en países productores en vías de desarrollo, a pesar de la inestabilidad económica por la oscilación de los precios (Cortijo, 2017).

De acuerdo a Encalada y Cuenca (2020), Ecuador cuenta con 199,215 hectáreas de café cultivado, de esta superficie, el 63% corresponde a la especie *Coffea arabica L.*, y el 37% a la variedad de *Coffea canephora* Pierre ex Froehner, específicamente, en las provincias de Loja, El Oro, Napo, Zamora Chinchipe, Pichincha, Bolívar, Chimborazo, Morona Santiago, Imbabura, Cotopaxi, en donde se puede producir desde los 600 a los 2000 m.s.n.m, mientras Manabí y Guayas cultivan este fruto, entre los 300 y 700 m.s.n.m y según Encalada y Cuenca (2020), el café, representa en Ecuador una importante fuente de divisas e ingresos para los diferentes actores involucrados en las cadenas de producción y comercialización.

Según Iglesias (2008), en la provincia de Santa Elena, se han identificado zonas con condiciones agroecológicas adecuadas que permiten la adaptación de clones de café robusta de alta productividad, para ampliar la producción del sector cafetalero, a pesar de las escasas precipitaciones en el territorio, que dificultan las actividades agrícolas, recurriendo a sistemas tecnificados de rie-

go durante la época seca, lo que conlleva a la salinidad de los suelos agrícolas, según Di Vernardo (2014), por las altas concentraciones de sodio y cloruro que afectan a las propiedades físico-química de los mismos, llegando a provocar la inhibición en la emergencia de la semilla, reducción en el tamaño de la planta, hasta llegar a la sequía fisiológica y con ello, muerte del cultivo.

## Materiales y Métodos

El presente trabajo se realizó en condiciones controladas en el laboratorio del Centro de Investigaciones Agropecuarias (CIAP), perteneciente a la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Estatal Península de Santa Elena (UPSE). El material vegetal utilizado en esta investigación (Tabla 1) se obtuvo a través de la recolección de semillas de café robusta, de una plantación establecida desde hace 20 años, perteneciente al Centro de Apoyo Manglaralto de la UPSE; los genotipos, fueron trasladados al laboratorio de "Bioprocessos" de la UPSE-Matriz, para continuar con el debido proceso de limpieza y desinfección.

## Tabla 1.

Descripción del material genético utilizado para evaluar su germinación bajo la influencia de distintas conductividades eléctricas

<i>Coffea canephora</i>	
<b>Planta</b>	Muy resistente, tiene alta productividad
<b>Peso del fruto</b>	50 mg
<b>Tamaño del fruto</b>	8 – 16 mm largo y 12 mm ancho
<b>Porcentaje de germinación</b>	70 - 90%
<b>Madurez fisiológica</b>	220 – 300 días
<b>Cafeína</b>	1,6 a 2,7%
<b>Altitud</b>	200 – 800 m

Dentro de los materiales, también se utilizó el sustrato agua de mar, extraída a 2°21'28.5303" Sur; 80°54'44.7745" w, coordenadas geográficas a 10 millas Costa afuera de Santa Elena, del Puerto de Santa Rosa. Una vez obtenida la muestra, se la llevó en el Centro de Investigaciones Agropecuarias (CIAP), para hacer cuatro diluciones con agua destilada, más una muestra, únicamente con agua destilada; luego las mismas fueron enviadas al laboratorio de manejo de Suelos y Agua de la Estación Experimental Del Austro, del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuaria (INIA), para el respectivo análisis y poder obtener los resultados en especial el de conductividad eléctrica (CE) de cada una de ellas.

Una vez lista la semilla a utilizarse, fueron llevadas al microscopio para examinarlas y asegurarse de que no hubiera presencia de broca (*Hypothenemus hampei*). Finalmente, se procedió a la esterilización de las bandejas germinadoras, donde se depositaron 20 semillas de café en óptimas condiciones, las cuales se consideraron el 100% para cada recipiente.

## Materiales y Métodos

La parte estadística se la manejó a través de un DCA con cuatro tratamientos (CE) y cinco repeticiones y para la comparación de las medias de los tratamientos se aplicó la prueba Tukey al 5% de probabilidad. Los tratamientos, se detallan a continuación

## Tabla 2.

Tratamientos de estudio

Tratamientos	Símbolo	CE	Concentración	% Concentraciones
T1	CE1	0 dS/m	200 ml de agua destilada pura (Testigo-Absoluto)	100% Agua destilada
T2	CE2	96 dS/m	160 ml de agua de mar + 40 ml de agua destilada	80% Agua de mar 20% Agua destilada
T3	CE3	78 dS/m	140 ml de agua de mar + 60 ml de agua destilada	70% Agua de mar 30% Agua destilada
T4	CE4	50 dS/m	120 ml de agua de mar + 80 ml de agua destilada	60% Agua de mar 40% Agua destilada

El parámetro porcentaje de germinación, fue evaluado en función al número de semillas que fueron sembradas en un lapso de 30 días, tiempo en el que inició la germinación del testigo con la emisión de la radícula y así paulatinamente hasta observar similitud en el resto de los tratamientos en estudio, razón por la cual el trabajo de investigación duró 60 días.

## Resultados

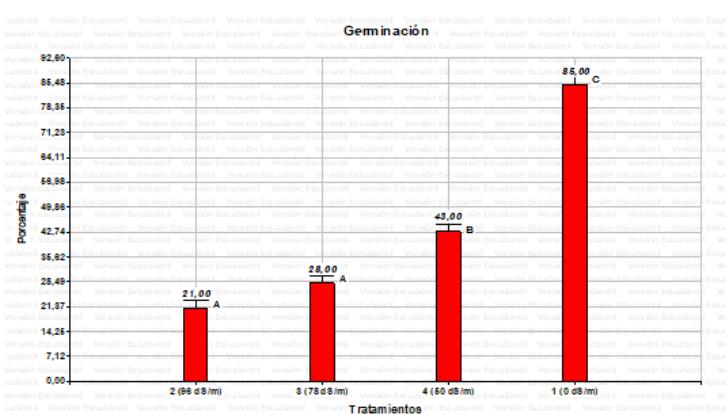
### Porcentaje de germinación

En la Figura 1, se presenta la primera evaluación, realizada a los 30 días después de la siembra, cuando el experimento presentó indicios de germinación en todos los tratamientos. Al respecto, se puede notar que

T2 (96 dS/m) es el de mayor conductividad eléctrica, pero el de menor porcentaje de germinación de semillas con el 21%, en ese orden le sigue T3 (78 dS/m) con un porcentaje del 28%, y entre los tratamientos sometidos a conductividad eléctrica, el mejor fue T4 (50 dS/m) con el 43% de germinación; mientras que el testigo absoluto T1 (0 dS/m) sin conductividad eléctrica, mostró el porcentaje más alto de germinación con un 85% entre todos los tratamientos. En función de estos resultados, se puede mencionar que los tratamientos de la figura 1, demostraron ser indicadores confiables, cuando se trata de hablar sobre resistencia relativa de las plantas a la toxicidad de sales minerales como lo menciona (Ponce-Vaca, 2018)

**Figura 1.**

*Porcentaje de germinación de semillas de café robusta (*Coffea canephora*) al día 30 de evaluación*

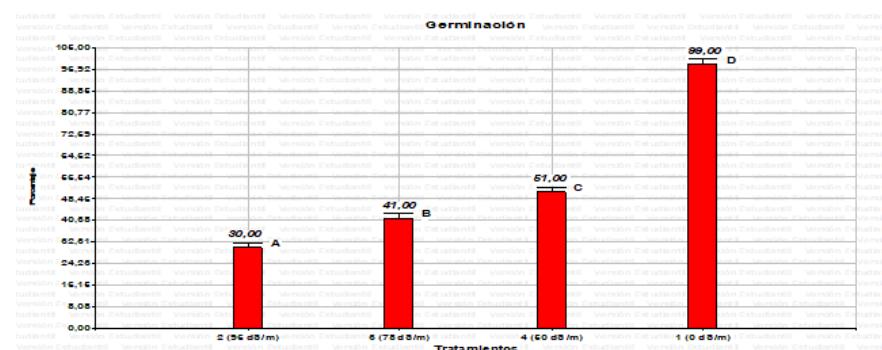


En la figura 2, se reflejan los resultados obtenidos a los 40 días de la evaluación, donde se nota, nuevamente que el tratamiento T2 (96 dS/m) de mayor conductividad eléctrica, ha incrementado su germinación en un 9%, en un lapso de 10 días, desde la primera evaluación realizada a los 30 días; registrando una tasa de gestación del 30%, seguido de T3 (78 dS/m) que incrementó su germinación en un 13% en el mismo lapso de tiempo evaluado, alcanzando una germinación del 41%, es decir a los 40 días de la valoración; mientras T4 (50 dS/m), el tratamiento de menor conductividad eléctri-

ca entre ellos, apenas incrementó su germinación en 8% en el mismo período antes mencionado, obteniendo una germinación del 51%. En el caso del testigo absoluto T1 (0 dS/m) sin conductividad, en el mismo período de valoración, incrementó su germinación en un 14% alcanzando su máximo porcentaje de germinación con el 99%, llegando a su etapa final en esta variable, con lo cual este tratamiento enfatiza, que la semilla de café robusta que germina con pergamino, normalmente lo hace alrededor de los 50 días después de la siembra.

## Figura 2.

Porcentaje de germinación de semillas de café robusta (*Coffea canephora*) al día 40 de evaluación

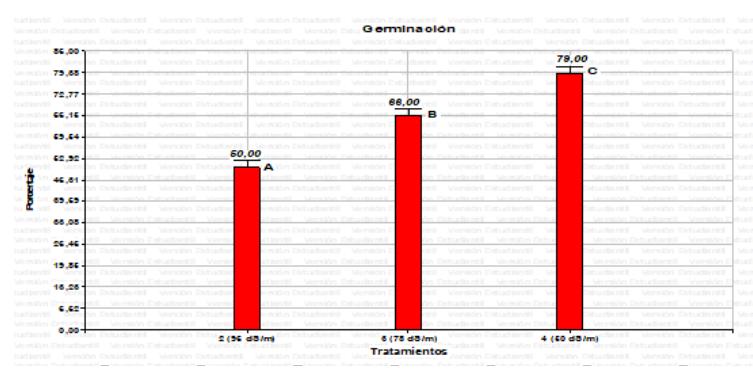


En la figura 3, se puede apreciar a los genotipos en la evaluación del día 50 después de la siembra de las semillas de café robusta, donde podemos resaltar a T4 (50 dS/m) por el incremento significativo del 28% en su germinación en los siguientes 10 días de la evaluación, logrando el valor más alto con el 79%, entre los tratamientos en estudio; seguido del mismo, tenemos a T3 (78 dS/m) que logró un incremento del 25% de gestación en el mismo lapso de tiempo, llegando a un porcentaje de 66%, mientras

que T2 (96 dS/m) a pesar de ser el tratamiento con mayor conductividad eléctrica, registró un valor del 50%, lo que significa, que entre los 40 a 50 días de la evaluación, la germinación se incrementó en un 20%, considerándose un gran logro en este caso, después de que el mismo, estuvo sometido a ese estrés por salinidad. La variación en las conductividades eléctricas de estos tratamientos ha demostrado, tener un impacto significativo en la eficiencia del desarrollo de este tipo de semillas.

## Figura 3.

Porcentaje de germinación de semillas de café robusta (*Coffea canephora*) al día 50 de evaluación



De acuerdo con la Figura 4, los genotipos que fueron sometidos al mayor estrés por salinidad, llegan a los 60 días de la evaluación con mayores incrementos en su germinación; así observamos a T4 (50 dS/m) que se destaca al presentar el valor más alto de germinación alcanzando el 93%, mientras

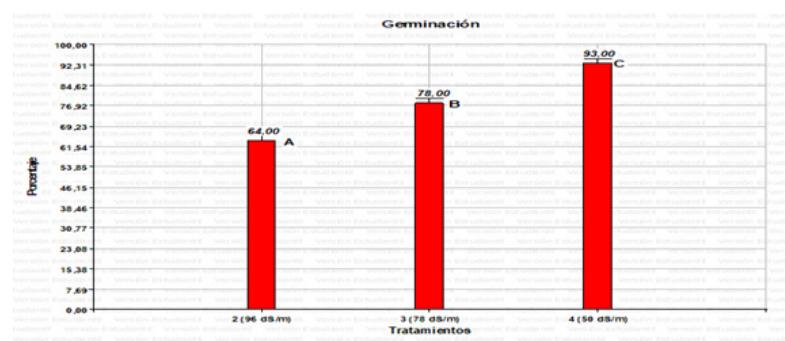
T3 (78 dS/m) con cuya conductividad, ya obtiene el 78%, de germinación, logrando un incremento del 12% en el transcurso de 10 días; similar situación ocurrió con T2 (96 dS/m) que alcanza una gestación del 64%, logrando un incremento del 14%, dentro del mismo período de tiempo. A pesar de lo

perjudicial que resulta ser la salinidad en el crecimiento de las plantas, principalmente porque los electrolitos son tóxicos para las células vegetales cuando se presentan en

altas conductividades eléctricas, es preciso resaltar que las semillas de café robusta sometidas a estas condiciones de salinidad, reflejan una respuesta altamente positiva.

**Figura 4.**

Porcentaje de germinación de semillas de café robusta (*Coffea canephora*) al día 60 de evaluación

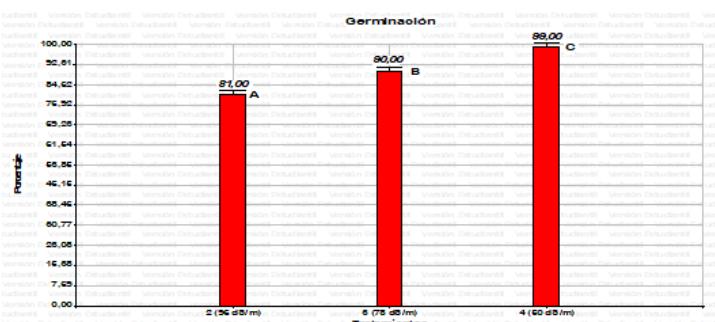


En la Figura 5, podemos observar a los genotipos llegando a los 70 días de la evaluación, mismos que fueron sometidos a las mayores conductividades eléctricas. En los resultados se puede verificar que, el tratamiento T4 (50 dS/m), alcanza su máxima germinación con el 99%, logrando en los 10 días transcurridos, un incremento del 6% mientras T3 (78 dS/m) con un valor 90% de germinación, logra en el mismo lapso de tiempo un incremento del 12%, finalmente T2 (96 dS/m) el tratamiento de la conductividad eléctrica más alta, consigue el 81%

de germinación, logrando significativamente un incremento del 17% de germinación en mismo intervalo de tiempo. Lo ocurrido en estos resultados, se debe posiblemente a lo señalado por (8) quienes mencionan que el agua de mar, sustrato utilizado en el presente estudio; contiene numerosos elementos minerales, con conocidos efectos antioxidantes e inmuno moduladores, tales como silicio, selenio, hierro, calcio, magnesio, cobre y zinc, entre otros; permitiendo a los genotipos incrementar el contenido de polifenoles y favorecer su sistema inmune.

**Figura 5.**

Porcentaje de germinación de semillas de café robusta (*Coffea canephora*) al día 70 de evaluación



En la Figura 6, se observa la evaluación final realizada a los 80 días de la siembra

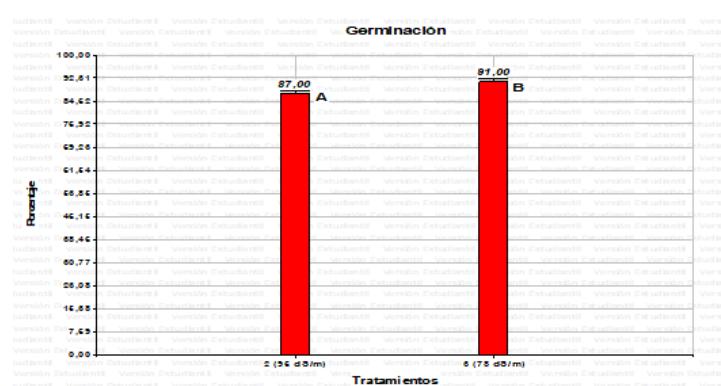
del experimento, donde se puede resaltar, a los mejores tratamientos como es el caso

de T3 (78 dS/m) y T2 (96 dS/m), por haber logrado llegar al 91 y 87% de germinación respectivamente, con las conductividades eléctricas más altas dentro del experimento. Al respecto, se puede subrayar, que los porcentajes de germinación obtenidos con estos tratamientos, a los 80 días de la evaluación, nos dan la pauta que, para germinar semillas, se puede utilizar altos niveles de conductividad eléctrica con resultados óptimos; al contrario de lo expresado por (9) quienes proponen que al llevar a cabo programas de selección basados en la germinación bajo estrés salino con NaCl sería apropiado, emplear potenciales inferiores

a -0,62 MPa (12 dS/m-1) y sugieren que soluciones con -1 MPa (18 dS/m-1) serían adecuadas para obtener una presión de selección eficiente. Además, se debe hacer énfasis, en el hecho de que, el análisis de agua realizado al sustrato agua de mar del presente estudio dio como resultado, contenidos normales de Ca y altos en el caso de Mg, Na y K, resaltando que estos elementos, pueden causar restricción en su uso; pero posiblemente, fueron los nutrientes minerales a los que se les puede atribuir las causas de la germinación de las semillas de café robusta y su tolerancia a la salinidad

## Figura 6.

Porcentaje de germinación de café robusta (*Coffea canephora*) al día 80 de la evaluación



## Conclusiones

- Se logró el desarrollo embrionario de semillas de café robusta con el 91 y 87% respectivamente, a los 80 días de la evaluación del experimento, bajo la influencia de conductividades eléctricas de 78 y 96 dS/m.
- Se evidenció una notable resistencia al estrés por salinidad en los genotipos de café durante todos los días de las evaluaciones.

## Bibliografía

- Bazzigalupi, O., Pistorale, S. M., y Andrés, A. N. (2008). Tolerancia a la salinidad durante la germinación de semillas provenientes de poblaciones naturalizadas de agropiro alargado (*Thinopyrum ponticum*). Ciencia e Investigación Agraria, 35(3), 277-285. <https://doi.org/10.4067/S0718-16202008000300005>
- Cortijo, J. D. (2017). Manual del cultivo de café. Infocafés. <http://infocafes.com/portal/wp-content/uploads/2017/01/cafe.pdf>
- Di Bernardo, M. (2014). Valoración terapéutica del agua de mar en modelos experimentales como terapia complementaria en anemia. Médicas UIS, 27(3), 9-18. [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0121-03192014000300002](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0121-03192014000300002)

- Encalada, M., y Cuenca, E. (2020). Fenología del café (Coffea arabica L.) en tres sitios de producción cafetalera de Malacatos, Chaguarpamba y Zapotepamba de la provincia de Loja [Tesis de Grado, Universidad Nacional de Loja]. Repositorio Digital UNL. <https://dspace.unl.edu.ec/jspui/handle/123456789/23702>
- Iglesias Avellán, V. M. (2008). Evaluación económica y financiera de empresa asociativa de comercialización de café para la región centro sur de Manabí [Tesis de Grado, Escuela Superior Politécnica del Litoral]. Repositorio ESPOL. <http://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/4144>
- Ponce-Vaca, L. A. (2018). Situación de la caficultura ecuatoriana: Perspectivas. *Estudios del Desarrollo Social: Cuba y América Latina*, 6(1), 307-325. [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2308-01322018000100017](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2308-01322018000100017)

**Cómo citar:** Andrade Varela, C. V., León Mejía, Ángel R., Arzube Mayorga, M. P., Ramírez Flores, L. C., & Mejillón Domínguez, A. Y. (2026). Desarrollo embrionario de semillas de café robusta (coffea canephora) bajo la influencia de diferentes conductividades eléctricas. *Agrosilvicultura Y Medioambiente*, 3(2), 14–23. <https://doi.org/10.47230/agrosilvicultura.medioambiente.v3.n2.2025.14-23>