

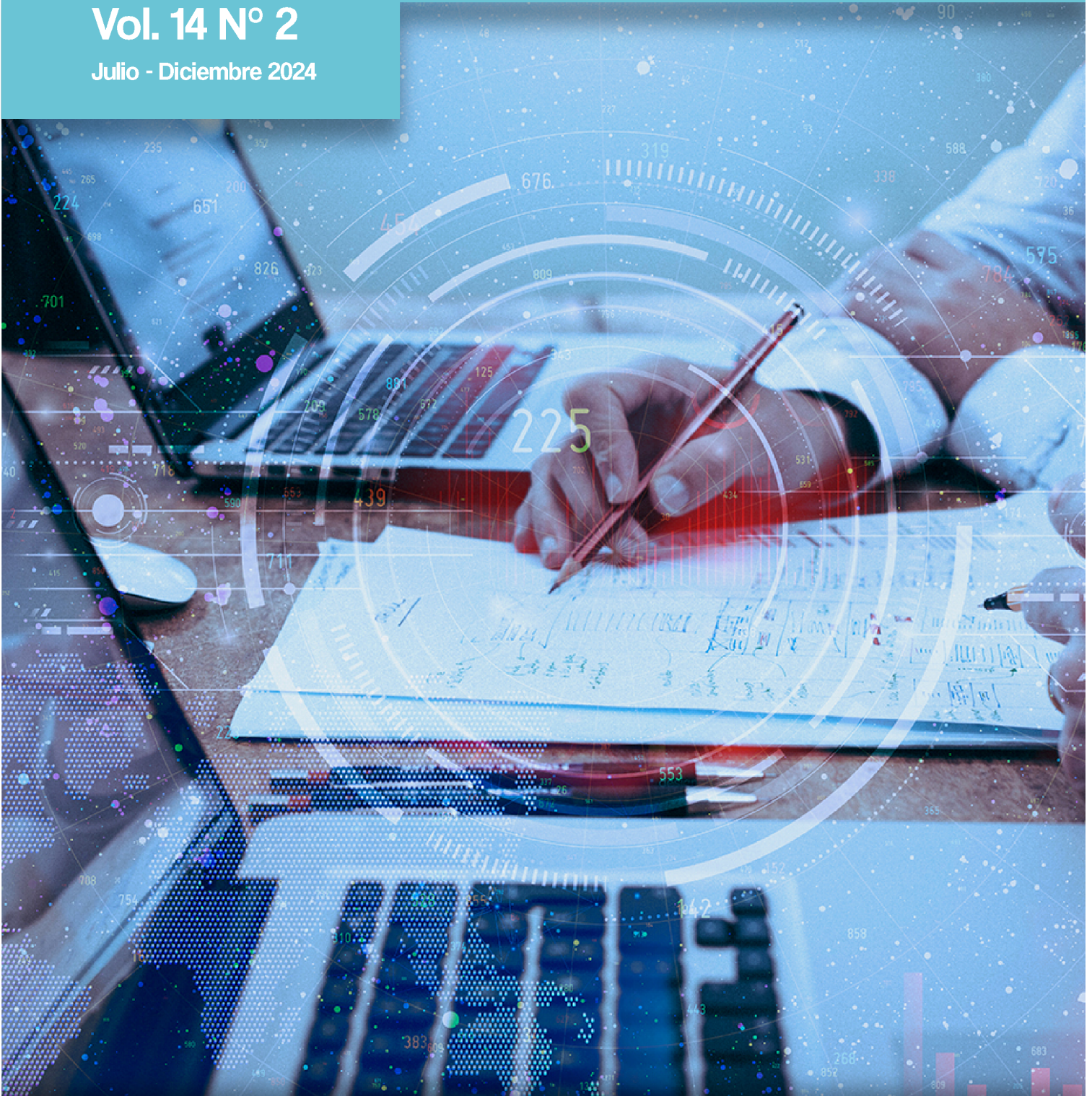
Red de Investigación Estudiantil de la Universidad del Zulia
Revista Venezolana de Investigación Estudiantil

REDIELUZ

Sembrando la investigación estudiantil

Vol. 14 N° 2

Julio - Diciembre 2024



ISSN: 2244-7334
Depósito Legal: pp201102ZU3769



VAC

Universidad del Zulia
Vicerrectorado Académico

EFICIENCIA BIOTECNOLÓGICA DE AUXINAS A PARTIR DE LENTEJAS (*LENS CULINARIS*) COMO ENRAIZANTE EN PLÁNTULAS DE CACAO

Biotechnological efficiency of auxins from lentils (*Lens culinaris*) as rooting in cocoa seedlings

Cagua Montaña-Luis¹, Pazmiño Gómez-Betty¹, Andaluz Guamán-Alonso¹, Aguilar Grana-

dos-Carlos², Andrade Avila-Job³, Mejía Logo-Jaleny¹

¹ Universidad Estatal de Milagro, ² Unidad Educativa 17 de Septiembre,

³ Unidad Educativa Santa Teresita del Niño Jesús

<https://orcid.org/0000-0002-5084-14601>,

¹lcaguam@unemi.edu.ec

RESUMEN

En Ecuador, la producción de *Theobroma cacao* L., en su mayoría está enfocada en las provincias de los Ríos, Guayas, Manabí y Sucumbíos, su medio de propagación se basa de forma sexual mediante semillas o asexuales por medio de estacas, acodos e injertos, especialmente para obtener un buen desarrollo como en el crecimiento de la planta. Se ha buscado una alternativa biotecnológica para el uso de una fitohormona (auxina) obtenida de forma natural del extracto de lenteja que ayude en el desarrollo y crecimiento radicular en plántulas de cacao. En los estudios realizados en los diferentes tratamientos tanto el T1 (testigo), T2 (extracto de lenteja) y T3 (urea), se demostraron los siguientes resultados teniendo en cuenta que el mejor tratamiento es el extracto de lenteja T2, se obtuvo un promedio de longitud 47 cm en las raíces, además de 6 raíces por plántula y la longitud de las hojas de 23 cm en las plántulas de cacao. El extracto de lenteja, que contiene fitohormonas auxinas, demostró ser efectivo en las plántulas de cacao al ser aplicado durante el periodo de crecimiento y desarrollo. Su uso favoreció el crecimiento del follaje, el sistema radicular y aumentó significativamente el número de raíces.

Palabras clave: *Theobroma cacao* L., Auxinas, *lens culinaris*, Fitohormonas.

ABSTRACT

In Ecuador, the production of *Theobroma cacao* L. is primarily concentrated in the provinces of Los Ríos, Guayas, Manabí, and Sucumbíos. Its propagation is carried out either sexually through seeds or

asexually using cuttings, layering, or grafting, particularly to ensure optimal development and growth of the plant. As a biotechnological alternative, the use of a natural phytohormone (auxin) derived from lentil extract has been explored to support root development and growth in cocoa seedlings. Studies conducted on different treatments, including T1 (control), T2 (lentil extract), and T3 (urea), demonstrated that the best results were obtained with the lentil extract (T2). This treatment resulted in an average root length of 47 cm, six roots per seedling, and leaf length of 23 cm in cocoa seedlings. Lentil extract, which contains auxin phytohormones, proved effective when applied during the growth and development stages of cocoa seedlings. Its application significantly enhanced foliage growth, root system development, and increased the number of roots.

Keywords: *Theobroma cacao* L., Auxins, *Lens culinaris*, Phytohormones.

Recibido: 23-10-2024 Aceptado: 01-11-2024

INTRODUCCIÓN

Theobroma cacao L., es originario del bosque húmedo tropical de América del Sur, y es uno de los productos agrícolas de mayor importancia a nivel mundial, debido a que se obtienen subproductos de gran valor nutritivo. Además, se considera un superalimento por su poder antioxidante y su contenido en compuestos como los polifenoles, los cuales, se han relacionado con posibles beneficios para la salud (López y Gil, 2017).

En Ecuador la producción de cacao está enfocada principalmente en las provincias de Los Ríos, Guayas, Manabí y Sucumbíos. La cultivación de esta planta en los sectores agrícolas se basa por medio de la propagación, la cual puede ser de forma sexual mediante semillas y de forma asexual utilizando estacas, acodos e injertos (Reyes, 2014).

El uso de productos bioestimulantes u hormonas vegetales, hacen que la producción sea más eficiente debido a que ayudan, a obtener plantas con buen vigor, dichos estimulantes, al ser aplicados a las plantas incrementan la absorción y asimilación de nutrientes, tolerancia al estrés o mejoran sus características independientemente del contenido de nutrientes que aporten. La aplicación de este tipo de productos orgánicos hace que la planta asimile los nutrientes y se desarrollen de manera óptima, sin que la planta presente anomalías y estas sean difíciles de controlar (Héctor et al., 2020).

Las hormonas vegetales son moléculas señalizadoras, que están situadas en las diferentes partes de los tejidos de una planta y debido a sus cantidades específicas, tiene la capacidad regular y controlar la mayor parte de procesos tanto fisiológicos como bioquímicos, tales como, la división celular, el desarrollo, la diferenciación de órganos aéreos y las raíces. También, tienen la capacidad de regular la embriogénesis, la germinación de diferentes semillas, la floración, la formación del fruto y la caída de la parte foliar (Porta y Jiménez, 2019).

Las semillas como las leguminosas se consideran una de las fuentes importantes de proteínas de alta calidad, en los cultivos de sistemas agrícolas sostenibles (Aasim et al. 2022). Los granos como los guisantes, garbanzos, frijoles y especialmente las lentejas se encuentran entre los cultivos más antiguos y cultivados por los humanos, siendo la lenteja una de las semillas de mayor importancia, debido a su contribución a la alimentación humana en muchas partes del mundo (Zou et al. 2011).

La lenteja es uno de los granos que tiene la capacidad de proporcionar proteínas y fibra, así como

vitaminas y minerales (Alam et al. 2019). Además, los granos de lenteja son considerados como un enraizante natural, debido a que contienen una alta concentración de fitohormona llamada auxina, que tiene la capacidad de regular el crecimiento de las raíces, esta hormona vegetal tiene la capacidad de dar lugar a la formación y elongación de tallos, producción de diferentes raíces y el aumento de la dominancia apical (Alcántara et al. 2019).

METODOLOGÍA

Obtención de plántulas de Cacao

Para este proyecto de investigación se utilizaron 9 plántulas de cacao con características deseables, las cuales, fueron adquiridas de manera comercial.

Obtención de la sustancia enraizadora a base de granos de lenteja

Para la obtención de la sustancia enraizadora, se incorporan 500 g de semillas sanas en un recipiente de 1 litro con agua durante 24 horas. Al segundo día luego de haber pasado las 24 horas, se extrae el agua obtenida, Tabla 1.

Descripción de los tratamientos

La lenteja, se guarda posteriormente en un recipiente. Luego se colocan las semillas en un recipiente nuevo por 4 días para permitir que las semillas germinen. Al 5 día, se procede a incorporar el agua obtenida de la lenteja con las semillas germinadas y se procede a licuar y filtrar para retirar la parte sólida y dejar el líquido o extracto de lenteja en un recipiente para su aplicación.

Tratamientos

Se utilizaron 3 tratamientos con 3 repeticiones por cada uno, un total de 9 unidades experimentales

Tabla 1. Unidades experimentales

Repeticiones	Tratamientos	Compuesto	Dosis (ml)
3	T1	Sin producto	0%
3	T2	Extracto de lenteja	100%
3	T3	Úrea (producto comercial)	20%

Fuente: Cagua Montaña, Pazmiño Gómez, Andaluz Guamán, Aguilar Granados, Andrade Avila, Mejía Logo (2024)

Nota. En los diferentes tratamientos con tres réplicas cada uno, el T1 sin dosis de enraizante, T2 con dosis de enraizamiento de extracto de lenteja al 100% de concentración y el T3 con 6g de urea diluido en 20 ml de agua destilada.

Aplicación de enraizador

Para la aplicación del enraizante de lenteja y el producto comercial el procedimiento se realizó con la ayuda de una jeringa de 20 ml. En donde, en el T1 no se aplicó ningún tipo de enraizante, en el T2 se aplicó 100 % de enraizante natural 4 veces cada 8 días consecutivos, en el T3 se aplicó 6g de urea diluido en 20 ml de agua destilada 2 veces cada 17 días.

MATERIALES

Para el desarrollo de este trabajo experimental, se utilizaron materiales de especie vegetal (Figura 1), sustancias enraizadoras (Figura 2 y 3) y equipos e instrumentos (Tabla 1).

Figura 1. Plántulas de cacao



Fuente: Cagua Montaña, Pazmiño Gómez, Andaluz Guamán, Aguilar Granados, Andrade Avila, Mejía Logo (2024)

Nota. El árbol del cacao es considerado económicamente importante por sus semillas, es el principal recurso para la producción de chocolate, uno de los productos más consumidos en el mundo, así como sus derivados y subproductos (García et al., 2021).

Sustancia enraizadora

Se extrajo de las semillas de lenteja como punto de partida del proyecto de investigación.

Figura 2. Extracto de lenteja



Fuente: Cagua Montaña, Pazmiño Gómez, Andaluz Guamán, Aguilar Granados, Andrade Avila, Mejía Logo (2024)

Figura 3. Urea, producto comercial



Fuente: Cagua Montaña, Pazmiño Gómez, Andaluz Guamán, Aguilar Granados, Andrade Avila, Mejía Logo (2024)

Nota. La úrea es un componente inorgánico utilizado en la agricultura en el desarrollo y crecimiento de las plántulas.

Tabla 2. Equipos y herramientas utilizadas en la obtención de extracto de lenteja

Balanza analítica
Vaso de precipitado Recipiente de plástico con tapa Papel aluminio
Recipiente ámbar
Jeringas

Fuente: Cagua Montaña, Pazmiño Gómez, Andaluz Guamán, Aguilar Granados, Andrade Avila, Mejía Logo (2024)

Nota. Los equipos y herramientas utilizados ayudarán a la obtención y aplicación de la hormona natural (auxinas) que se obtiene por medio de las semillas de lentejas (*Lens culinaris*).

RESULTADOS

Longitud y números de raíces por tratamientos y réplicas

En las tablas 3, 4 y 5 se observaron las longitudes cm³ y números de raíces obtenidas en los diferentes tratamientos, testigos sin producto, extracto de lenteja y úrea.

Tabla 3. Testigo

N° de raíces	T1 -R1	T1-R2	T1-R3
1	34	62	54
2	62	34	42
3	50	54	78
4	38	64	54
5	40	-	35
6	23	-	-
7	23	-	-
8	40	-	-

Fuente: Cagua Montaña, Pazmiño Gómez, Andaluz Guamán, Aguilar Granados, Andrade Avila, Mejía Logo (2024)

Nota. El T1 (testigo) muestra las cantidades de raíces por réplicas, donde la R1 contiene 8 raíces mientras que la réplica R2 con 4 y réplica R3 con 5 raíces.

Tabla 4. Extracto de lenteja

N° de raíces	T2-R1	T2-R2	T2-R3
1	37	48	52
2	52	49	81
3	48	30	32
4	46	44	23
5	48	104	47
6	47	-	32
7	40	-	40
8	32	-	-
9	39	-	-
10	44	-	-
11	67	-	-
12	67	-	-
13	45	-	-
14	29	-	-
15	33	-	-

Fuente: Cagua Montaña, Pazmiño Gómez, Andaluz Guamán, Aguilar Granados, Andrade Avila, Mejía Logo (2024)

Nota. El T2 (Extracto de lenteja) las cantidades de raíces por réplicas, donde la R1 contiene 15 raíces mientras que la réplica R2 con 5 y réplica R3 con 7 raíces.

Tabla 5. Úrea

N° de raíces	T3-R1	T3-R2	T3-R3
1	31	49	52
2	36	53	81
3	68	40	32
4	33	29	23
5	-	27	47
6	-	34	32
7	-	44	40

Fuente: Cagua Montaña, Pazmiño Gómez, Andaluz Guamán, Aguilar Granados, Andrade Avila, Mejía Logo (2024)

Nota. En la tabla 5 se puede observar un mínimo crecimiento de raíces, estimuladas con úrea.

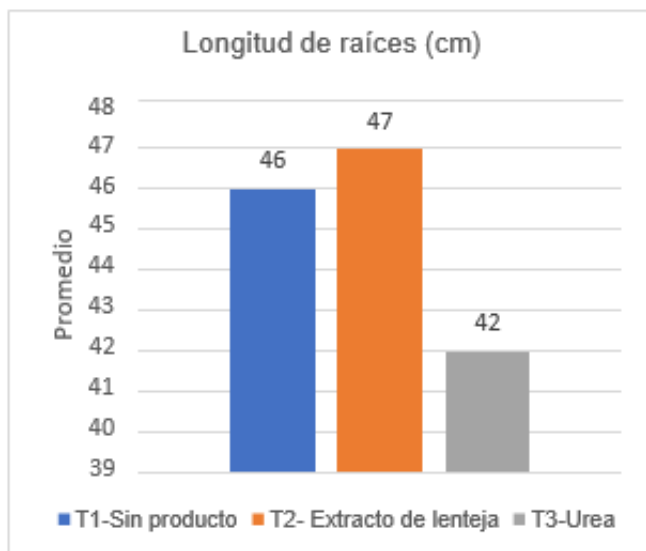
Número de raíces

En la tabla 6, se observan los promedios obtenidos del número de raíces en los diferentes tratamientos, se demuestra que el T2 (extracto de lenteja) presentó un promedio de 6 raíces, mientras que, los T1 testigo y T3 urea presentaron un promedio de 4 raíces, siendo menor el de T3.

Tabla 6. Promedio del Número de raíces

Tratamientos	Promedio
T1-Testigo	4
T2-Extracto de lenteja	6
T3-Urea	4

Fuente: Cagua Montaña, Pazmiño Gómez, Andaluz Guamán, Aguilar Granados, Andrade Avila, Mejía Logo (2024)

Figura 4. Diagrama de los promedios de números de raíces (cm)

Fuente: Cagua Montaña, Pazmiño Gómez, Andaluz Guamán, Aguilar Granados, Andrade Avila, Mejía Logo (2024)

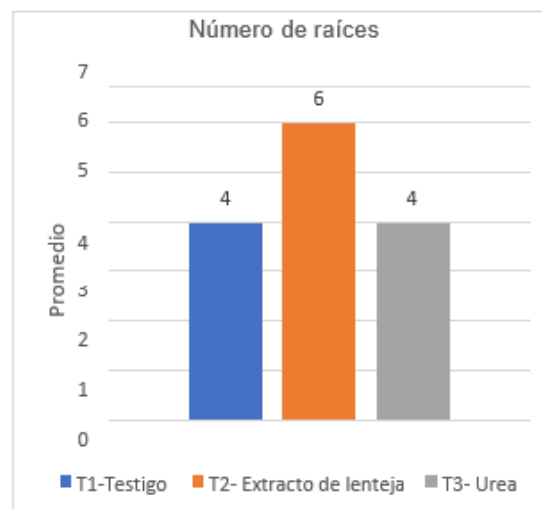
Longitud de raíces (cm)

Los promedios de longitud de raíces en la (tabla 7), demuestra que hubo una pequeña diferencia estadística en los diferentes tratamientos. En los resultados obtenidos indican que tanto el T2 (extracto de lenteja) presentó mayor longitud de raíces 47 cm, al igual que el T1 testigo 46 cm, mientras que, T3 (úrea) tuvieron menor longitud de raíces 42 cm.

Tabla 7. Promedios de longitud de raíces en cm.

Tratamientos	Promedio
T1- sin producto	46
T2- extracto de lenteja	47
T3- Úrea comercial	42

Fuente: Cagua Montaña, Pazmiño Gómez, Andaluz Guamán, Aguilar Granados, Andrade Avila, Mejía Logo (2024)

Figura 5. Diagrama de los promedios de longitud de raíces

Fuente: Cagua Montaña, Pazmiño Gómez, Andaluz Guamán, Aguilar Granados, Andrade Avila, Mejía Logo (2024)

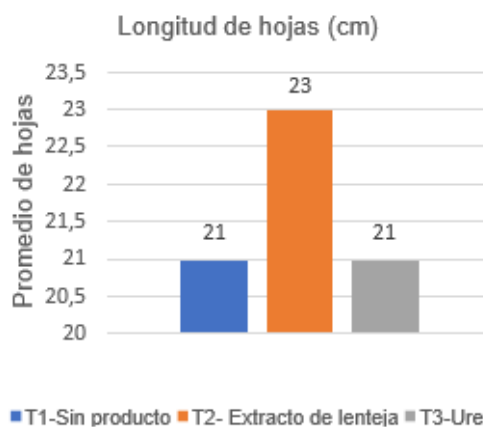
Longitud hojas de cada tratamiento

Para obtener la longitud de las hojas por cada tratamiento y réplicas se eligieron 5 hojas de la parte superior por cada planta. En la tabla 8, se observó los promedios obtenidos de la longitud de las hojas, demostró que el extracto de lenteja presentó un mayor tamaño en referencia al T1 y T3.

Tabla 8. Promedio hojas

Tratamientos	Promedio
T1- sin producto	21
T2- extracto de lenteja	23
T3- Urea comercial	21

Fuente: Cagua Montaña, Pazmiño Gómez, Andaluz Guamán, Aguilar Granados, Andrade Avila, Mejía Logo (2024)

Figura 6. Diagrama de los promedios de hojas (cm)

Fuente: Cagua Montaña, Pazmiño Gómez, Andaluz Guamán, Aguilar Granados, Andrade Avila, Mejía Logo (2024)

Además, demostró que el T2 extracto de lenteja, presentó alargamiento de las células radiculares, mejor desarrollo y dominancia apical.

La aplicación de los datos obtenidos, permitió caracterizar los diferentes tratamientos como son testigo, extracto de lenteja y úrea, estos resultados permitieron evidenciar la efectividad que tiene el extracto de lenteja en el proceso de crecimiento especialmente en la parte radicular de la planta, siendo así, una aplicación biotecnológica en el desarrollo de sistema radicular en plántulas de cacao.

DISCUSIÓN

La lenteja es uno de los granos que tiene la capacidad de proporcionar diferentes proteínas, vitaminas y minerales, por medio de su germinación los granos de lenteja tienden a obtener concentraciones de auxinas en las raíces que aumenta durante los primeros días de la germinación. De acuerdo con Mir et al. (2020) las auxinas son reguladores primarios que tienden a regular el crecimiento y desarrollo de las plantas.

La extracción de la fitohormona auxina, de las semillas de lenteja germinadas tienen la capacidad de regular el crecimiento de las raíces, dicha hormona vegetal juega un papel importante en la elongación de tallos, el crecimiento de raíces y el aumento de la dominancia apical, de acuerdo con Rhaman et al. (2021). Además, las auxinas son las fitohormonas más conocidas que muestran un papel vital en el crecimiento de las plantas, el desarrollo, tanto en el crecimiento de las plántulas de cacao.

CONCLUSIONES

El extracto de lenteja, rico en fitohormonas tipo auxinas, demostró ser una alternativa biotecnológica efectiva para mejorar el desarrollo radicular y el crecimiento general de plántulas de *Theobroma cacao* L.

En los tratamientos evaluados, el T2 (extracto de lenteja) presentó mejores resultados en cuanto al número de raíces (6 raíces por plántula), longitud de raíces (47 cm) y longitud de hojas (23 cm), superando a los tratamientos T1 (sin producto) y T3 (urea comercial).

La aplicación del extracto de lenteja promovió un crecimiento más vigoroso del sistema radicular, lo cual es esencial para una mayor absorción de nutrientes y agua, favoreciendo así el establecimiento y desarrollo de las plántulas.

Los resultados obtenidos evidencian que el extracto de lenteja puede ser utilizado como un enraizante natural y biodegradable, contribuyendo a una agricultura más sostenible al reducir la dependencia de productos químicos sintéticos.

Este estudio reafirma el potencial de los productos naturales, como las semillas de lenteja, en el desarrollo de prácticas agrícolas eficientes, especialmente en cultivos de importancia económica como el cacao.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- A., Nadeem, M., Ali, S., Hatipoğlu, R., Çiftçi, V., Habyarimana, E., Karaköy, T., y Chung, Y. (2022). Innovación en el mejoramiento de frijol común a través de un enfoque combinado de regeneración in vitro y algoritmos de aprendizaje automático. *Fronteras de La Genética*, 13. <https://doi.org/10.3389/FGENE.2022.897696/FULL>
- Alam, M., Hoque, M., Ahammed, G., McGee, R., y Carpintero, L. (2019). Acumulación de arsénico en genotipos de lenteja (*Lens culinaris*) y riesgo asociado al consumo de granos. *Informes Científicos*, 9(1), 1–9. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-45855-z>
- Alcántara, J., Acero, J., Alcántara, J., y Sánchez, R. (2019). Principales reguladores hormonales y sus interacciones en el crecimiento vegetal. *Nova*, 17(32), 109–129. <https://doi.org/10.25058/24629448.3639>
- Cruces, H. (2021). Efecto de cuatro enraizantes naturales en la germinación de semilla de palta (*Persea americana*) variedad topa topa, Comunidad Santa Catalina de Tranca, San Miguel, La Mar, Ayacucho [Trabajo de Titulación, Universidad José Carlos Mariátegui] <https://repositorio.ujcm.edu.pe/handle/20.500.12819/1042>
- Echevarría, A., Wong, F., Borboa, J., Rodríguez, F., del Toro, C., y García, J. (2020). Sistema de liberación prolongada de urea en polvo con potencial uso en la agricultura sustentable. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 7(2), e2489. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-90282020000200211
- Héctor, E., Torres, A., Fosado, O., Peñarrieta, S., Jarre, V., Mendranda, F., y Montoya, J. (2020). Influencia de bioestimulantes sobre el crecimiento y el rendimiento de cultivos de ciclo corto en Manabí, Ecuador. *Cultivos Tropicales*, 41(4). http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0258-59362020000400002

- López, S., y Gil, A. (2017). Características germinativas de semillas de *Theobroma cacao* L. (Malvaceae) "cacao." *Arnaldoa*, 24(2), 609–618. <https://doi.org/10.22497/ARNALDOA.242.24212>
- Mir, A., Siddiqui, H., Alam, P., y Hayat, S. (2020). La pulverización foliar de Auxin/IAA modula la fotosíntesis, la composición elemental, la localización de ROS y la maquinaria antioxidante para promover el crecimiento de *Brassica juncea*. *Fisiología y Biología Molecular de Las Plantas*, 26(12), 2520. <https://doi.org/10.1007/S12298-020-00914-y>
- Porta, H., y Jiménez, G. (2019). Papel de las hormonas vegetales en la regulación de la autofagia en plantas. *Revista Especializada En Ciencias Químico- Biológicas*, 22, 1–11. <https://doi.org/10.22201/fesz.23958723e.2019.0.160>
- Reyes, E. (2014). Propagación vegetativa de cacao (*theobroma cacao* L.) con dos tipos de estacas y cuatro dosis de ácido indolbutírico (aib) en cámara de subirrigación en Tingo María [Tesis de grado, Universidad Nacional Agraria de la Selva]. <http://repositorio.unas.edu.pe/handle/UNAS/1179>
- Rhaman, M., Imran, S., Rauf, F., Khatun, M., Baskin, C., Murata, Y., y Hasanuzzaman, M. (2020). Cebado de semillas con fitohormonas: un enfoque eficaz para la mitigación del estrés abiótico. *Plantas*, 10(1), 37. <https://doi.org/10.3390/PLANTS10010037>
- Torres, J., Gonzáles, K., Acevedo, D., y Jaimes, J. del C. (2016). Efecto de la utilización de harina de *Lens culinaris* como extensor en las características físicas y aceptabilidad de una salchicha. *Tecnura*, 20(49), 15–28. <https://doi.org/10.14483/UDISTRITAL.JOUR.TECNU RA.2016.3.A01>
- Zou, Y., Chang, S., Gu, Y., y Qian, S. (2011). Actividad antioxidante y composición fenólica del extracto de lenteja (*Lens culinaris* var. Morton) y sus fracciones. *Revista de Química Agrícola y Alimentaria*, 59(6), 2276. <https://doi.org/10.1021/JF104640K>