



UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

CARRERA DE AGRONOMÍA

**Evaluación de bioestimulante orgánico en cacao (*Theobroma cacao* L.)
variedad Nacional en etapa de vivero**

**ECHEVERRIA SALAZAR ALBERTO JAVIER
INGENIERO AGRONOMO**

**VEGA ARMIJOS JULIO EDWIN
INGENIERO AGRONOMO**

**MACHALA
2022**



UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

CARRERA DE AGRONOMÍA

**Evaluación de bioestimulante orgánico en cacao (*Theobroma cacao*
L.) variedad Nacional en etapa de vivero**

**ECHEVERRIA SALAZAR ALBERTO JAVIER
INGENIERO AGRONOMO**

**VEGA ARMIJOS JULIO EDWIN
INGENIERO AGRONOMO**

**MACHALA
2022**



UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

CARRERA DE AGRONOMÍA

ENSAYOS O ARTÍCULOS ACADÉMICOS

**Evaluación de bioestimulante orgánico en cacao (*Theobroma cacao*
L.) variedad Nacional en etapa de vivero**

**ECHEVERRIA SALAZAR ALBERTO JAVIER
INGENIERO AGRONOMO**

**VEGA ARMIJOS JULIO EDWIN
INGENIERO AGRONOMO**

LUNA ROMERO ANGEL EDUARDO

**MACHALA
2022**

Cienfuegos, 16 de febrero de 2023

Carta de aceptación

Por este medio se comunica que el artículo: **EVALUACIÓN DE BIOESTIMULANTE ORGÁNICO EN CACAO (*THEOBROMA CACAO* L.) VARIEDAD NACIONAL EN ETAPA DE VIVERO**; de los autores: Alberto Javier Echeverría Salazar, Julio Edwin Vega Armijos, Angel Eduardo Luna-Romero; se encuentra listo para su publicación en el **volumen 11, número 1** (enero - abril 2023), de la Revista “**Agroecosistemas**”, con **ISSN: 2415-2862**. La revista se encuentra certificada por el Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente (CITMA) como Publicación Seriada Científico-Tecnológica. También se encuentra indexada en directorios, catálogos y bases de datos internacionales como: Directory of Open Access Journals (DOAJ), la Red Iberoamericana de Innovación y Conocimiento Científico (REDIB) y Latindex.

Escanee el código QR para obtener una copia fiel de este documento en la base de datos de la editorial.



Atentamente,



Dr.C. Denis Fernández Álvarez
Jefe de Departamento- Editorial “Universo Sur”
Universidad de Cienfuegos, Cuba



CLÁUSULA DE CESIÓN DE DERECHO DE PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO DIGITAL INSTITUCIONAL

Los que suscriben, ECHEVERRIA SALAZAR ALBERTO JAVIER y VEGA ARMIJOS JULIO EDWIN, en calidad de autores del siguiente trabajo escrito titulado Evaluación de bioestimulante orgánico en cacao (*Theobroma cacao* L.) variedad Nacional en etapa de vivero, otorgan a la Universidad Técnica de Machala, de forma gratuita y no exclusiva, los derechos de reproducción, distribución y comunicación pública de la obra, que constituye un trabajo de autoría propia, sobre la cual tienen potestad para otorgar los derechos contenidos en esta licencia.

Los autores declaran que el contenido que se publicará es de carácter académico y se enmarca en las disposiciones definidas por la Universidad Técnica de Machala.

Se autoriza a transformar la obra, únicamente cuando sea necesario, y a realizar las adaptaciones pertinentes para permitir su preservación, distribución y publicación en el Repositorio Digital Institucional de la Universidad Técnica de Machala.

Los autores como garantes de la autoría de la obra y en relación a la misma, declaran que la universidad se encuentra libre de todo tipo de responsabilidad sobre el contenido de la obra y que asumen la responsabilidad frente a cualquier reclamo o demanda por parte de terceros de manera exclusiva.

Aceptando esta licencia, se cede a la Universidad Técnica de Machala el derecho exclusivo de archivar, reproducir, convertir, comunicar y/o distribuir la obra mundialmente en formato electrónico y digital a través de su Repositorio Digital Institucional, siempre y cuando no se lo haga para obtener beneficio económico.

ECHEVERRIA SALAZAR ALBERTO JAVIER

0706618733

VEGA ARMIJOS JULIO EDWIN

0750433542

EVALUACIÓN DE BIOESTIMULANTE ORGÁNICO EN CACAO (*THEOBROMA CACAO* L.) VARIEDAD NACIONAL EN ETAPA DE VIVERO

EVALUATION OF ORGANIC BIOSTIMULANT IN COCOA (*THEOBROMA CACAO* L.) NACIONAL VARIETY IN NURSERY STAGE"

Alberto Javier Echeverría Salazar^{1,2}

E-mail: aecheverr3@utmachala.edu.ec

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7798-7921>

Julio Edwin Vega Armijos^{1,2}

E-mail: jvega7@utmachala.edu.ec

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6916-8803>

Angel Eduardo Luna-Romero¹

E-mail: aeluna@utmachala.edu.ec

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4311-9445>

¹Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Técnica de Machala, Av. Panamericana km.5 ½ vía Machala - Pasaje, El Oro, Ecuador.

²Semillero de Investigación en Fitotecnia (SINFIT), Universidad Técnica de Machala, Av. Panamericana km.5 ½ vía Machala - Pasaje, El Oro, Ecuador.

Cita sugerida (APA, séptima edición)

Echeverría Salazar, A. J., Vega Armijos, J. E., Luna-Romero, A. E. (2023). Evaluación de bioestimulante orgánico en cacao (*theobroma cacao* l.) variedad nacional en etapa de vivero. *Revista Científica Agroecosistemas*, 11(1), xx. <https://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes>

RESUMEN

Los bioestimulantes a base de algas marinas tienen el potencial de mitigar problemas de estrés siendo opción para mejorar la calidad y el rendimiento de los cultivos. Sin embargo, la aplicación de algas marinas como ingrediente activo en bioestimulantes sobre plántulas de cacao nacional es muy poca documentada. Por lo tanto, esta investigación tuvo como objetivo evaluar el efecto de un bioestimulante a base de algas marinas (*Ecklonia maxima*), sobre las características fenológicas en plantas de cacao en etapa de vivero en el cantón Machala, provincia El Oro. En base a esto se planteó generar un diseño homogéneo completamente al azar (4x4), el cual contó con 16 unidades experimentales; en las cuales se encuentran 4 plantas por unidad experimental, dando así un total de 64 plantas por todo el diseño, siendo el factor de estudio las dosificaciones: TA (50%), TB (100%), TC (150%) y TD (control). La utilización bioestimulante indica que la dosis en exceso (150%) dentro de las plántulas de cacao no es conveniente utilizarla debido a que influyó de manera adversa, pues en todas las variables morfológicas el tratamiento con el bioestimulante al 50 % presentó las medias más altas en las plántulas.

Palabras clave:

Bioestimulantes, algas marinas, plántulas, cacao.

ABSTRACT

Seaweed-based biostimulants have the potential to mitigate stress problems, being a option to improve crop quality and yield. However, the application of marine algae as an active ingredient in biostimulants in cacao national seedlings is poorly documented. Therefore, the objective of this research was to evaluate the effect of a biostimulant based on marine algae (*Ecklonia maxima*) on the phenological characteristics of cocoa plants in the nursery stage in the Machala canton, El Oro province. Based on this It was proposed to generate a homogeneous completely random design (4x4), which had 16 experimental units; in which there are 4 plants per experimental unit, thus giving a total of 64 plants for the entire design, the study factor being the dosages: TA (50%), TB (100%), TC (150%) and TD (control). The use of biostimulant indicates that the excess dose (150%) within the cocoa seedlings is

not convenient to use because it had a negative influence, since in all morphological variables the treatment with 50% biostimulant presented the highest means. in the seedlings.

Keywords:

Bioestimulantes, seaweed, seedlings, cocoa.

INTRODUCCIÓN

La industria del cacao ha estado en el centro del crecimiento económico de todos los países productores y la producción mundial de cacao ha crecido rápidamente a lo largo del siglo XX. Sin embargo, el sector se ha visto afectado por varias recesiones en los últimos 30 años y ha fluctuado en función de las condiciones económicas. En los últimos tres años, Ecuador se ha convertido en el tercer productor mundial de cacao (*Theobroma cacao* L.), reportando una producción de 302 093,9 toneladas en el 2021, varios factores han afectado a la cadena productiva del grano en el país, como el cambio climático, los altos niveles de cadmio (García, Pico & Jaimez, 2021). En la pandemia de Covid-19 la producción y exportaciones de cacao tuvieron un incremento debido a la demanda internacional especialmente en el mercado europeo (Mena & Gutiérrez, 2021).

La producción y exportación de cacao es un sector importante de la economía del país, que a su vez proporciona un medio de vida a muchas familias que se ganan la vida en los campos. Esta actividad está sujeta a la volatilidad, lo que se traduce en importantes fluctuaciones, ya que depende de los precios internacionales de las materias primas y, si éstos bajan, los ingresos del país se reducen considerablemente. El país produce el 75 % del cacao fino y de aroma en el mundo, es de los más grandes proveedores de esta variedad, al producir un total de 60 a 70 mil toneladas al año, lo que equivale más de la mitad en producción mundial, por ello, el cacao se ubica en el tercer puesto en producción agrícola, después del banano y de las flores (León, Calderón & Mayorga, 2016). Se ha reporta que la provincia El Oro representa el 7,62 % de la producción de cacao en Ecuador, sin tener registros de la superficie real cultivada del cacao tipo Nacional y del clon CCN51, afectando la rentabilidad del Nacional el precio referencial, el cual es iguales en la cadena de comercialización local

El rendimiento de los cultivos viene determinado por varios factores, como los recursos físicos y agrícolas disponibles, la gestión de los cultivos y la eficiencia de los recursos, así como la calidad y el potencial de rendimiento inherente al cultivo seleccionado. La producción agrícola se ve afectada por el cambio climático (Jiménez, Morales, Borges, Herrera & Luis, 2022), la cual incrementa la tasa de evapotranspiración de los cultivos debido a las cantidades elevadas de CO₂, causando una disminución en el rendimiento, entre ellos el cultivo de cacao (Chino, Chipana & Choque, 2022). En Ecuador, se sabe que las zonas productoras de cacao son propensas a sufrir frecuentes fenómenos meteorológicos extremos, como sequías e inundaciones, debido a las anomalías de la temperatura de la superficie del mar; de hecho, el 77% de la superficie terrestre del país muestra una vulnerabilidad alta o muy alta al cambio climático (Macías et al., 2019).

El cacao es muy sensible a las tensiones ambientales; entre las tensiones abióticas, la sequía es uno de los principales factores que limitan el crecimiento y la productividad de los cacaotales. Entre los factores que afectan la producción se encuentra el estrés abiótico, causa principal de la reducción productiva hasta un 50% de los cultivos hortícolas por tal motivo, la mayoría han optado a la búsqueda de estrategias para minimizar estos problemas, una de ellas, es el uso de bioestimulantes (Seutra et al., 2021). Los bioestimulantes son extractos de plantas que contienen una amplia gama de compuestos bioactivos, la mayoría de los cuales son aún desconocidos. En general, estos productos aumentan la eficiencia de utilización de nutrientes de las plantas y mejoran su resistencia a las tensiones bióticas y abióticas.

Los bioestimulantes de origen orgánicos, están compuestos por diversas sustancias como ácidos húmicos y fúlvicos, hidrolizados de proteínas y compuestos nitrogenados, extractos de algas y plantas superiores, quitosano y otros biopolímeros, compuestos inorgánicos, hongos benéficos y microorganismos que favorecen el crecimiento de las plantas (Lemus, Venegas & Pérez, 2021), ayudan

a cultivos a tolerar el estrés hídrico (Jiménez et al., 2022), mejoran la absorción de nutrientes y favorecen la calidad de los frutos una vez que son aplicados de forma foliar o edáfica (Calvo, Nelson & Kloepper, 2014)

La aplicación de bioestimulantes en etapa de vivero, permite cubrir las necesidades de los macro y micronutriente requeridos para el desarrollo vegetativo, es decir, se obtendrá plantas más vigorosas y con cierta resistencia a plagas y enfermedades a la hora de ser trasplantadas a campo (Rivas, López, Medina & Perez, 2021). Por lo general se utilizan diferentes sustancias de origen natural que tienen efectos beneficiosos sobre el crecimiento y desarrollo de las plantas, la resistencia al estrés y el rendimiento y la calidad de los cultivos pueden denominarse bioestimulantes. Sus efectos fisiológicos dependen de su composición ya que contienen diversos compuestos orgánicos y minerales que las plantas pueden utilizar como metabolitos, reguladores del crecimiento y nutrientes.

Bioestimulantes vegetales es el término más utilizado para designar una serie de productos específicos que benefician a la producción agrícola, pero otros nombres de clasificación utilizados para describir estos productos incluyen biofertilizantes, probióticos vegetales, bioestimulantes y potenciadores metabólicos. Los bioestimulantes comerciales suelen utilizarse primero en cultivos especializados, que suelen tener un mayor potencial de beneficios por acre que los cultivos en hilera. Los cultivos especializados suelen ser más sensibles a las tensiones ambientales; por lo tanto, el rendimiento potencial de la inversión de las aplicaciones de bioestimulantes puede ser mayor para los cultivos más sensibles a las tensiones inducidas por el clima (Sible, Seebauer, & Below, 2021).

La categoría de extractos de algas es un amplio grupo de bioestimulantes que se procesan a partir de diferentes especies de algas, principalmente macroalgas (kelp). Las especies utilizadas difieren en su composición y en su uso como bioestimulantes. Las macroalgas son un recurso renovable y las especies utilizadas para la producción de bioestimulantes se controlan cuidadosamente para garantizar una cosecha continua y mantener el suministro. La composición de los productos comerciales varía mucho en función de la especie elegida, la fase de recolección y el proceso de extracción patentado utilizado por cada empresa. El método de extracción más común es la hidrólisis alcalina; otros métodos son la hidrólisis ácida, la hidrólisis acuosa, la hidrólisis por microondas, la hidrólisis ultrasónica, la hidrólisis enzimática, la hidrólisis supercrítica y la extracción por presión de fluidos (Sible et al., 2021).

En el mercado existen diferentes tipos de bioestimulantes, entre los más utilizados se encuentran el vermicompost y sus lixiviados, microorganismos eficientes, entre otros (Ardisana et al., 2020). A ello se suman los beneficios del uso de algas marinas las cuales están ligadas a la producción de metabolitos, tales como: las hormonas vegetales, polisacáridos, compuestos antimicrobianos, entre otros, siendo éstos los encargados de activar reacciones de hidrólisis enzimáticas catalíticas reversibles, mejorar su estructura y la fisiología de las plantas (López et al., 2020).

Actualmente, existe muy poca disponibilidad de investigaciones basadas en el uso de algas marinas en cacao, por lo tanto, esta investigación tuvo como objetivo evaluar el efecto de un bioestimulante a base de algas marinas, sobre las características fenológicas en plantas de cacao en etapa de vivero en el cantón Machala, provincia El Oro.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó en la Granja Experimental Santa Inés de la Facultad de Ciencias Agropecuarias, perteneciente a la Universidad Técnica de Machala. Ubicada geográficamente en las coordenadas 3°15'52.29 S, 79°57'4.3 W en el cantón Machala, provincia de El Oro, Ecuador. El régimen de lluvias es unimodal con una marcada estacionalidad; con un periodo lluvioso de diciembre a mayo, una precipitación media anual de 1250 mm y una temperatura media anual que oscila entre 24 y 26°C (Luna et al., 2018).

Material Vegetal

Para la propagación sexual, se utilizó mazorcas de la finca "Elena" provenientes del sector Río Chico, parroquia Bellamaría, cantón Santa Rosa, ubicada a 50 msnm entre las coordenadas 2°52'56"S 79°00'16"W. Se recorrió dentro de la finca y se seleccionó las plantas de cacao Nacional con las mejores características fenotípicas.

Preparación del sustrato

Para la preparación del sustrato consistió en realizar una mezcla basándose en la relación 2:1:1 (suelo, tamo de arroz, hojarasca) (Cajamarca, Quevedo & García, 2017). Se desinfectó con formol y cubrió totalmente el sustrato con plástico negro, finalmente, se dejó reposar por 7 días; para posteriormente hacer el llenado de fundas (8x8 pulgadas).

Diseño Experimental

Se estableció un diseño homogéneo completamente al azar (DCA) con 4 tratamientos: TA (bioestimulante al 50%); TB (bioestimulante al 100%); TC (bioestimulante al 150%); TD (control), y 4 repeticiones, cada unidad experimental contó con 4 plantas que fueron las unidades muestrales, dispuestas entre filas a 40cm y entre columnas 70 cm (Figura 1). El factor de estudio fueron las dosificaciones del bioestimulante a base de extracto de algas (*Ecklonia maxima*) al 34,26%, cuya actividad biológica equivalente en auxinas es de 11,00 ppm; citoquininas 0,03 ppm; poliaminas 4,0 ppm y phlorotannins a 0,95 ppm.

El bioestimulante que se utilizó por cada tratamiento fue 14,4 cm³ (TA), 28,8 cm³ (TB), y 43,2 cm³ (TC), y, para el TD no se aplicó producto; es necesario indicar que todos los tratamientos fueron disueltos en 2,9 litros de agua. Los tratamientos fueron aplicados de forma foliar con atomizador manual, en tres momentos, con un intervalo de 30 días, pero la primera aplicación fue 15 días después de la emergencia.

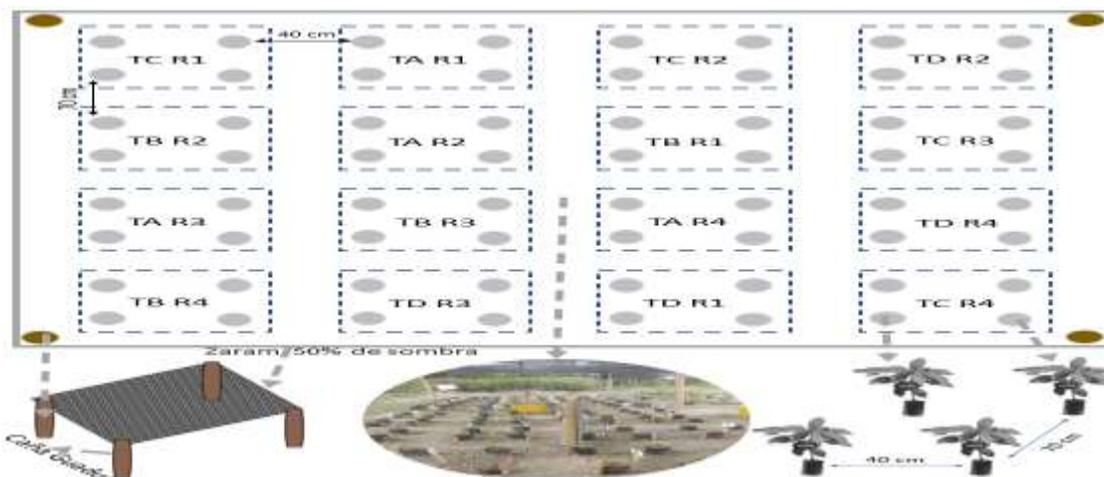


Figura. 1 Distribución de los diferentes tratamientos y sus repeticiones

Variables Evaluadas

Las variables medidas con una frecuencia de quince días fueron: altura de planta (AP), número de hojas (NH) y fuste del tallo (FT). La AP se midió desde la base del tallo hasta el meristema apical con una cinta métrica. El NH consistió en un conteo de hojas verdaderas (> 5cm de longitud). El FT fue medido con un calibrador Bernier digital, con exactitud de 0,02 mm.

Las variables largo de raíz (LR), peso de raíz por planta en húmedo (PRh), peso de raíz por planta en seco (PRs), peso aéreo por planta en húmedo (PAh), peso aéreo por planta en seco (PAs), clorofila en la hoja (CLH) fueron tomados al finalizar el experimento. El LR se midió con una cinta métrica la raíz pivotante desde el cuello hasta la cofia. Para el PRh se separó la raíz de la parte aérea de la planta y se midió con una balanza gramera, esta muestra se llevó a estufa por 48 horas a una temperatura de 65°C y se obtuvo el PRs. Este último proceso también se aplicó para las variables PAh y PAs. Para la CLH se utilizó el equipo medidor de clorofila SPAD-502Plus, se colocó en el haz y a la mitad de la tercera hoja de la planta de cacao.

Análisis estadístico

Se realizó un análisis de varianza ANOVA de un factor para las variables que cumplieron los supuestos del modelo: distribución normal (Test de Shapiro-Wilk) y homogeneidad de varianzas (Test de Levene). Para la separación de medias en subconjuntos homogéneos se utilizó las pruebas Post-Hoc de Duncan. Para las variables que no cumplieron los supuestos del modelo, se procedió con pruebas no paramétricas de Kruskal-Wallis. Para todas las pruebas se utilizó un nivel de significancia $p < 0,05$. Los procesamientos de los datos estadísticos fueron realizados en el software estadístico IBM SPSS Statistics 25.

RESULTADOS Y DISCUSIONES

En la Tabla 1 se detalla los valores de altura de planta expresados en cm; para los días después de la siembra (dds) que presentaron diferencias significativas ($p < 0,05$), dado que se realizó siete lecturas (Figura 2) y en cuatro de ellas no existió diferencias significativas. El TA registró los mejores resultados a los 30, 45 y 120 días después de la siembra (dds) (14,41, 15,08, 25,50 cm, respectivamente) en comparación a los demás tratamientos. Es necesario resaltar que el TC (bioestimulante al 150%) tuvo los valores más bajos a los 30 y 120 dds (13,22 y 21,69 cm, respectivamente). Además, TD (control) para estos mismos dds presentó los mejores valores por debajo del TA (Mendoza, Mendoza, Mateo, & Rodríguez, 2019), menciona que dosis menores de compuestos derivados de algas tiene un efecto positivo, mientras a elevadas produce un efecto de inhibición. Lo cual concuerda con (Moreno et al., 2021), que reportó en su trabajo en vainilla (*Vanilla planifolia*) la mejor altura de planta en la concentración más baja (0,25 ml L⁻¹).

Tabla 1. Resultados de la altura de planta (AP) en cm, para los tratamientos con bioestimulante TA (50%), TB (100%), TC (150%) y TD (control)

Tr	Días después de la siembra		
	30	45	120
TA	14,41 a ± 1,59	15,08 a ± 1,59	25,50 a ± 3,33
TB	13,38 b ± 1,55	14,50 ab ± 1,48	22,60 bc ± 2,72
TC	13,22 b ± 1,14	14,41 ab ± 1,21	21,69 c ± 2,71
TD	13,53 ab ± 1,12	14,00 b ± 1,13	24,41 ab ± 3,43

En cada columna las letras minúsculas indican diferencia significativa entre las medias de los tratamientos ($p < 0,05$) por la prueba de Duncan

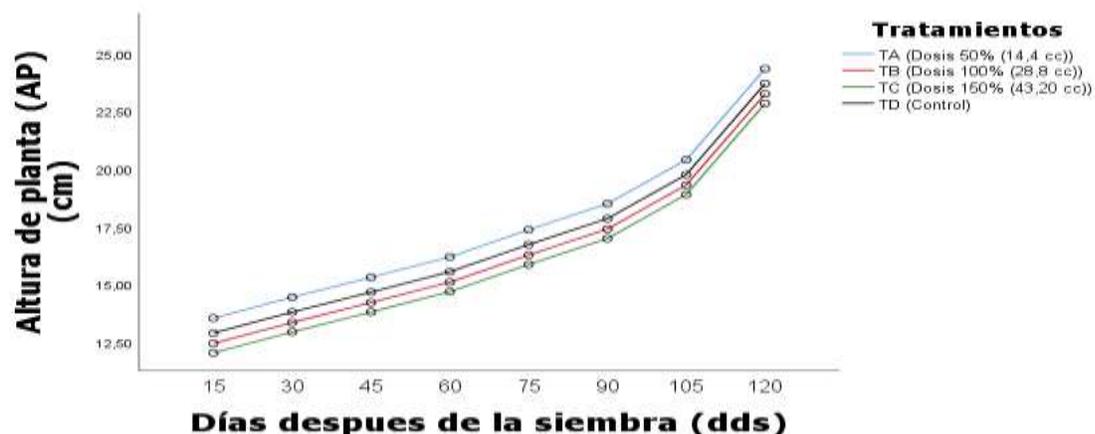


Figura 2. Comportamiento de la variable altura de planta (AP) durante los días después de la siembra (dds)

La figura 3 nos muestra el comportamiento de la variable fuste del tallo (FT), el TA para FT también se evidenció como el mejor tratamiento; sin embargo, la diferencia significativa ($p < 0,05$) entre grupos se expresó únicamente a los 60 y 75 dds (4,60 y 5,56 mm, respectivamente), Tabla 2, es decir en cinco observaciones no hubo diferencias significativas. Asimismo, el TC registró los valores más bajos 4,04 y 5,11 mm, que guarda similitud con la fundamentación teórica que un exceso de bioestimulante inhibe el desarrollo vegetativo Mendoza et al., (2019). Por otro lado, Moreno et al., (2021) también obtuvo mejores resultados en el FT con la concentración más baja de bioestimulante.

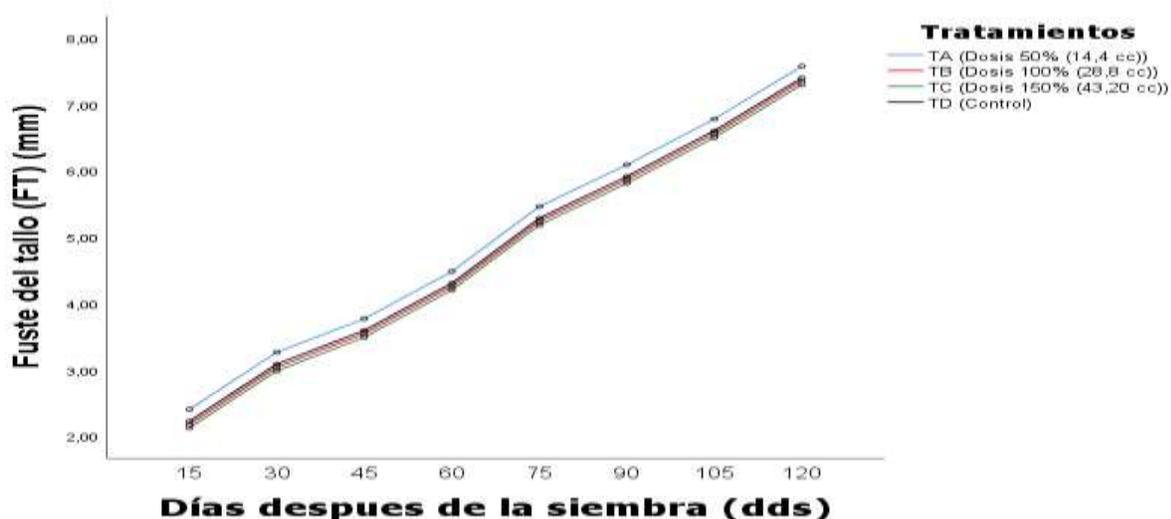


Figura 3. Comportamiento de la variable fuste del tallo (FT) durante los días después de la siembra (dds)

Tabla 2. Resultados del fuste del tallo (FT) en mm, para los tratamientos con bioestimulante TA (50%), TB (100%), TC (150%) y TD (control)

Tr	Días después de la siembra	
	60	75
TA	4,60 a \pm 0,55	5,56 a \pm 0,59
TB	4,35 ab \pm 0,53	5,38 ab \pm 0,62

TC	4,04 b ± 0,39	5,11 b ± 0,52
TD	4,25 ab ± 4,55	5,11 b ± 0,54

En cada columna las letras minúsculas indican diferencia significativa entre las medias de los tratamientos ($p < 0,05$) por la prueba de Duncan

Los valores de número de hojas (NH) presentaron diferencias significativas ($p < 0,05$) entre los grupos, (Tabla 3). En el NH, el TA presentó los mejores resultados a los 90 y 120 dds (8,06 y 13,81, respectivamente). Es necesario resaltar que el TC (bioestimulante al 150%) tuvo los valores más bajos (7,13 y 11,06 respectivamente). Lo que se corrobora con la investigación realizada por Arce (2012), el cual detalló que el mayor número de hojas en plantas de cacao en vivero se obtuvo en los tratamientos de menor concentración de bioestimulante (5 mL L^{-1}), lo cual sigue la misma fundamentación descrita por Mendoza et al., (2019) donde detallaron que las menores concentraciones de extracto acuoso *S. vulgare* (5%) y de *U. fasciata* (5% y 10 %) ayuda en la fisiología de las plantas y son considerados como inductores de crecimiento. La figura 4 nos detalla el comportamiento de la variable número de hojas (NH) durante los días después de la siembra (dds).

Tabla 3. Resultados del número de hojas (NH), para los tratamientos con bioestimulante TA (50%), TB (100%), TC (150%) y TD (control)

Tr	Días después de la siembra	
	90	120
TA	8,44 a ± 1,09	13,81 a ± 1,94
TB	8,06 ab ± 1,24	12,94 a ± 1,84
TC	7,13 c ± 1,20	11,06 b ± 2,74
TD	7,44 bc ± 1,46	12,44 ab ± 2,42

Dentro de cada columna las letras minúsculas indican diferencia significativa entre las medias de los tratamientos ($p < 0,05$) por la prueba de Duncan.

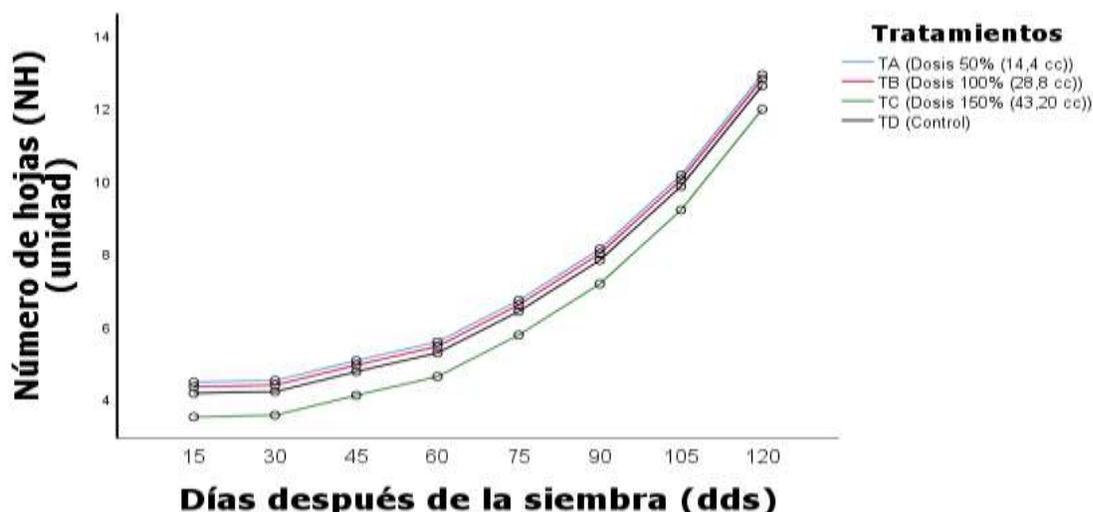


Figura 4. Comportamiento de la variable número de hojas (FT) durante los días después de la siembra (dds) Los resultados del TA obtenidos en largo de raíz, LR (27,63 cm) (Tabla 4), presentaron diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$) en sus medias con respecto a los demás tratamientos, cabe

recaltar que el TC (bioestimulante al 150%) fue el que presentó los resultados más bajos (23,28 cm), lo cual se sostiene con lo planteado por Cedeño, (2015) en su trabajo de investigación "Efecto de la aplicación de dos bioestimulantes comerciales en el crecimiento de las plantas de cacao clon nacional (*Theobroma cacao* L.)" donde observó que las dosis más bajas generan mejores resultados en cuanto a largo de raíz (LR).

El peso de raíz húmedo (PRh) (Tabla 4) obtuvo mejores resultados en el TA (7,28 g) siendo estadísticamente significativo ($p < 0,05$) en comparación con los demás tratamientos, es necesario señalar que los valores promedios de TC también presentaron los resultados más bajos (5,65 g), lo que no concuerda con lo obtenido por Cedeño, (2015) quien detalla que el uso de bioestimulantes con dosis altas (30 g) presenta mejores resultados en el peso de raíz por planta en húmedo (PRh). La variable peso de raíz por planta en seco (PRs) (Tabla 4) demuestra que no existe diferencias significativas entre los tratamientos, sin embargo, el TA (2,23) fue quien presentó mayor media.

Para el peso aéreo por planta en seco (PAs) los tratamientos TA (bioestimulante al 50%) y TB (bioestimulante al 100%) presentaron similitudes en sus medias (5,18 y 5,12 g, respectivamente) diferenciándose estadísticamente con los demás tratamientos. Se evidenció que las dosis no generan un efecto en el peso de raíz por planta en seco (PRs) a diferencia del peso aéreo por planta en seco (PAs) quien si presentó un efecto significativo en TA y TB con respecto a los demás tratamientos. El conjunto de estas variables se las puede considerar como el total de biomasa seca del cultivo (PAs + PRs) (Figura 5), siendo TA quien obtuvo los mejores resultados; a diferencia de los resultados obtenidos por Cedeño, (2015) quien determinó que a una mayor dosis de bioestimulantes se obtiene un mayor peso de biomasa seca.

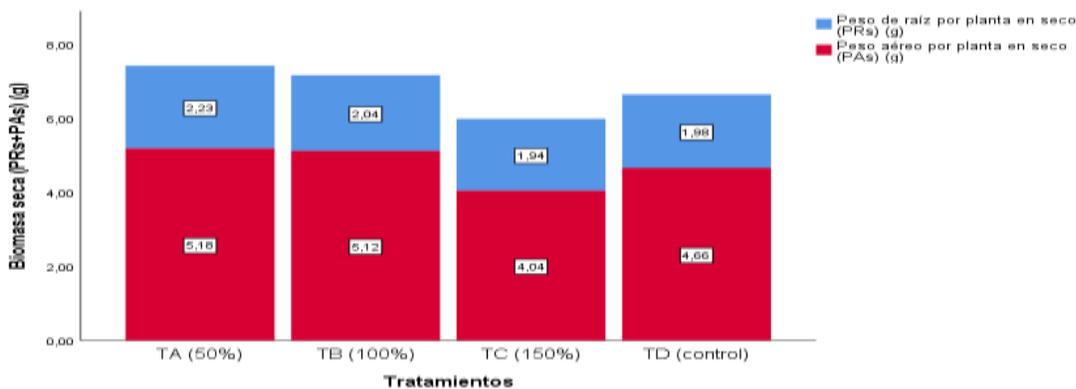


Figura 5. Histograma apilado media de peso de raíz en seco (PRs) (g) y media de peso aéreo en seco (PAs), por tratamientos: TA (bioestimulante al 50%); TB (bioestimulante al 100%); TC (bioestimulante al 150%); TD (control)

Tabla 4. Resultados de las variables largo de raíz (LR), peso aéreo de la planta en seco (PAs), peso de la raíz en húmedo y seco (PRh y PRs); para los tratamientos con bioestimulante TA (50%), TB (100%), TC (150%) y TD (control), mediante pruebas paramétricas ANOVA de un factor

Tr	Variables medidas			
	LR (cm)	PRs (g)	PRh (g)	PAs (g)
TA	27,63 a $\pm 5,93$	2,23 ns $\pm 0,58$	7,28 a $\pm 1,10$	5,18 a $\pm 1,29$
TB	26,50 ab $\pm 4,65$	2,04 ns $\pm 0,52$	6,51 ab $\pm 1,48$	5,12 a $\pm 0,85$
TC	23,28 b $\pm 4,38$	1,94 ns $\pm 0,93$	5,65 b $\pm 2,28$	4,04 b $\pm 1,49$
TD	27,03 ab $\pm 5,75$	1,98 ns $\pm 0,64$	6,50 ab $\pm 2,36$	4,66 ab $\pm 0,99$

Dentro de cada columna las letras minúsculas indican diferencia significativa entre las medias de los tratamientos ($p < 0,05$) por la prueba de Duncan; ns: demuestra que no hay diferencias significativas entre los subconjuntos homogéneos.

Las variables; peso aéreo por planta en húmedo (PAh) y clorofila (CLH) no presentaron distribución normal, por tanto, se aplicó el test de Kruskal-Wallis (no paramétrico), Tabla 5. Donde posterior al test no se registró diferencias significativas entre las dosis de estudio en PAh, mientras que en la variable clorofila (CLH) (Tabla 5) si se presentó diferencias significativas ($p < 0,05$) entre los grupos. TA no presentó similitudes de rangos promedios de clorofila (CLH) siendo estadísticamente significativo con las demás dosis. Se infiere que TA incrementa los niveles de clorofila en las hojas de cacao en plantas en vivero y que TC podría disminuir excesivamente los niveles de clorofila comparados con el testigo. Estos resultados se contraponen a los reportados por Guamán et al., (2022) en las cuales los tratamientos con bioestimulantes a base de microalgas reportan las medias más altas en las variables morfológicas.

Tabla 5: Pruebas no paramétrica de Kruskal-Wallis para las variables clorofila y peso aéreo de la planta en húmedo (CLH y PAh, respectivamente)

Tr	Variables medidas	
	CLH (spad)	PAh (g)
TA	45,50 a	5,18 ns
TB	32,19 b	5,12 ns
TC	18,19 c	4,04 ns
TD	34,13 ab	4,66 ns
Sd	7,37	3,89
Md	31,78	15,75
Cv (%)	23,19	24,68

En cada columna las letras minúsculas indican diferencia significativa entre los rangos promedios de los tratamientos ($p < 0,05$), de las pruebas no paramétricas de Kruskal-Wallis; ns. demuestra que no hay diferencias significativas entre los rangos promedios.

CONCLUSIONES

La utilización del bioestimulante con la dosis al 150% (TC) dentro de las plántulas de cacao no es conveniente debido a que influyó de manera adversa, mientras que la utilización de una dosis al 50% (TA) presentaron los mejores resultados en las variables estudiadas: altura de planta (25,50 cm), fuste del tallo (5,56 mm), número de hojas (13,81), largo de raíz (27,63 cm), clorofila (45,50 spad), peso aéreo por planta húmedo y seco (5,18 g y 5,18 g, respectivamente), peso de raíz por planta húmedo y seco (7,28 g y 2,23 g, respectivamente), por tanto. Se podría estimar que las dosis de un bioestimulante en etapa de desarrollo de un cultivo se deben aplicar en dosis menores.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arce, E. (2012). Eficacia de bioestimulante para inducir el Crecimiento y Desarrollo Radicular en Etapa de Vivero del Cultivo de Cacao bajo las condiciones del Valle Chancay. <https://www.engormix.com/agricultura/foros/eficacia-bioestimulante-inducir-crecimiento-t14437/>
- Cajamarca-Marín, E. S., Quevedo-Guerrero, J. N., & García-Batista, R. M. (2016). Eficiencia de hormonas en el enraizamiento de ramillas de cacao (*Theobroma cacao* L.) tipo nacional x trinitario. http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/7645/1/DE00036_TRABAJODETITULACION.pdf
- Calvo, P., Nelson, L., & Kloepper, J. W. (2014). Agricultural uses of plant biostimulants. *Plant and Soil*, 383(1–2), 3–41. <https://doi.org/10.1007/s11104-014-2131-8>
- Cedeño, E. F. A. (2015). Efecto de la aplicación de dos bioestimulantes comerciales en el crecimiento de las plantas de cacao clon nacional (*Theobroma cacao* L.) en la zona de Buena Fe. *Universidad Técnica Estatal de Quevedo*. <https://repositorio.uteq.edu.ec/handle/43000/1984>
- Chino, H., Chipana R., & Choque, C. E. (2022). Uso de dendrómetros para la programación de riego en cultivo de cacao (*Theobroma cacao*) en la Estación Experimental de Sapecho. *Revista Apathi*, 8(3), 2433–2442. <https://doi.org/10.53287/gxmc9615go69h>
- García-Briones, A. R., Pico-Pico, B. F., & Jaimez, R. E. (2021). La cadena de producción del Cacao en Ecuador: Resiliencia en los diferentes actores de la producción. *Novasinergia Revista Digital De Ciencia, Ingeniería Y Tecnología*, 4(2), 152–172. <https://doi.org/10.37135/ns.01.08.10>
- Guamán, M. A., Jaramillo, E. J., & Bernal, J. F. (2022). Control biológico de la mazorca negra (*Phytophthora Palmivora* L.) En el cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.). *Revista Metropolitana de Ciencias Aplicadas*, 5(3), 149–154. <https://remca.umet.edu.ec/index.php/REMCA/article/view/539>
- Hector-Ardisana, E., Torres-García, A., Fosado-Téllez, O., Peñarrieta-Bravo, S., Solórzano-Bravo, J., Jarre-Mendoza, V., Medranda-Vera, F., Montoya-Bazán, J. (2020). Influencia de bioestimulantes sobre el crecimiento y el rendimiento de cultivos de ciclo corto en Manabí, Ecuador. *Cultivos Tropicales*, 41(4), 2. <https://www.redalyc.org/journal/1932/193266197002/html/>
- Jiménez-Arias, D., Morales-Sierra, S., Borges, A. A., Herrera, A. J., & Luis, J. C. (2022). New Biostimulants Screening Method for Crop Seedlings under Water Deficit Stress. *Agronomy*, 12(3), 1–15. <https://doi.org/10.3390/agronomy12030728>
- Lemus-Soriano, B. A., Venegas-González, E., & Pérez-López, M. A. (2021). Efecto de bioestimulantes radiculares sobre el crecimiento en plantas de aguacate. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 12(6), 1139–1144. <https://doi.org/10.29312/remexca.v12i6.2725>

- León-Villamar, F., Calderón-Salazar, J., & Mayorga-Quinteros, E. (2016). Estrategias para el cultivo, comercialización y exportación del cacao fino de aroma en Ecuador. *Revista Ciencia UNEMI*, 9(18), 45–55. <https://www.redalyc.org/pdf/5826/582663825007.pdf>
- López-Padrón, I., Martínez-González, L., Pérez-Domínguez, G., Reyes-Guerrero, Y., Núñez-Vázquez, M., & Cabrera-Rodríguez, J. A. (2020). Las algas y sus usos en la agricultura. Una visión actualizada. *Cultivos Tropicales*, 41(2), 10. <http://scielo.sld.cu/pdf/ctr/v41n2/1819-4087-ctr-41-02-e10.pdf>
- Luna-Romero, A., Ramírez, I., Sánchez, C., Conde, J., Agurto, L., & Villaseñor, D. (2018). Spatio-temporal distribution of precipitation in the Jubones river basin, Ecuador: 1975-2013. *Scientia Agropecuaria*, 9(1), 63–70. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2018.01.07>
- Macías, J. R., Cuenca, G. J., Intriago, F. G., Caetano, C. M., Menjivar, J. C., & Pacheco, H. A. (2019). Vulnerability to climate change of smallholder cocoa producers in the province of Manabí, Ecuador. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, 72(1), 8707–8716. <https://doi.org/10.15446/rfnam.v72n1.72564>
- Mena-Coronel, K., & Gutiérrez-Jaramillo, N. (2021). Efecto del Covid-19 y su incidencia financiera en las exportaciones del sector cacaoero. *CIENCIA UNEMI*, 14(36), 34–44. <https://doi.org/10.29076/issn.2528-7737vol14iss36.2021pp34-44p>
- Mendoza-Morales, L. T., Mendoza-González, A. C., Mateo- Cid, L. E., & Rodríguez-Dorantes, A. (2019). Analysis of the effect as biostimulants of *Sargassum vulgare* and *Ulva fasciata* extracts on *Lens esculenta* growth. *Mexican Journal of Biotechnology*, 4(4), 15–28. <https://doi.org/10.29267/mxjb.2019.4.4.15>
- Moreno, L., López, H., Medina, R., & Pérez, I. (2021). Efecto de bioestimulantes sobre el crecimiento de la vainilla tahitensis en Daule, Ecuador. *Revista Científica Ecociencia*, 8(6), 25–38. <https://revistas.ecotec.edu.ec/index.php/ecociencia/article/view/606/382>
- Rivas, L. P. M., López, H., Medina, R., & Perez, I. (2021). Efecto de bioestimulantes sobre el crecimiento de la vainilla tahitensis en Daule, Ecuador. *Revista Científica Ecociencia*, 8(6), 25–38. <https://doi.org/10.21855/ecociencia.86.570>
- Seutra, K. J., Abunyewa, A. A., Kugbe, J., Kwashie, G. K. ., Owusu Ansah, E., & Andoh, H. (2021). Arbuscular mycorrhizal fungi and potassium fertilizer as plant biostimulants and alternative research for enhancing plants adaptation to drought stress: Opportunities for enhancing drought tolerance in cocoa (*Theobroma cacao* L.). *Sustainable Environment*, 7(1). <https://doi.org/10.1080/27658511.2021.1963927>
- Sible, C. N., Seebauer, J. R., & Below, F. E. (2021). Plant Biostimulants: A Categorical Review, Their Implications for Row Crop Production, and Relation to Soil Health Indicators. *Agronomy*, 11(7), 1297. <https://doi.org/10.3390/agronomy11071297>