

# EFECTOS DE BIOESTIMULANTES Y FERTILIZANTES EN EL CRECIMIENTO DE LAS PLANTAS DE CACAO EN UN SISTEMA AGROFORESTAL

Andy Kleiver, Avila Francisco, Garcia Naidelin, Illanes Andrea, Jiménez Lizeth, Muima Harlinton, Verdezoto Janeth, Valencia Angel, Vuele Nayeli, Zambrano Alexis.

## \*CORRESPONDENCIA

Corresponding Author

[kandy17@gmail.com](mailto:kandy17@gmail.com)

Pikenani Journal

Recibido: 25 Mayo 2023

Aceptado: 30 Junio 2023

Publicado: 17 Julio 2023

## CITACIÓN

Andy, K., Avila, F., Garcia, N., Illanes, A., Jiménez, L., Muima, H., Verdezoto, J., Valencia, A., Vuele, N., Zambrano, A. (2023) Efectos de bioestimulantes y fertilizantes en el crecimiento de las plantas de cacao en un sistema agroforestal.

Pikenani 1(2), 10

COPYRIGHT: © 2023. Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia de Atribución Creative Commons, que permite el uso, distribución y reproducción sin restricciones en cualquier medio, siempre que se cite al autor original y la fuente.

## Resumen

Este estudio se llevó a cabo en la finca experimental La Belleza con el objetivo de evaluar los efectos de bioestimulantes y fertilizantes en el crecimiento de plantas de cacao dentro de un sistema agroforestal. Se empleó un diseño experimental de bloques completamente al azar con tres tratamientos: testigo, fertilizante químico y fertilizante orgánico. Las variables analizadas incluyeron la altura de las plantas, el diámetro del tallo y el contenido de clorofila. No se encontraron diferencias significativas en estas variables de crecimiento entre los tratamientos. Los bioestimulantes y fertilizantes no mostraron un impacto significativo en el desarrollo de las plantas. Se recomienda realizar evaluaciones a largo plazo y emplear un diseño experimental más sencillo en futuras investigaciones para detectar posibles efectos acumulativos de los tratamientos.

**Palabras clave:** Bioestimulante, Crecimiento, Cacao, Fertilizante.

## Abstract

This study was carried out at the La Belleza experimental farm with the objective of evaluating the effects of biostimulants and fertilizers on the growth of cocoa plants within an agroforestry system. A completely randomized block experimental design was used with three treatments: control, chemical fertilizer and organic fertilizer. The variables analyzed included plant height, stem diameter and chlorophyll content. No significant differences were found in these growth variables between treatments. Biostimulants and fertilizers did not show a significant impact on plant development. Long-term evaluations and a simpler experimental design are recommended in future research to detect possible cumulative effects of treatments.

**Keywords:** Bioestimulant, Growth, Cocoa, Fertilizer.

## 1. Introducción

Los bioestimulantes son sustancias o microorganismos que, cuando se aplican a las plantas tanto vía foliar como edáfica, estimulan procesos naturales que mejoran la absorción de nutrientes, la tolerancia al estrés abiótico, la calidad de los cultivos y el rendimiento (Echeverría, Vega y Luna 2023). Ofrecen soluciones para optimizar la fertilización, tanto química como orgánica, y la seguridad de los cultivos, apoyando la capacidad de los sistemas biológicos para abordar la escasez de nutrientes. Se clasifican en ácidos húmicos, húmicas y ácidos fúlvicos (Rodríguez Arrobo et al. 2023). Los bioestimulantes se utilizan comúnmente en cultivos como hortalizas (tomates, lechugas), frutales (manzanos, café, cacao) y cereales (trigo, maíz) para mejorar su crecimiento y resistencia al estrés (Cajamarca Crespo et al., 2023). Al integrarse con prácticas de fertilización química y orgánica, potencian el desarrollo saludable y sostenible de los cultivos, contribuyendo a un manejo agrícola más eficiente y respetuoso con el medio ambiente (García, Castro y Mera 2021).

El cacao, *Theobroma cacao* L. es un cultivo de gran importancia en Ecuador, especialmente en la Amazonía. El cultivo de cacao se caracteriza por requerir una fertilización específica en cada etapa de desarrollo de la planta, siendo el primer año crucial para su establecimiento, la planta necesita un aporte de fósforo, potasio y nitrógeno para estimular el crecimiento del sistema radicular y la parte aérea (Crouch & Cabrera, 1976). A medida que avanza su desarrollo, las necesidades nutricionales cambian, y se requiere ajustar la fertilización para optimizar la producción de frutos (Casaverde 2014). El manejo del cultivo de cacao puede variar considerablemente, incluyendo diferentes sistemas como el monocultivo, policultivo y sistemas agroforestales, los cuales promueven la biodiversidad y la sostenibilidad del ecosistema (López 2024).

La agroforestería en el sector del cacao combina la producción de cacao con la conservación y diversificación de ecosistemas forestales (Zavala, Merino y Peláez 2018). Los sistemas agroforestales pueden tener un impacto significativo en la mitigación del cambio climático al almacenar carbono en los suelos y bosques, reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y promover la biodiversidad. Además, los sistemas agroforestales con cacao ofrecen una variedad de productos nutricionales, incluyendo frutas, verduras, granos y proteínas, lo que puede mejorar la salud y el bienestar de las comunidades rurales (Anchundia, Herrada y Montalvan 2018). También pueden fomentar la articulación de las asociaciones de productores, mejorar la calidad de vida de las familias y promover la educación y capacitación en prácticas agroecológicas. Finalmente, ofrecen beneficios significativos en términos de sustentabilidad, desarrollo rural y mitigación del cambio climático (Tapia-Vera et al. 2021).

Una adecuada fertilización proporciona nutrientes específicos de una manera rápida y controlada, donde los bioestimulantes son complemento para mejorar el desarrollo vegetativo y la absorción de nutrientes en las plantas. Por tanto, esta investigación propone evaluar los efectos de los bioestimulantes y fertilizantes en el crecimiento de estas plantas,

dentro de un sistema agroforestal. Se llevará a cabo con la identificación del mejor tratamiento en base al crecimiento morfológico del cultivo y el análisis económico de la relación costo-beneficio de los tratamientos. Se espera que este enfoque promueva un crecimiento vegetativo más robusto en las plantas de cacao, lo que potencialmente resultaría en un aumento en la altura de la planta, el diámetro del tallo y la clorofila.

## 2. Materiales and métodos

### 2.1. Área de estudio

El sistema agroforestal de esta investigación se encuentra en la estación experimental "La Belleza" se encuentra ubicada en el Cantón Francisco de Orellana, provincia de Orellana, en la región amazónica de Ecuador tal como se puede ver la figura 1. Sus coordenadas geográficas son 0°42'S 76°44'O (Guatatocha, 2015).

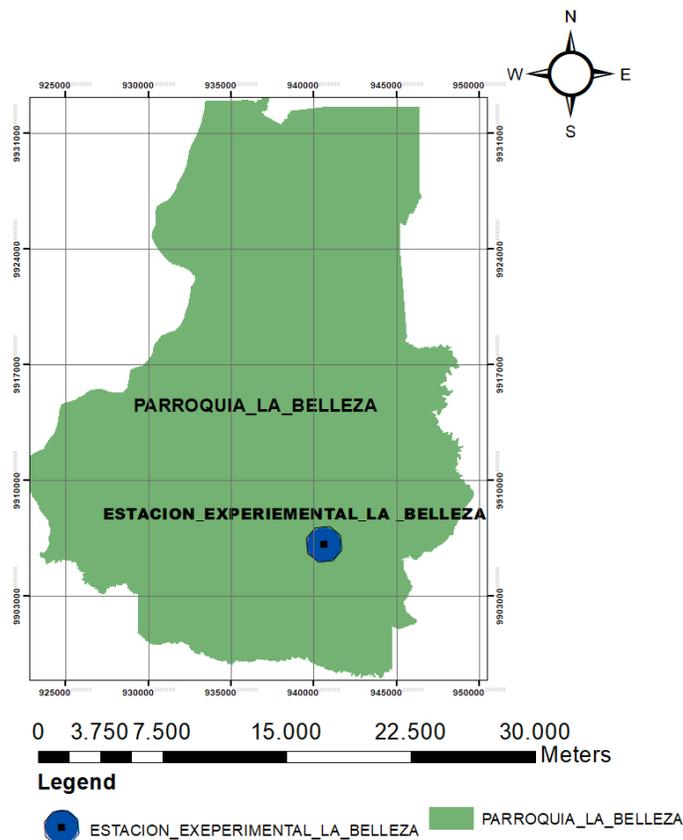


Figura 1. Ubicación de la Estación Experimental La Belleza

El clima de esta región es tropical, cálido con una humedad relativa superior al 80% y una temperatura promedio anual de 25°C. La precipitación anual es de 3000 mm y cuenta con una extensa red hídrica, siendo el río Napo el principal recurso. Los suelos son predominantemente arcillosos, de color rojizo y baja permeabilidad, lo que ocasiona frecuentes inundaciones y limita la agricultura debido a la

pobreza en nutrientes y toxicidad del aluminio. El relieve es variado, con pendientes entre el 12% y más del 50%. La vegetación es diversa, destacando especies como caoba, cedro, laurel y chonta, con una notable diversidad de plantas medicinales y frutales (Guatatoca, 2015).

## 2.2. Descripción del experimento

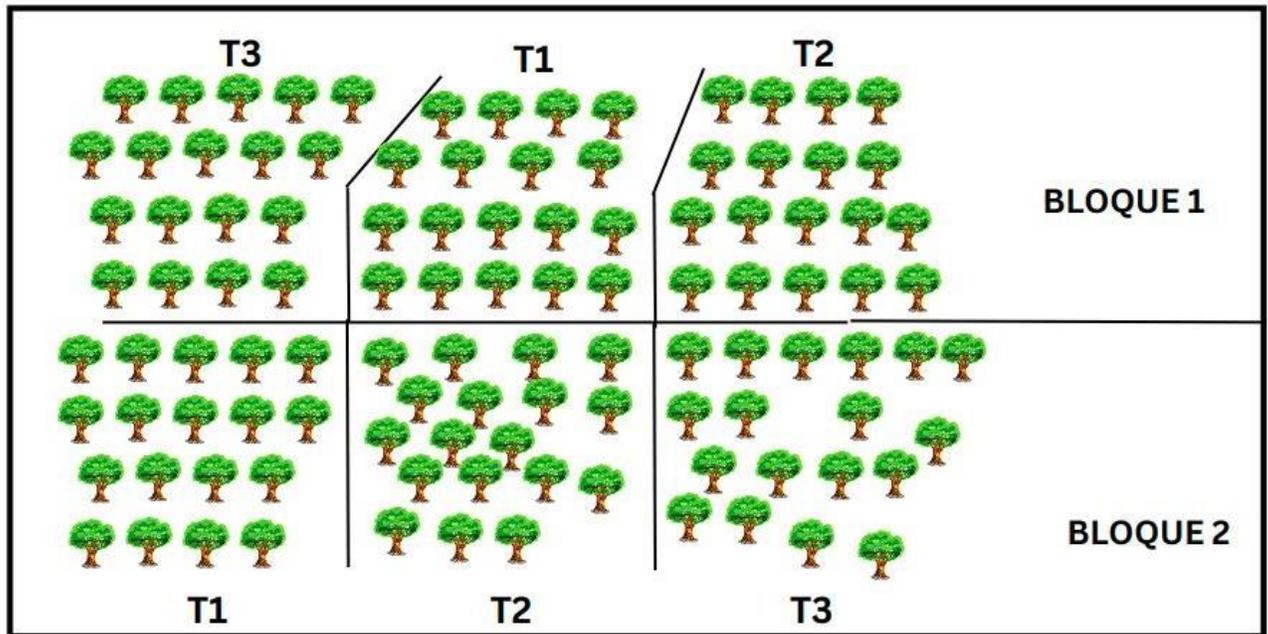
Se llevó a cabo un experimento para comprobar el efecto de bioestimulantes orgánicos y químicos en las plantas de *Theobroma cacao*. Para la evaluación de estos tratamientos, se empleó un diseño experimental de bloques completamente al azar (DBCA), donde el factor de interés o variable independiente es el tipo de bioestimulante, el cual tiene tres niveles o tratamientos que son: testigo, ácidos húmicos y aminoácidos. La descripción de cada tratamiento se muestra en la Tabla 1. Debido a la topografía inclinada del área de estudio, esta se dividió en dos bloques para mitigar el efecto de posibles variaciones en las características del suelo. Los tratamientos fueron asignados al azar dentro de cada bloque según el esquema de la Figura 2. Cada tratamiento tuvo 18 plantas. Este esquema asegura que cada tratamiento se aplique de manera equitativa y que los resultados no se vean sesgados por la disposición de los tratamientos en el terreno. Las variables de respuesta que se analizaron fueron los siguientes: altura de las plantas, diámetro del tallos y clorofila de las hojas.

Tabla 1. Modelo del diseño experimental

BLOQUE 1	
T1	F. Orgánico + Ácidos húmicos
T2	Testigo
T3	F. Químico + Aminoácidos

Los tratamientos se aplicaron cada 15 días, utilizando BioFertil para el tratamiento orgánico y Complezal Morado para el químico, asegurando así un suministro rápido y controlado de nutrientes que complementaron los efectos de los bioestimulantes, mejorando el desarrollo vegetativo y la absorción de nutrientes en las plantas de cacao.

Figura 2. Esquema diseño experimental



Para el manejo del cultivo de cacao, se implementaron varias medidas para mejorar su crecimiento y desarrollo. Primero, se llevó a cabo una exhaustiva limpieza del área de trabajo, eliminando arbustos y maleza que dificultaban las labores agrícolas. Se aplicó el herbicida Glifosato con precaución para no afectar las plantas de cacao y periódicamente se rozó con guadaña para mantener el área libre de maleza. Además, se controlaron plagas como grillos, hormigas y caracoles mediante fumigaciones con insecticidas de contacto, estomacales y translaminares (POLUX), y para los controles orgánicos, se utilizó el insecticida de contacto (ALMENDRO). Estas intervenciones no solo mejoraron la accesibilidad y el orden del terreno, sino que también crearon un entorno más saludable para el cultivo.

### 2.3. Análisis estadístico

En el diseño de bloque completamente al azar (DBCA) el análisis estadístico se realizará con el programa InfoStat a un nivel de confianza del 95%, si se rechaza la hipótesis de igual manera en el ANOVA, se utilizará una prueba de rango múltiple de Tukey para identificar las medidas específicas que son diferentes.

### 3. Resultados

#### 3.1 Análisis de las variables

En la Figura 1 se presenta los resultados del grosor del tallo a los 15, 30 y 45 días. En todos los casos se observa que valor más alto se obtiene con el tratamiento orgánico, mientras que el valor más bajo se obtuvo con el tratamiento testigo. Sin embargo, al realizar el análisis de varianza se obtuvo que el efecto de los tratamientos no es significativo ( $p > 0,05$ ), por lo que se concluye que todos los tratamientos producen el mismo grosor del tallo. Además, se obtuvo que el efecto de los bloques no es significativo ( $p > 0,05$ ), por lo que se concluye que el tipo de suelo no afecta a la variable dependiente.

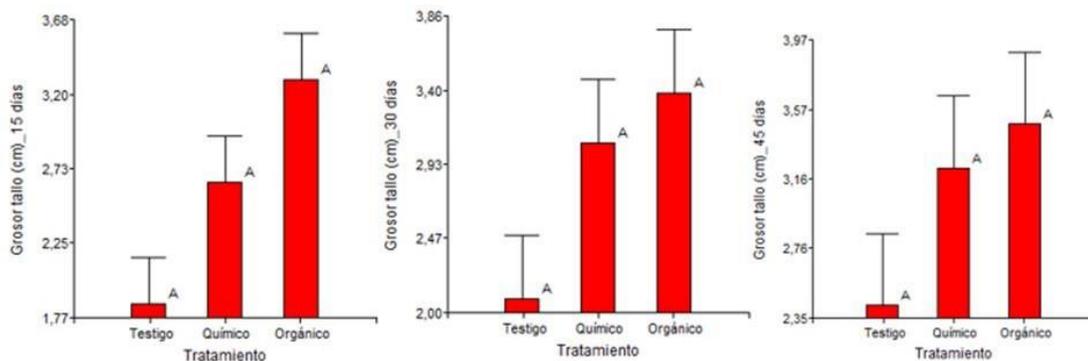


Figura 1 Grosor del tallo de la planta

Figura 2: Muestra la altura a los 15, 30 y 45 días. En todos los casos, el tratamiento orgánico presenta el valor más alto, mientras que el tratamiento testigo registra el valor más bajo. Sin embargo, el análisis de varianza no evidenció un efecto significativo de los tratamientos sobre la altura ( $p > 0,05$ ). Por lo tanto, se concluye que no existen diferencias significativas en la altura entre los diferentes tratamientos. Adicionalmente, el análisis no mostró un efecto significativo de los bloques ( $p > 0,05$ ), lo que indica que el tipo de suelo no afecta la variable dependiente.

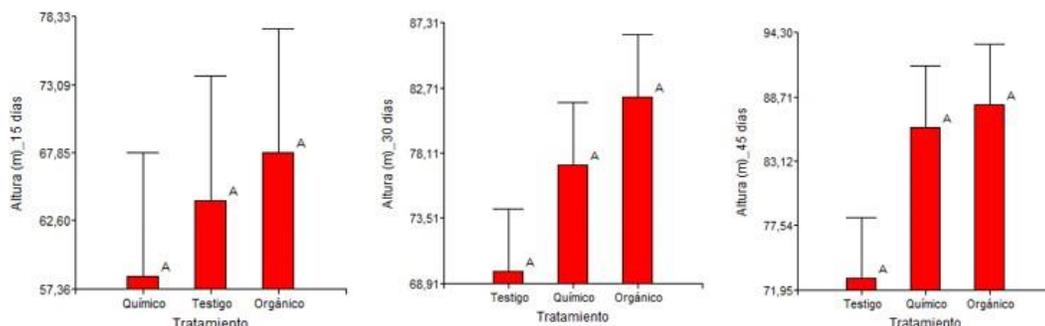


Figura 2 Altura de la planta

Figura 3: Muestra los contenidos de clorofila a los 30 y 45 días. En todos los casos, el tratamiento orgánico presenta el valor más alto de clorofila, mientras que el tratamiento testigo registra el valor más bajo. No obstante, el análisis de varianza no evidenció un efecto significativo de los tratamientos sobre la concentración de clorofila ( $p > 0,05$ ). Por lo tanto, se concluye que no existen diferencias significativas en el contenido de clorofila entre los diferentes tratamientos. Además, el análisis no mostró un efecto significativo de los bloques ( $p > 0,05$ ), lo que indica que el tipo de suelo no afecta la variable dependiente.

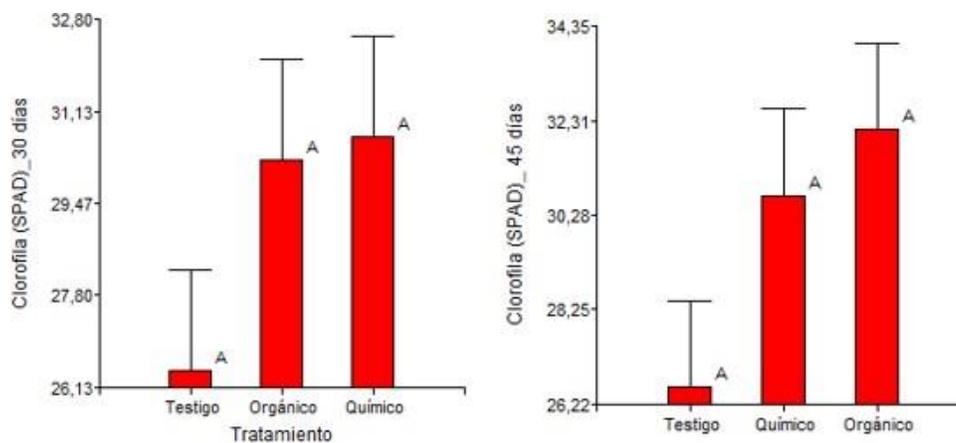


Figura 3 Clorofila

### 3.2 Análisis de coto-beneficio

PRESUPUESTO			COSTO DE INSUMOS UNITARIO	APLICACIÓN CADA 15 DÍAS	APLICACIÓN MENSUAL	APLICACIÓN TRIMESTRAL
Fertilizantes O.	Biofertil	25kg	16,80	4,16 kg	8,32	24,96kg
Fertilizantes Q.	Complezal morado	25kg	30,00	4,16 kg	8,32	24,96kg
Herbicida	Glifosato	1 lt	6,00	166 ml	332,00	996kg
Insecticida	Polux	100g	5,70	16,66 g	33,32	99,96g
Insecticida	Almendro	1 lt	8,00	166 ml	332,00	996ml

bioestimulante	Siapton	1lt	48,00	166 ml	332,00	996ml
TOTAL			114,50			

Figura 4. Análisis de costo y presupuesto

Figura 4: La tabla presenta un análisis de costo-beneficio de diversos insumos utilizados en el cultivo de plantas de cacao en un sistema agroforestal. Se enumeran diferentes productos como fertilizantes, herbicidas, insecticidas y bioestimulantes, junto con sus costos unitarios y cantidades aplicadas en distintos intervalos de tiempo.

### PRESUPUESTO TRIMESTRAL DE MANO DE OBRA

CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	VALOR DIARIO	VALOR MENSUAL	VALOR TRIMESTRAL	OBSERVACIÓN
5	TRABAJADORES	15,00	150,00	450,00	Fumigación de control de maleza, insectos y fumigación de bioestimulante vía foliar, abono granulado, el trabajo se lo realizara cada 15 días por el lapso de 3 meses.

Figura 5. Presupuesto trimestral de mano de obra

Figura 5: La tabla presenta el presupuesto trimestral de mano de obra necesario para la aplicación de tratamientos en plantas de cacao dentro de un sistema agroforestal. Se detallan los costos diarios, mensuales y trimestrales para los trabajadores, así como las actividades específicas que realizaron.

## 4. Discusión

En el presente estudio, se evaluó los efectos de la aplicación de bioestimulantes y fertilizantes, tanto orgánicos como químicos, sobre la altura, diámetro y nivel de clorofila de las plantas de cacao (*Theobroma cacao* L). Los resultados mostraron que no hubo diferencias estadísticamente significativas en comparación con el testigo, similar a la investigación de Rodríguez, et al (2023), donde afirman que la aplicación de los bioestimulantes, no influyó significativamente ( $p < 0,05$ ) en variables de desarrollo como altura de planta, número de hojas. Sugiriendo que el tiempo de evaluación podría no haber sido suficiente para observar cambios significativos en las variables estudiadas.

El efecto de los bloques no fue significativo, en futuros experimentos no es necesario utilizar un diseño de bloques completos al azar (DBCA), sino simplemente un diseño completamente al azar (DCA).

Esto resalta la importancia de realizar evaluaciones a más largo plazo para poder detectar efectos potenciales de los tratamientos aplicados. Los tipos de suelo de la parte superior e inferior de la Estación Experimental la Belleza, no influyen en las variables dependientes. Aunque no se observaron diferencias significativas en las variables evaluadas en este estudio, es fundamental considerar un período de evaluación más prolongado y un diseño experimental más simple para futuras investigaciones. Estos ajustes permitirán una mejor comprensión de los efectos de los bioestimulantes y fertilizantes sobre el crecimiento y desarrollo de las plantas.

## 5. Conclusión

En el estudio, se evaluaron los efectos de los tratamientos con bioestimulantes y fertilizantes en el crecimiento de las plantas de cacao. Sin embargo, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los grupos tratados y el grupo de control. Esto sugiere que los bioestimulantes y fertilizantes no tuvieron un impacto significativo en el desarrollo de las plantas. En cuanto al diseño experimental utilizado en este estudio fue el de bloques completos al azar. No obstante, se recomienda que futuras investigaciones empleen un diseño completamente al azar para reducir posibles sesgos y aumentar la validez interna de los resultados. Aunque los resultados inmediatos no mostraron diferencias significativas, es fundamental realizar evaluaciones a largo plazo. Estas permitirán detectar posibles efectos acumulativos de los tratamientos y evaluar su sostenibilidad a lo largo del tiempo.

## 6. Referencias

CAJAMARCA CRESPO, Karla et al., 2023. Efectos de bioestimulantes en el crecimiento morfológico de plántulas de cacao en etapa de vivero. *Manglar*. Vol. 20, no. 2, pp. 117–122. DOI 10.57188/manglar.2023.013.

CROUCH, L.B. y CABRERA, M., 1976. Cultivo cacao. [en línea], Disponible en:  
<http://hdl.handle.net/20.500.12324/13690>.

CASAVARDE, Arsemio., 2014. INFLUENCIA DE CUATRO BIOESTIMULANTES EN EL CRECIMIENTO DE PLANTAS INJERTADAS DE CACAO (*Theobroma cacao* L.) CLON CCN-51 EN SATIPO. *Tesis*,

LOPEZ, Karla E, 2024. Importancia de los bioestimulantes en el cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.). [online]. pp. 1–2. Retrieved from : <http://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/16069>

TAPIA-VERA, Carlos A. et al., 2021. Temporal assay of cocoa agroforestry systems in the Ecuadorian humid tropic. *Bionatura*. Vol. 6, no. 4, pp. 2295–2302. DOI 10.21931/RB/2021.06.04.27.

- SMITH, J., PETROVIC, P., ROSE, M., DE SOUZ, C., MULLER, L., NOWAK, B. y MARTINEZ, J., 2021. Placeholder Text: A Study. *The Journal of Citation Styles*, vol. 3, DOI 10.10/X.
- Guatatocha, M. S. (2015). *PLAN DE DESARROLLO Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL DE LA PARROQUIA LA BELLEZA*. 134. <https://www.scribd.com/document/471473891/2260003990001-PDOT-LA-BELLEZA-2014-2019-FINAL-22-10-2015-09-32-17>
- ANCHUNDIA, D.M., HERRADA, M.R. y MONTALVAN, E.L.S., 2018. Sistemas agroforestales con cultivo de cacao fino de aroma: entorno socio-económico y productivo. *Revista Cubana de Ciencias Forestales* [en línea], vol. 6, no. 1, Disponible en: <http://cfores.upr.edu.cu/index.php/cfores/article/view/280>.
- ECHEVERRIA, S., VEGA, A. y LUNA, R., 2023. Evaluación de bioestimulante orgánico en cacao. *Revista Científica Agroecosistemas* [en línea], Disponible en: [file:///C:/Users/USER/Downloads/596-Texto del artículo-1134-2-10-20230426 \(2\).pdf](file:///C:/Users/USER/Downloads/596-Texto%20del%20articulo-1134-2-10-20230426%20(2).pdf).
- RODRIGUEZ ARROBO, T.M., CAJAMARCA CRESPO, K., BARREZUETA UNDA, S., LUNA ROMERO, A.E. y VILLASEÑOR ORTIZ, D., 2023. Efectos de bioestimulantes en el crecimiento morfológico de plántulas de cacao en etapa de vivero. *Manglar* [en línea], vol. 20, no. 2, ISSN 18167667. DOI 10.57188/manglar.2023.013. Disponible en: <http://www.scielo.org.pe/pdf/mang/v20n2/2414-1046-manglar-20-02-117.pdf>.
- ORTIZ, Sebastian suarez y Guadalupe SANTANDER. Características agronomicas del cacao. *SlideShare* [en línea]. 1 de junio de 2016 [consultado el 13 de junio de 2024]. Disponible en: <https://es.slideshare.net/slideshow/caracteristicas-agronicas-del-cacao/62637253>
- ZAVALA, W., MERINO, E. y PELÁEZ, P., 2018. Influence of three agroforestry systems of cocoa cultivation on carbon capture and storage. *Scientia Agropecuaria*, vol. 9, no. 4, DOI 10.17268/sci.agropecu.2018.04.04.