



01

01

Eficiencia de hormonas en el enraizamiento de ramillas de cacao (*Theobroma cacao* L.) tipo nacional x trinitario

Efficiency of hormones in the root taking of cacao twigs (*Theobroma cacao* L.) national x trinitario type

Edison Stalin Cajamarca Marín¹
E-mail: ecajamarca@mag.gob.ec.

José Nicasio Quevedo Guerrero²
Dr. C. Rigoberto Miguel García Batista²

¹Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAGAP) Región Sur. República del Ecuador.

²Unidad Académica de Ciencias Agropecuarias. El Oro. República del Ecuador.

Cita sugerida (APA, sexta edición)

Cajamarca-Marín, E.S., Quevedo-Guerrero, J. N., & García-Batista, R. M. (2017). Eficiencia de hormonas en el enraizamiento de ramillas de cacao (*Theobroma cacao* L.) tipo nacional x trinitario. *Revista Científica Agroecosistemas*, 5(1-Ext), 6-15. Recuperado de <https://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes>

RESUMEN

El cultivo de cacao, tipo Nacional x Trinitario considerado fino y de aroma, es cada vez más afectado por la erosión genética en Ecuador, cada año son más hectáreas ocupadas por clones de alta producción como el CCN-51, propiciando una vulnerable uniformidad genética y desplazando por completo genes muy valiosos para mantener la diversidad de esta especie. La conservación del acervo genético de *Theobroma cacao* L., proporcionará un seguro contra las condiciones adversas que puedan afectar el futuro de esta especie. La difícil propagación asexual por ramillas, cuyos prendimientos reportados son inferiores al 25%, motivaron la realización de este trabajo, cuyo objetivo fue evaluar la eficiencia de hormonas comerciales y hormonas de síntesis natural en el enraizamiento de ramillas de cacao de tipo Nacional x Trinitario, para lo cual se utilizó un mismo sustrato relación 1:2:1 (arena fina, suelo, humus) para los tratamientos bajo condiciones controladas de humedad relativa y temperatura. Los tratamientos en estudio fueron: T1 Cytoquin, T2 Eco Hormonas, T3 Hormonagro, T4 Extracto de Lenteja, T5 Agua de Coco Tierno y T6 Hormonagro + Polímero. Los resultados mostraron que los tratamientos T3 y T5 obtuvieron los mejores porcentajes (58% y 52%) respectivamente para supervivencia y enraizamiento de las ramillas a los 45 días de iniciado el proceso dentro de las fundas al vacío. Las ramillas mostraron mayor número y desarrollo de yemas en el T5, en comparación a los demás tratamientos utilizados.

Palabras clave:

Polímero, Nacional x Trinitario, yemas activas.

ABSTRACT

The cultivation of cacao, National x Trinitario type, considered fine and with aroma, is increasingly affected by genetic erosion in Ecuador, each year are more hectares occupied by high production clones such as CCN-51, promoting a vulnerable genetic uniformity and completely displacing highly valuable genes to maintain the diversity of this species. The conservation of the gene pool of *Theobroma cacao* L., will provide insurance against adverse conditions that may affect the future of this species. The difficult asexual propagation by twigs, whose reported arrivals were inferior to 25%, motivated the accomplishment of this work, whose objective was to evaluate the efficiency of commercial hormones and hormones of natural synthesis in the rooting of cacao twigs of the National x Trinitario type, for which the same substrate ratio 1: 2: 1 (fine sand, soil, humus) was used for the treatments under controlled conditions of relative humidity and temperature. The treatments under study were: T1 Cytoquin, T2 Eco Hormones, T3 Hormonagro, T4 Extract of Lentil, T5 Tender Coco Water and T6 Hormone + Polymer. The results showed that T3 and T5 treatments obtained the best percentages (58% and 52%), respectively, for survival and rooting of the shoots at 45 days after initiation of the process inside the vacuum sleeves. The twigs showed more number and development of buds in the T5, in comparison to the other treatments used.

Keywords:

Polymer, National x Trinitario, active yolks.

INTRODUCCIÓN

En el Ecuador en las regiones que corresponden a la Costa y Amazonía, el cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.) es uno de los más importantes debido que genera altos rubros para el país, los agricultores que se dedican a este cultivo son medianos y pequeños productores de las zonas rurales. El cacao fino de aroma era un producto muy cotizado en la gastronomía europea y mundial por su sabor y aroma, dando lugar a una etapa denominada como la época de “la pepa de oro”, debido a que toda la producción era de cacao tipo nacional y de excelente calidad, lo que sirvió de apertura y vínculo con el mercado europeo y el resto del mundo (Ruales, 2013).

Es de mucha importancia que se realicen investigaciones que solucionen la falta de material vegetal de calidad para la siembra, que garantice una producción sostenible en el tiempo debido. Actualmente no hay viveros que propaguen ramillas de cacao tipo nacional, la mayoría propaga injertos y ramillas de cacao de la variedad CCN -51 de producción alta pero de calidad, sabor y aroma ordinarios. Unos de los principales problemas es que la mayoría de los viveros son artesanales y están manejados por personal que carece de conocimiento técnico necesario para poder propagar el material de siembra adecuadamente (Cuvi-Ramírez, Rodríguez-Guerra, Carrera, Asanza, & Soria-Rea, 2013). Cada año son más los productores que prefieren los clones de híbridos de alta producción como el CCN-51, provocando una imparable erosión y una vulnerable uniformidad genética, exterminando por completo genes muy importantes para mantener la diversidad de esta especie. La conservación del acervo genético de cacao nacional, proporciona un seguro contra las condiciones adversas que se puedan presentar en el futuro, asegurando la alimentación y el mantenimiento del buen vivir.

El cacao criollo es un árbol de poco vigor y bajo rendimiento, aunque sobresale por su alta calidad, y a nivel mundial se produce entre el 5 y 10%; el cacao forastero tiene mayor tolerancia a enfermedades y su producción mundial corresponde al 80%; y por último el cacao trinitario, resultante del cruce entre el cacao criollo y el forastero, es muy resistente a enfermedades, pero de calidad inferior, y su producción está entre el 10 y 15% (Chinenye, Ogunlowo, & Olukunle, 2010).

Todos los procesos están bajo el control de las diversas hormonas naturales que se sintetizan en las diferentes partes de la planta. Es función de las fitohormonas, regular la velocidad de crecimiento de las diferentes partes de la planta, actúan de forma conjunta y no aislada, de modo que el desarrollo normal de una planta es el resultado del efecto neto de un equilibrio hormonal. Estas sustancias pueden ser de cuatro tipos: auxinas, citocininas, giberelinas y etileno, producidas en diferentes órganos de la planta, y son movilizados a otras partes o sitio de acción en bajas concentraciones (Lira & Davies, 2013; Gómez & García, 2006; Castillo, Ortega, Carabeo, Delgado, & Michelena, 2007). Las auxinas promueven la formación de raíces laterales y adventicias retrasando la abscisión de hojas (Taiz & Zeiger, 2006). Uno de los efectos principales de esta hormona es que está ligada a la iniciación de los primordios radiculares (Macedo, et al., 2008). Existen dos mecanismos fisiológicos para el transporte de esta hormona, el primero es el transporte de larga distancia, importante para el desarrollo normal de las raíces laterales, el segundo es el transporte de corta distancia, que interviene en múltiples procesos como la morfogénesis de la raíz (Vanneste & Friml; Robert & Friml, 2009). Ambos intervienen en el desarrollo y formación de raíces adventicias como el ácido indol - 3 - acético (AIA) y ácido indol - 3 - butírico (AIB) (Davies, 2010) y regulan la elongación de las raíces y su producción, además de la dominancia apical (Martín, Noda, Olivera, & Pentón, 2015).

El endospermo líquido de las semillas de la planta de coco está compuesto por una serie de soluciones que contienen aminoácidos (glicina, ácido glutámico, triptófano), que sirven para la síntesis de auxinas, enzimas (fosfatasa ácida) que cumplen la función de movilizar reguladores de crecimiento como auxinas y citoquininas (Yong, Ge, Ng, & Tan, 2009; Martínez & Menchaca, 2007). Las giberelinas participan en la elongación de las células de la endodermis del tejido radicular, controlando y regulando el crecimiento de las raíces en la planta (Ubeda, García, & López, 2006). La síntesis de las citoquininas se produce de forma natural, tanto en las raíces como en órganos aéreos, e interactúan con la auxina (Azcón & Talón, 2008). El árbol de cacao se puede propagar por vía asexual con la utilización de partes vegetativas con ramillas, esto implica que las características de la planta madre se obtendrán de la nueva planta, porque tendrá la misma constitución genética (Ártica, 2008). En el proceso de

enraizamiento de las ramillas, la sombra es necesaria, debido a que una intensa luz solar provocaría el cierre de los estomas, se reduce el intercambio gaseoso, se pierde la turgencia en las células, se produce la foto-destrucción de las auxinas y la concentración de sustancias inhibitoras de crecimiento, y por tanto, la muerte de las ramillas (Gutiérrez, Vásquez, & Álvarez, 2006). Las condiciones de humedad relativa donde se deben desarrollar las ramillas, comprende entre un 90 y 100% de humedad relativa, con lo que se logra que las ramillas sufran el proceso de evapotranspiración y que se mantenga la turgencia celular (Enríquez, 2004). Las ramillas que se deben seleccionar para un correcto enraizamiento de ramas jóvenes con hojas sanas y vigorosas, deben tener un color pardo, sin flores y poseer de tres a cuatro hojas, en las cuales se le cortará 70% de su superficie foliar (Quiroz, 2010).

Este trabajo pretende, desde un punto de vista agrónomo, obtener clones con producción alta y de calidad con la selección de árboles élite, técnica que permite obtener plantaciones resistentes a plagas y enfermedades que causan pérdidas económicas para los productores de este cultivo. El punto de vista de los recursos fitogenéticos pretende conservar el cacao nacional fino y de aroma sin que se pierda en el transcurso del tiempo, debido a que actualmente se reduce y se reemplaza por clones y variedades de alta producción y de ordinaria calidad. El objetivo de este trabajo fue evaluar la eficiencia de las hormonas comerciales Cytokinin, eco hormonas, hormonagro y las hormonas de síntesis natural: extracto de lenteja (*Lens culinaris* M.) y el uso del agua de coco tierno (*Cocos nucifera* L.) en el enraizamiento de las ramillas de cacao tipo nacional a los 45 días del proceso de enraizamiento.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se realizó la Granja Experimental Santa Inés de la Unidad Académica de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Machala, ubicada en el km 5.5 vía al Cambio, perteneciente a la parroquia El Cambio, provincia de El Oro, Ecuador, entre las siguientes coordenadas geográficas 79° 54' 05" W y 03° 17' 16" S, con una altitud de 6 msnm. De acuerdo a las zonas de vida natural de Holdridge y el mapa ecológico del Ecuador, el sitio de ensayo corresponde a un bosque muy seco – Tropical (bms – T), con una precipitación media anual de 699 mm, una temperatura media anual de 25° C y una humedad relativa de 84%. Para dar cumplimiento a los objetivos planteados se evaluó la eficiencia de

los productos comerciales y de síntesis natural que se utilizaron para el enraizamiento de las ramillas de cacao tipo Nacional x Trinitario (Clon ETT 48).

Variables evaluadas:

- » Número de ramillas vivas, número y tamaño de las yemas activas del tratamiento 1 con el producto comercial cytokinin. Para medir esta variable se observó el número de ramillas vivas, el número de yemas activas y su medición a los 45 días de iniciado el proceso de enraizamiento dentro de las fundas al vacío.
- » Número de ramillas vivas, número y tamaño de las yemas activas del tratamiento 2 con el producto comercial eco hormona. Para medir esta variable se observó el número de ramillas vivas, el número de yemas activas y su medición a los 45 días de iniciado el proceso de enraizamiento dentro de las fundas al vacío.
- » Número de ramillas vivas, número y tamaño de las yemas activas del tratamiento 3 con el producto comercial hormonagro. Para medir esta variable se observó el número de ramillas vivas, el número de yemas activas y su medición a los 45 días de iniciado el proceso de enraizamiento dentro de las fundas al vacío.
- » Número de ramillas vivas, número y tamaño de las yemas activas del tratamiento 4 con la hormona de síntesis natural extracto de lenteja. Para medir esta variable se observó el número de ramillas vivas, el número de yemas activas y su medición a los 45 días de iniciado el proceso de enraizamiento dentro de las fundas al vacío.
- » Número de ramillas vivas, número y tamaño de las yemas activas del tratamiento 5 con la hormona de síntesis natural del agua de coco tierno. Para medir esta variable se observó el número de ramillas vivas, el número de yemas activas y su medición a los 45 días de iniciado el proceso de enraizamiento dentro de las fundas al vacío.
- » Número de ramillas vivas, número y tamaño de las yemas activas del tratamiento 6 con el producto comercial hormonagro + la aplicación de un polímero al sustrato que capta agua para mantener la humedad en el sustrato. Para medir esta variable se observó el número de ramillas vivas, el número de yemas activas y su medición a los 45 días de iniciado el proceso de enraizamiento dentro de las fundas al vacío.

Se utilizaron seis tratamientos a base de hormonas de crecimiento, comerciales y de síntesis natural para el enraizamiento de las ramillas de cacao nacional del clon ETT – 48. Estos fueron desarrollados bajo invernadero dentro de una cámara con sarán, en fundas al vacío (Tabla 1).

Tabla 1. Tratamientos y repeticiones con las diferentes hormonas de crecimiento aplicadas a las ramillas de cacao tipo nacional del clon ETT-48.

No. de repeticiones	Tratamientos	Código	Aplicación de hormonas a la base de las ramillas
5	T1	T1R1,T1R2,T1R3,T1R4,T1R5	Sumergidas en cytokin
5	T2	T2R1,T2R2,T2R3,T2R4,T2R5	Sumergidas en eco hormona
5	T3	T3R1,T3R2,T3R3,T3R4,T3R5	Espolvoreo con hormonagro
5	T4	T4R1,T4R2,T4R3,T4R4,T4R5	Sumergidas en el extracto de lenteja
5	T5	T5R1,T5R2,T5R3,T5R4,T5R5	Sumergidas en agua de coco tierno
5	T6	T6R1,T6R2,T6R3,T6R4,T6R5	Espolvoreo con hormonagro + polímero al sustrato

Selección de plantas élites: fueron escogidas las mejores plantas dentro del cultivo bajo parámetros y características deseables, como alta producción, resistencia a plagas y enfermedades. Posterior a la selección se realizaron podas de mantenimiento y fitosanitarias a las plantas élites escogidas para lograr la formación de nuevos brotes y asegurar ramas jóvenes y sanas. Se eliminaron flores en las plantas escogidas, para lograr que el árbol utilizara todas sus reservas de forma equilibrada en el desarrollo de ramas. Se regó la plantación para activar los árboles fisiológicamente y que produjeran más brotes y ramas. Se procedió también a la fertilización, para obtener ramas fuertes y vigorosas, con un sistema foliar bien desarrollado y nutrido, sin presencia de deficiencias. Este proceso se debe hacer dos meses antes de la recolección de las ramillas.

Preparación del sustrato y llenado de fundas: En la preparación del sustrato relación 1:2:1 (arena, suelo y humus), se procedió a mezclar 24 kg de materia orgánica esterilizada con 24 kg de arena junto con 24 Kg de suelo, para obtener un mejor sustrato para las raíces de las ramillas de cacao. Antes de colocar el sustrato en las fundas, se hizo un proceso de desinfección con formol, para ello se desinfectó por capas el sustrato, se utilizaron 1000 ml de formol en 20 litros de agua, luego se procedió a tapar totalmente el sustrato con un plástico negro. Después de 48 horas, se procedió a retirar el plástico negro y remover el sustrato para que liberar el formol y el exceso de humedad; luego de ese proceso se dejó por 24 horas sin el plástico negro al sustrato. Una parte del sustrato se separó y se expuso al sol hasta que perdió toda la humedad, para luego poder incluir el polímero en una relación de 5 gramos en 10 kg de sustrato (si el polímero no está lo suficientemente seco, no podrá mezclarse bien con el sustrato). Se procedió a llenar las 250 fundas con el sustrato normal y 50 fundas con el sustrato que contenía el polímero que conservaba la humedad.

Obtención del extracto de lenteja y agua de coco: para la obtención del extracto de lenteja, se procedió a remojar en agua dos libras de lenteja en un recipiente. Cuando estas germinaron, fueron licuadas

junto con el agua, y posteriormente cernidas, hasta obtener el extracto. Para la obtención del agua de coco, se tomaron tres cocos tiernos recién extraídos de la planta; se usó el agua como enraizante de las ramillas.

Recolección, corte, aplicación de las hormonas y siembra de las ramillas de cacao tipo nacional clon ETT-48: las ramillas deben recolectarse en épocas distintas a las de floración y fructificación. Se cortaron ramas jóvenes donde la parte superior tuviera un color café verdoso y la parte inferior un color verde, con yemas axilares que presentaran vigor, aún en dormancia y sin daño por insecto o algún agente patógeno. Se tomaron las ramillas de 15 a 20 cm de longitud. Se dejaron como máximo cuatro hojas por ramilla y luego se cortó en un 70% su área foliar para evitar pérdida de agua por transpiración. Se las colocó en un recipiente con agua purificada para evitar su deshidratación. Para la siembra se procedió primero a cortar la base de las ramillas en forma de bisel, luego se colocaron las ramillas en reposo dentro de los recipientes con las soluciones puras de las diferentes hormonas comerciales cytokin, hormonagro y eco hormona durante 30 minutos y se las sembró. En las soluciones de hormonas de síntesis natural, extracto de lenteja y el agua de coco tierno, se dejó reposar durante 45 minutos y se sembró. En los tratamientos con hormonagro para T1 y T6, se procedió a espolvorear la base de la ramilla y se sembró. Una vez sembradas todas las ramillas en cada uno de sus tratamientos, se procedió a fumigar las ramillas con un fungicida (Captan).

Luego fueron selladas las fundas, considerando que estuvieran infladas con aire suficiente para crear un microambiente; luego se cerraron herméticamente durante los 45 días siguientes, hasta que las ramillas desarrollaron raíces y nuevos brotes. Todos los tratamientos estuvieron bajo invernadero, en sombra, con dos capas de sarán para evitar los rayos del sol excesivo, solo dejando pasar el 10% de luz y para regular la temperatura ambiental. Después de todo el proceso se colocó el temperato dentro y fuera del ensayo, el cual permitió medir la temperatura ambiental a la que estaba sujeto el ensayo

experimental, todos los días al mediodía. Se utilizó el luxómetro para medir el paso de la luz y con el higrómetro se midió la humedad relativa dentro de las fundas al vacío. Para una correcta aclimatación de las ramillas luego de obtener la activación de las yemas y, por ende, el enraizamiento, se abrieron las fundas al vacío para su extracción en las primeras horas de la noche, para evitar el choque térmico, y colocarlas en un ambiente de humedad relativa de 80% y lentamente ir la disminuyendo hasta la normal, proceso que puede durar hasta 60 días, antes de llevarlas al campo definitivo.

Debido a que solo se evaluó un factor, que fue la eficiencia de las hormonas en cada uno de los tratamientos, se utilizó un diseño experimental completamente al azar, con seis tratamientos, igual número de repeticiones e igual número de unidades muestrales experimentales; se trabajó bajo condiciones de invernadero, en un entorno experimental homogéneo. Los criterios de prueba se realizaron mediante la prueba F de Fisher, el cual se comparó con el correspondiente valor tabular de la Distribución F de Fisher. El análisis de varianza se realizó con los datos obtenidos del número y tamaño de los brotes activos de las ramillas vivas a los 45 días del proceso de enraizamiento, almacenados y procesados mediante el programa estadístico SPSS. Para un valor-P (valor de probabilidad) mayor o igual a 0,05, se declaró el resultado no significativo. El nivel de significación asumido fue $\alpha=0.05$ (95 % de confianza). La comparación de promedios se realizó mediante la prueba de Tukey al 95% de confianza, para diferenciar entre pares de medias después de rechazada la hipótesis nula en el análisis de varianza., se desarrolló un diseño completamente al azar con seis tratamientos, igual número de repeticiones e igual número de unidades muestrales experimentales.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En cuanto al número de ramillas vivas a los 45 días del proceso de enraizamiento, el ANOVA evidenció una diferencia significativa entre tratamientos, indicando que el T3 (29 ramillas vivas) y T5 (26 ramillas vivas) mostraron valores significativos con el T1, T2, T4 Y T6 (Figura 1). Los resultados del T3 se pueden atribuir a lo expuesto por Fehling & Ceccon (2015), quienes señalan que la hormona más utilizada para propagar asexualmente es la auxina, mientras Ramos, Cruz, Morante, & Villacís (2006) indican que la utilización de polvos enraizantes a base de auxinas, ha dado buenos resultados en plantas leñosas, por ello la efectividad del producto utilizado. Los resultados obtenidos con el T5, se basan en lo expuesto por Hicks (2007) y Yong et al (2009), que

mencionan que tiene una serie de soluciones, entre ellas reguladores de crecimiento auxinas y citoquininas, aminoácidos como glicina, ácido glutámico y triptófano, que sirven para la síntesis de auxinas.

Las ramillas estuvieron sometidas bajo sombra con el paso del 10% de luz para controlar la intensidad lumínica y la temperatura dentro del ensayo, la cual comprendía entre 26°C y 32°C, con una humedad relativa del 95% dentro de fundas al vacío, condiciones todas orientadas a la supervivencia de las ramillas, según lo expuesto por Quirós (200), quien indica que el lugar de propagación debe tener condiciones de luz por debajo del 25%; Enríquez (2004) señala que las ramillas deben desarrollarse en una humedad relativa entre un 90 y 100%, mientras Lira et al (2013) indican que el material vegetal cortado cuando es expuesto a humedades relativas altas, ejerce una presión que le permite absorber agua de forma lenta y constante, llenando los vasos del xilema vacíos, los cuales han perdido agua.

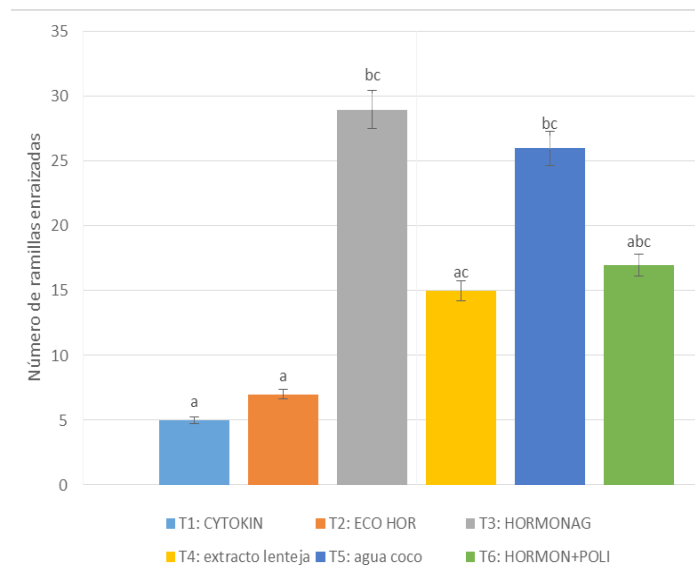


Figura 1. Número de ramillas vivas a los 45 días del proceso de enraizamiento con las diferentes hormonas utilizadas. Prueba de Tukey al 0;05. Medias con una letra común no son significativamente diferentes.

El porcentaje de enraizamiento de las ramillas de cacao tipo nacional x trinitario con los diferentes tratamientos (Figura 2), manifestó que la eficiencia tiene relación con el tipo y origen de las hormonas, ya que el T3 (58%) y T5 (52%) de enraizamiento fueron los tratamientos más sobresalientes, mostrando valores significativos frente a los tratamientos T1 (10%), T2 (14%), T4 (30%) y T6 (34%). Cabe señalar que entre la hormona comercial T3 y la hormona de síntesis natural (agua de coco tierno) T5, la diferencia es mínima, lo que implica que existe una alternativa

natural y económica eficiente para enraizar ramillas de cacao.

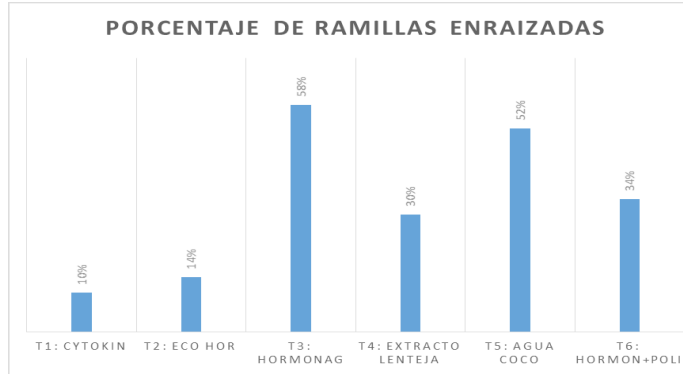


Figura 2. Porcentaje de enraizamiento de las ramillas de cacao tipo nacional x trinitario a los 45 días.

El análisis de la media del número de ramillas vivas a 45 días de iniciado el proceso de enraizamiento (Figura 3), para cada uno de los tratamientos evaluados, expresó un valor de alfa menor al 0,05, lo que evidenció una diferencia significativa en la media de al menos un tratamiento (Figura 1), y se rechaza la hipótesis nula.

La prueba de las diferencias significativas de las medias entre tratamientos para el número de ramillas vivas de cacao nacional clon ETT-48 a los 45 días del ensayo (Figura 1), indicó que el T3 y T5 obtuvieron el mayor número de ramillas vivas en las comparaciones múltiples entre tratamientos, siendo significativos con el T1, T2 y T4, lo que ocurrió en menor grado para el T6.

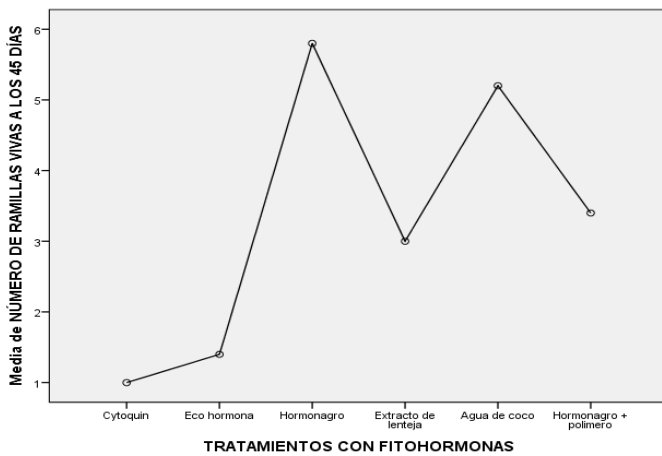


Figura 3. Medio del número de ramillas vivas de cacao nacional a los 45 días del proceso de enraizamiento.

Eficiencia de las hormonas en el desarrollo de las ramillas de cacao tipo nacional x trinitario ETT-48 a los 45 días del proceso de enraizamiento

Se constató el desarrollo de los brotes en las ramillas con las diferentes hormonas utilizadas los cuales

alcanzaron entre 4 y 33 milímetros de crecimiento (Figura 4).

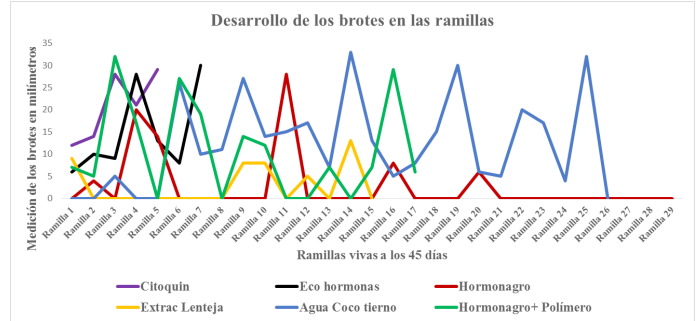


Figura 4. Desarrollo de los brotes en las ramillas con las diferentes hormonas utilizadas.

Al analizar el número de brotes activos de las ramillas vivas a los 45 días en el T1, de acuerdo a los resultados obtenidos en sus 5 ramillas vivas, se observó uniformidad de los brotes activos, uno por ramilla (Figura 5).

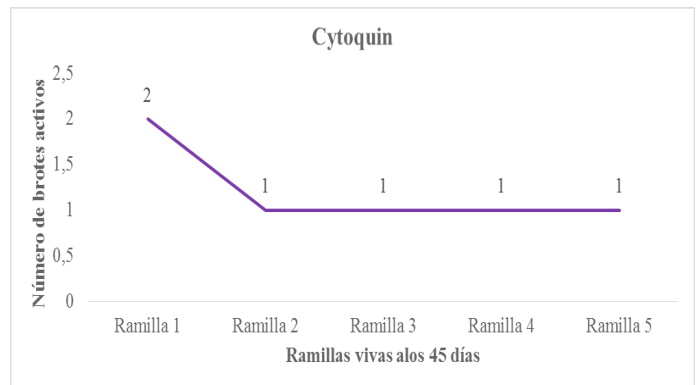


Figura 5. Número de brotes activos de las ramillas vivas a los 45 días en el T1.

De acuerdo con los resultados obtenidos, el T2 presentó brotes entre 6 y 30 milímetros y mayor número por ramilla; sus 7 ramillas vivas mostraron una diferencia de 2 a 3 brotes por ramilla, siendo el tratamiento que mayor número de brotes activos por ramilla presentó (Figura 6).

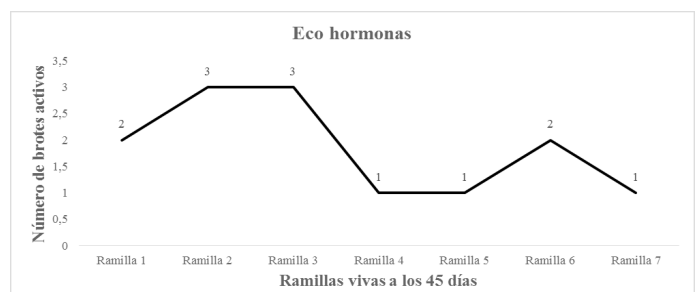


Figura 6. Número de brotes activos de las ramillas vivas a los 45 días en el T2.

El T3 presentó pocos brotes en desarrollo y número (Figura 7), a pesar de presentar mayor número de

ramillas vivas para los diferentes tratamientos (un brote por ramilla) (Figura 1).

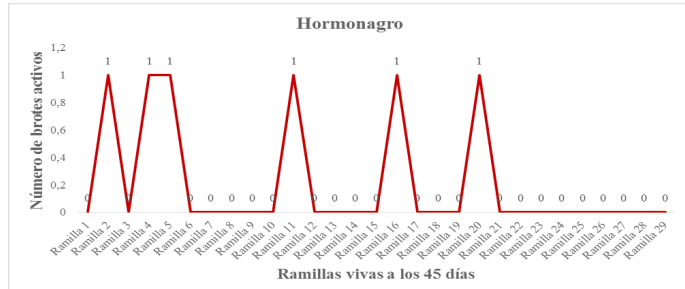


Figura 7. Número de brotes activos de las ramillas vivas a los 45 días en el T3.

El número de brotes activos a los 45 días en el T4, también fue bajo en sus 15 ramillas vivas (Figura 8).

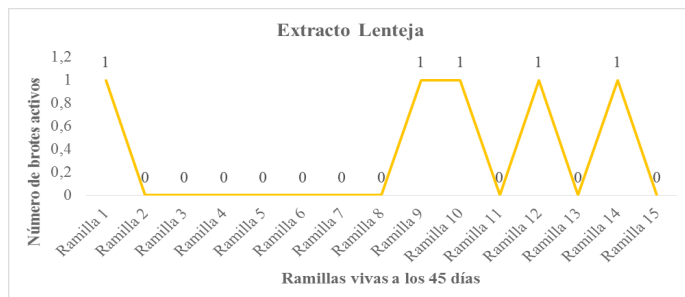


Figura 8. Número de brotes activos de las ramillas vivas a los 45 días en el T4.

Para el T5 se observó un brote activo en la mayoría de las ramillas vivas (Figura 9).

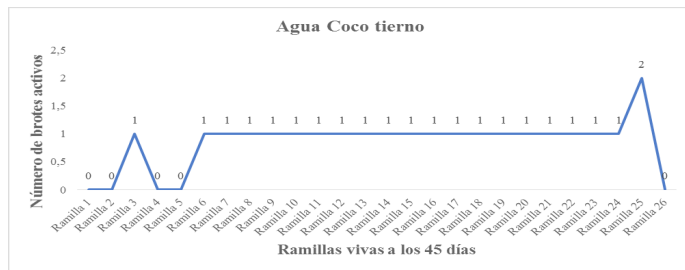


Figura 9. Número de brotes activos de las ramillas vivas a los 45 días en el T5.

Los resultados obtenidos en el T2, el cual presentó mayor brotación en sus ramillas debido que es un producto trihormonal, se basan en lo mencionado por Lira et al (2013) al plantear que las citoquininas interactúan con las auxinas para la formación de raíces y desarrollo de brotes, y la presencia de giberelinas incrementa el contenido de auxinas en la planta. Los resultados del T5 se basan en lo expuesto por Hicks (2007) y Yong et al (2009), quienes mencionan que además de contener fitohormonas, también posee aminoácidos que sintetizan la auxina y promueven la formación de nuevos tejidos. El T3

utilizado, producto a base de auxinas que carece de ciertos aminoácidos para la síntesis de estas, presentó mayor número de ramillas vivas pero poca brotación, resultados relacionados con lo expuesto por Ljung (2013), al señalar que la síntesis de la auxina la realiza por dos vías principales fisiológicas, la primera es dependiente del triptófano y la segunda es independiente, pero se deriva de un precursor de este.

El número de brotes activos de las ramillas vivas a los 45 días en el T6, fue de 17 ramillas vivas, con un solo brote cada una de ellas (Figura 10).

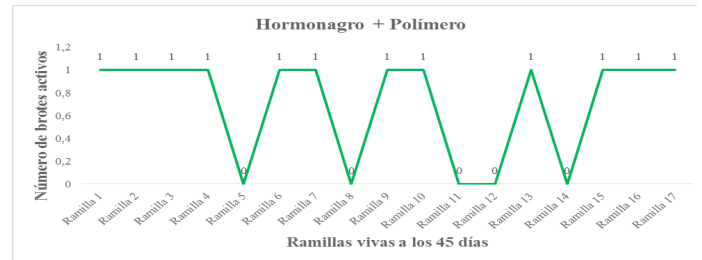


Figura 10. Número de brotes activos de las ramillas vivas a los 45 días en el T6.

El cálculo de las medias del desarrollo de los brotes (en milímetros) de las ramillas vivas de cacao nacional clon ETT -48 a los 45 días del proceso de enraizamiento (Figura 11), evidenciaron la eficacia de T1 (20,80) y T2 (14,86), que mostraron los valores más altos; mediante las comparaciones múltiples entre tratamientos se determinó que fueron significativos, lo cual se manifestó en menor grado para T5 (12,31) y T6 (10,71) en menor grado y más significativos para T3 (2,76) y T4 (2,87).

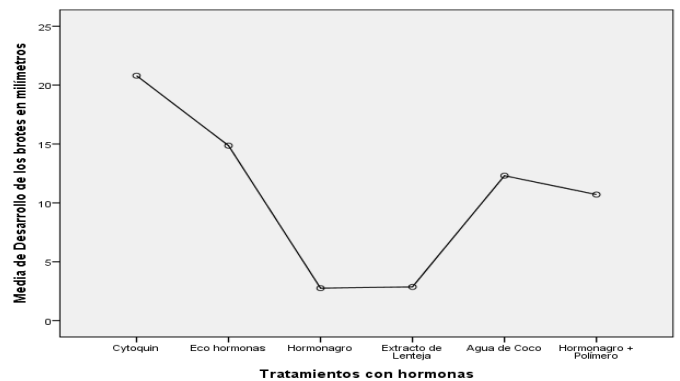


Figura 11. Medias del desarrollo de los brotes en milímetros de las ramillas vivas de cacao nacional clon ETT-48 a los 45 días del proceso de enraizamiento

El cálculo del ANOVA para el desarrollo de los brotes (en milímetros) de las ramillas vivas de cacao tipo nacional clon ETT -48 a los 45 del proceso de enraizamiento (Tabla 2), mostró un valor de alfa () de 0,000, menor al 0,05, lo que indica que existe una diferencia significativa entre tratamientos, por lo

menos la media de uno de ellos fue diferente de la media del resto.

Tabla 2. ANOVA para el desarrollo de los brotes de las ramillas vivas de cacao tipo nacional clon ETT-48 a los 45 del proceso de enraizamiento.

Relación	Suma de cuadrados	gl	Media Cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	2930,252	5	586,050	7,827	0,000
Dentro de grupos	6963,769	93	74,879	-	-
Total	9894,020	98	-	-	-

Prueba de Tukey al 0,05. Diferencia significativa entre tratamientos ($\alpha < 0,05$).

Al analizar las diferencias significativas entre los tratamientos respecto al desarrollo de los brotes de las ramillas vivas a los 45 días del proceso de enraizamiento (Tabla 3), se observó que el T1 además de presentar menor número de ramillas vivas, demostró un mayor crecimiento de los brotes a los 45 días del proceso de enraizamiento, al igual que el T2, pero en menor crecimiento, los cuales frente al T3, T4, T5 y T6 resultaron ser significativos.

Tabla 3. Prueba de las diferencias significativas de las medias entre tratamientos para el desarrollo de los brotes de las ramillas vivas a los 45 días del proceso de enraizamiento.

Tratamientos	Medias	Grupos homogéneos
T1 Cytoquin	20,80	A
T2 Eco Hormonas	14,86	A
T3 Hormonagro	2,76	B
T4 Extracto de lenteja	2,87	BC
T5 Agua de coco tierno	12,31	A
T6 Hormonagro + polímero	10,71	AC

CONCLUSIONES

El estudio de la eficiencia de las hormonas comerciales en el enraizamiento de las ramillas de cacao tipo nacional, mostró 58% como valor más alto que correspondió al T3, y como valores mínimos los de T2 (14%) y T1 (10%). Los resultados del T3 se atribuyen a evidencias científicas de que productos como polvos enraizantes a base de auxinas, han dado buenos resultados en la supervivencia de plantas leñosas que se han propagado por diferentes métodos asexualmente. La eficiencia de las hormonas de síntesis natural quedó demostrada por porcentajes de enraizamiento en las ramillas de cacao tipo nacional a los 45 días; el T5 presentó un porcentaje alto de enraizamiento del 52%, y el T4 presentó un porcentaje de enraizamiento del 30%. Además, pudo apreciarse el desarrollo en los brotes de las ramillas de cacao tipo nacional a los 45 días del proceso de

enraizamiento: el T1 presentó mayor desarrollo de brotes debido a que el producto promueve el desarrollo de yemas; el T2 fue el tratamiento que presentó mayor número de brotes activos por ramilla, debido a que es un producto activador fisiológico trihormonal; y el T5 presentó un gran número de ramillas y uniformidad de brotación, debido a que el agua de coco tierno posee aminoácidos que favorecen la síntesis de las auxinas y contiene citoquininas con las que interactúa para la formación de nuevos tejidos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ártica, M. (2008). *Cultivo del cacao*. Perú: Empresa Editora MACRO.
- Azcón, J., & Talón, M. (2008). *Fundamentos de fisiología vegetal*. 2ª ed. Barcelona: Ediciones Universidad de Barcelona.
- Castillo, G., Ortega, G., Carabeo, V., Delgado, G., & Michelena, G. (2007). Determinación cualitativa de giberelinas y auxinas por cromatografía de capa fina. *ICIDCA*, 16(1), 12-17.
- Chinenye, N.M., Ogunlowo, S. & Olukunle, O. J. (2010). Cocoa bean (*Theobroma cacao* L.). Drying kinetics. *Chillean Journal of Agricultural Research*, 70(4), 633-639.
- Cuvi-Ramírez, M.B., Rodríguez-Guerra, Y., Carrera, K.M., Asanza, M., & Soria-Rea, S. (2013). Efecto de abonos orgánicos en el cultivo de *Theobroma cacao* L. en vivero del "Recinto el Capricho", Provincia de Napo, Ecuador. *Revista Amazónica Ciencia y Tecnología*, 2(1), 31-34.
- Davies, P. (2013). *The plant hormones: physiology, biochemistry and molecular biology*. 2ª ed. New York: USA Springer Science.
- Davies, P.J. (2010). The Plant Hormones: Their Nature, Occurrence, and Functions. En *Plant Hormones: Biosynthesis, Signal Transduction, Action* (pp. 1-15). Dordrecht: Springer Netherlands.
- Enríquez, G. (2004). *Cacao orgánico. Guía para productores ecuatorianos*. Quito: Ecuador.
- Fehling, T., & Ceccon, E. (2015). Macropropagation of *Erythrina americana* in a greenhouse: a potential tool for seasonally dry tropical forest restoration. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, 21(1), 5-16.
- Gómez, A., & García, P. (2006). *Fitohormonas: Metabolismo y modo de acción*. Los Ángeles, USA: Ediciones de la Universidad Jaime I.
- Gutiérrez, A., Vásquez, C., & Álvarez, J. (2006). Propagación por estacas juveniles de balsa blanco (*Heliconia caribaea* L. Sin. H. *popayanensis*) utilizando propagadores de subirrigación. *Revista Facultad Nacional de Agronomía*, 59(2), 3479-3498.

- Hicks, A. (2007). *Orchid seed germination media, a compendium of formulations*. Chandler, USA: The Orchid Seed Bank Project.
- Lira, R. (2013). *Fisiología vegetal*. México D.F: Trillas.
- Ljung, K. (2013). Auxin metabolism and homeostasis during plant development. *Development*, 140(5), 943–950.
- Macedo, D., et al. (2008). Substratos e auxinas no enraizamiento de estacas caulinares de espinheirasanta. *Scientia Agraria*, 9(1), 85-89.
- Martín, G., Noda Y., Olivera, Y., & Pentón, G. (2015). Efecto de productos orgánicos en el desarrollo de propágulos de *Morus alba*, L. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 6(3), 619–625.
- Martínez, D., & Menchaca, R. (2007). Efecto de los compuestos orgánicos en la propagación in vitro de *Stanhopea tigrina bateman* (orchidaceae). *Foresta veracruzana*, 9(2), 27-32.
- Quiroz, J. (2010). Multiplicación clonal de cacao por el método de enraizamiento ramilla. *INIAP*, (149), 1-12.
- Ramos, L., Cruz, N., Morante, J., & Villacís, O. (2006). Empleo de hormonas (ana y aib) estimuladoras del enraizamiento para la propagación vegetativa de *chlorophora tinctoria* L. gaud (moral fino) en el litoral ecuatoriano. *Foresta veracruzana*, 8(1), 9–12.
- Robert, H. S., & Friml, J. (2009). Auxin and other signals on the move in plants. *Nature Chemical Biology*, 5(5), 325–332.
- Ruales, M. (2013). *Origen y aroma del cacao ecuatoriano*. Quito, Ecuador. Agrocalidad.
- Taiz, L., & Zeiger, E. (2006). *Fisiología vegetal*. Volumen 1. Los Ángeles: USA. Ediciones de la Universidad Jaume I.
- Ubeda-Tomás, S., García-Martínez, J.L., & López-Díaz, I. (2006). Molecular, Biochemical and Physiological Characterization of Gibberellin Biosynthesis and Catabolism Genes from *Nerium oleander*. *Journal of Plant Growth Regulation*, 25(1), 52–68.
- Vanneste, S., & Friml, J. (2009). Auxin: A Trigger for Change in Plant Development. *Cell*, 136(6), 1005–1016.
- Yong, J.W., Ge, L., Ng, Y.F., & Tan, S.N. (2009). The Chemical Composition and Biological Properties of Coconut (*Cocos nucifera* L.). *Water Molecules*, 14(12), 5144–5164.