

**UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS**  
**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA VIDA Y AGRICULTURA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA IASA II- SANTO DOMINGO**

“EFECTO DE LOS FERTILIZANTES DE LIBERACIÓN CONTROLADA SOBRE  
EL DESARROLLO DE PLANTAS DE CACAO (*Theobroma cacao*), EN VIVERO,  
EN SANTO DOMINGO DE LOS TSÁCHILAS”

Castro Cristian<sup>1</sup>, Enríquez Freddy; Jiménez Patricio; Uday Vinicio.<sup>2</sup>

## **RESUMEN**

El cacao fino y de aroma que se produce en el Ecuador tiene una importante demanda en los mercados internacionales. La incorrecta utilización de los fertilizantes y sus dosis provocan desbalances nutricionales y son una de las principales causas que disminuye la capacidad productiva del cultivo, por lo que hace falta entonces trabajos de investigación que orienten la correcta elección y dosificación de fertilizantes en plantas de cacao en vivero. El presente trabajo de investigación estudió el efecto de los fertilizantes de liberación controlada sobre el desarrollo de plantas de cacao en la fase de vivero, donde se evaluaron tres tipos de fertilizantes en tres diferentes dosis cada uno. En el ensayo se utilizó un Diseño de Bloques Completamente al Azar (DBCA) con cuatro repeticiones, adicionalmente se realizó la prueba de significación Tukey al 5% para los tratamientos. Los resultados sugieren utilizar 3 g/planta del fertilizante recubierto por polímero de lenta liberación (FRPLL), para las variables días al injerto, circunferencia del tallo, diámetro de la corona foliar, altura de planta, índice de vigor a los 60 y 90 DDI, incluyendo el porcentaje de sobrevivencia en plantas de cacao en vivero. Sobre el porcentaje de materia seca (MS) de la parte aérea y radicular, se encontraron los mayores porcentajes de MS aplicando 9,6 g/planta de fertilizante estabilizado con inhibidor de nitrificación. La relación beneficio costo sugiere que, económicamente es más rentable fertilizar las plantas de vivero de cacao con 3 g/planta del FRPLL y 3,2 g/planta del fertilizante estabilizado con inhibidor de nitrificación.

**Palabras Clave:** fertilizante recubierto por polímero de lenta liberación, fertilizante inhibidor de nitrificación, fertilizante completo complejo, nutrición, vivero.

## **SUMMARY**

Fine and flavor cocoa is produced in Ecuador has a high demand in international markets. Improper use of fertilizers and doses causes nutritional imbalances are the main causes and decreases the production capacity of the crop, so then need research to guide the right choice and dosage of fertilizer in cocoa nursery plants. This research studied the effect of controlled fertilizers on the development of cocoa plants in the nursery stage, where three types of fertilizer were evaluated in three different doses each release. The trial design used a randomized complete block (RCBD) with four replications; further significance testing was performed Tukey 5% for treatments. The results suggest using 3 g/plant fertilizer coated slow release polymer (FRPLL) variables for days graft , stem girth, leaf crown diameter , plant height , vigor index at 60 and 90 DDI including survival percentage in cocoa nursery plants . On the percentage of dry matter (MS) of the aerial and root part, the highest percentages of MS by applying 9.6 g/plant fertilizer with nitrification inhibitor stabilized found. The cost benefit ratio

<sup>1</sup>Ingeniero Agropecuario de la ESPE, Carrera de Ingeniería Agropecuaria, IASA II

<sup>2</sup>Docentes de la Carrera de Ingeniería Agropecuaria, IASA II

suggests that it is more profitable to fertilize the cocoa seedlings with 3 g / plant FRPLL and 3.2 g/plant fertilizer with nitrification inhibitor stabilized.

**Keywords:** polymer-coated fertilizer slow release, fertilizer nitrification inhibitor, complex complete fertilizer, nutrition, nursery.

## I. INTRODUCCIÓN

El Ecuador es el octavo productor de cacao y el primero de cacao fino y de aroma, aportando el 50 % de la oferta que alimenta este pequeño pero importante segmento del mercado mundial. Actualmente hay cerca de 100 000 unidades productivas con más de 400 000 ha de cacao, en su gran mayoría en la región Costa (INIAP, 2009).

A pesar de que en la actualidad existen avances tecnológicos en cuanto a técnicas de manejo del cultivo de cacao en todas sus fases, así como el desarrollo de materiales de siembra mejorados por parte de instituciones dedicados a la investigación, aún es evidente el desconocimiento de un paquete tecnológico en fertilización que permitan obtener plantas de cacao sanas y vigorosas en la etapa de vivero.

La falta de material genético adecuado de siembra, la mala composición de los sustratos y la incorrecta utilización de los fertilizantes y sus dosis, son las principales causas para la obtención de plantas mal desarrolladas, susceptibles al ataque de plagas, lo que disminuye su capacidad productiva y elevan los costos de producción, lo que generaría a futuro una producción limitada.

Respecto a fertilización y nutrición de las plantas de cacao, generalmente esta se maneja de forma incorrecta, provocando desbalances nutricionales en la planta, por lo que hace falta trabajos de investigación que orienten la correcta elección de fertilizantes, dosis y épocas a utilizarse en las plantas de cacao en vivero.

Por tanto en el presente trabajo de investigación se estudió el efecto de la fertilización en el crecimiento y desarrollo de las plantas, para orientar a técnicos y agricultores cacaoteros a promover un tipo de agricultura competitiva y sustentable por medio del uso de fertilizantes de liberación controlada, que permite obtener plantas sanas y vigorosas, reduciendo el periodo de permanencia en el vivero y contribuyendo a mejorar la rentabilidad del cultivo desde su etapa inicial.

Por lo anteriormente expuesto la presente investigación planteó el siguiente objetivo general:

- Evaluar el efecto de los fertilizantes de liberación controlada sobre el desarrollo de plantas de cacao (*Theobroma cacao*) en la fase de vivero, en la Parroquia Luz de América, de Santo Domingo de los Tsáchilas.

Los objetivos específicos fueron los siguientes:

- Determinar el tipo de fertilizante de acción controlada y dosis que provoque las mejores respuestas en el desarrollo de las plantas de cacao.
- Evaluar el efecto de los tratamientos sobre las variables: días al injerto; índice de vigor; porcentaje (%) de sobrevivencia al finalizar la fase de vivero y porcentaje (%) de materia seca de la parte aérea y radicular.
- Realizar el análisis económico de los diferentes tratamientos empleando la metodología del análisis beneficio/costo (B/C).

## II. METODOLOGÍA

### Ubicación del ensayo experimental.

El proyecto se llevó a cabo en la Provincia Santo Domingo de los Tsáchilas, Cantón Santo Domingo, Parroquia Luz de América, km 24 de la vía Santo Domingo-Quevedo, Hacienda Zoila Luz. La precipitación media anual es de 2980 mm/año, la temperatura media anual es de 23,6 °C, el sitio de estudio se encuentra a una altitud de 270 msnm, el grado de humedad relativa es de 91%, la heliofanía media anual es de 660 horas luz/año, los suelos tienen una textura franco con una topografía regular (Estación Meteorológica Puerto Ila, 2010).

Según el diagrama de Zonas de Vida de L. Holdridge, la zona donde se realizó el proyecto corresponde al Bosque Húmedo Tropical (bh-T).

### Diseño experimental.

En el presente trabajo de investigación se utilizó como factor en estudio los tipos de fertilizantes, aplicados en tres diferentes dosis: baja, media y alta. Se utilizó el Diseño de Bloques Completos al Azar (DBCA), con cuatro repeticiones por cada tratamiento. Para la comparación de medias de tratamientos se empleó la prueba de Tukey al 5% de significancia para tratamientos, tipos y dosis de fertilizantes. Adicionalmente se realizaron polinomios ortogonales entre “Dosis” de cada uno de los fertilizantes a utilizar, ya que son tratamientos cuantitativos que estaban igualmente espaciados.

En el cuadro 1 se detallan los tratamientos estudiados, donde se evaluaron tres tipos de fertilizantes en tres diferentes dosis cada uno, además se utilizó dos tratamientos adicionales (1. Aplicación de fertilizante de la fórmula 10-30-10 a razón de 10g/planta (testigo comercial) y 2. Sin empleo de fertilizante (testigo absoluto)).

Cuadro 1. Tratamientos del ensayo: Efecto de los fertilizantes de liberación controlada sobre el desarrollo de plantas de cacao (*Theobroma cacao*), en vivero, en Santo Domingo de los Tsáchilas, 2011.

* Descripción de tratamientos Y dosis de fertilizantes	Cantidad de Nitrógeno
T1= 3g/planta de fertilizante recubierto por polímero de lenta liberación	0,48g de N/planta
T2= 6g/planta de fertilizante recubierto por polímero de lenta liberación	0,96g de N/planta
T3= 9g/planta de fertilizante recubierto por polímero de lenta liberación	1,44g de N/planta
T4= 3,2g/planta de fertilizante estabilizado con inhibidor de nitrificación	0,48g de N/planta
T5= 6,4g/planta de fertilizante estabilizado con inhibidor de nitrificación	0,96g de N/planta
T6= 9,6g/planta de fertilizante estabilizado con inhibidor de nitrificación	1,44g de N/planta
T7= 4g/planta de fertilizante complejo de mezcla química	0,48g de N/planta
T8= 8g/planta de fertilizante complejo de mezcla química	0,96g de N/planta
T9= 12g/planta de fertilizante complejo de mezcla química	1,44g de N/planta
T10= 10g/planta de fertilizante de la fórmula 10-30-10	1,0 g de N/planta
T11= Testigo absoluto sin fertilización	-----

\*Las dosis de los fertilizantes se establecieron estandarizando en c/u la cantidad de nitrógeno.

### Análisis económico.

Se utilizó el método del análisis Beneficio/Costo (B/C), por este método se obtuvo los valores en dólares de los diferentes costos del proyecto para poder estimar el impacto financiero acumulado y determinar el mejor tratamiento económico al final de la investigación.

## **VARIABLES EVALUADAS.**

### **Días al injerto**

Se contabilizó los días que transcurrieron después de la siembra hasta que la planta (patrón) cumplió con el parámetro adecuado de injertación (5-7 mm de diámetro), para ello se utilizó un calibrador (pié de rey) y se tomó la medida tres cm por debajo de la cicatriz que dejan las hojas embrionales, en 16 plantas de la parcela neta.

### **Circunferencia del tallo**

La variable en estudio se evaluó al segundo y tercer mes después del injerto, para ello se midió el diámetro del tallo en centímetros, utilizando un calibrador (pié de rey) en la porción más gruesa del injerto en 16 plantas de la parcela neta, luego se aplicó la siguiente fórmula:

$$C = D * \pi$$

Dónde: C = Circunferencia del tallo  
D = Diámetro del tallo  
 $\pi$  = Pi

### **Diámetro de la corona foliar**

El diámetro de la corona foliar se evaluó al segundo y tercer mes después del injerto, para ello se midieron las hojas intermedias de la planta en centímetros, con la ayuda de una cinta métrica.

### **Índice de vigor**

Es una medida en centímetros cúbicos que hace referencia al volumen de biomasa de la planta, esta variable se registró al segundo y tercer mes después del injerto, con datos de circunferencia de tallo, altura de planta y diámetro de corona, en 16 plantas de la parcela neta, aplicando la siguiente fórmula:

$$\text{Índice de vigor} = \frac{C^2}{4} \sqrt{H^2 * \frac{L^2}{4}}$$

Donde: C= Circunferencia del tallo  
H= Altura de la planta  
L= Diámetro de corona

### **Porcentaje de materia seca aérea y radicular**

Esta variable se evaluó al final del ensayo, mediante el método directo o también denominado método destructivo, que consistió en sacar las plantas de la funda dividiendo la parte aérea de la parte radicular. La parte aérea y radicular se pesaron independientemente en una balanza analítica para obtener el peso fresco, luego se procedió a secarlas en una estufa a 75°C, hasta obtener peso constante denominado peso

seco. Este proceso se realizó en cuatro plantas de cada parcela neta y se calculó el porcentaje de materia seca aérea y radicular aplicando la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Materia Seca} = \frac{\text{Peso seco}}{\text{Peso fresco}} * 100$$

### **Sobrevivencia (% Sv)**

La sobrevivencia se evaluó a los 15 días de haber germinado la semilla, posteriormente se evaluó al segundo mes de haber realizado la injertación y por último se determinó la sobrevivencia de las plantas al finalizar el estudio (tercer mes después de la injertación). El porcentaje de sobrevivencia se calculó el por medio de la siguiente fórmula:

$$\% Sv = \frac{n^{\circ} \text{ de plantas vivas}}{n^{\circ} \text{ total de plantas}} x 100$$

## **III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### **Días al injerto**

El análisis de varianza para la variable días al injerto, mostró diferencias estadísticas altamente significativas entre tratamientos. El coeficiente de variación fue de 1,56 %, considerándose un valor bajo, lo que da confianza en los resultados obtenidos.

En la figura 1, se comprobó que los mejores tratamientos sobre el efecto de los fertilizantes de liberación controlada (FLC) al final del ensayo fueron T1 (3g/planta de fertilizante recubierto por polímero de lenta liberación), T4 (3,2g/planta de fertilizante estabilizado con inhibidor de nitrificación) y T5 (6,4g/planta de fertilizante estabilizado con inhibidor de nitrificación), quienes presentaron plantas lista para el injerto en menor cantidad de días (93,5; 95,8 y 96,8 días respectivamente), mientras que el T6 (9,6g/planta de fertilizante estabilizado con inhibidor de nitrificación) obtuvo el mayor número de días al injerto (116 días).

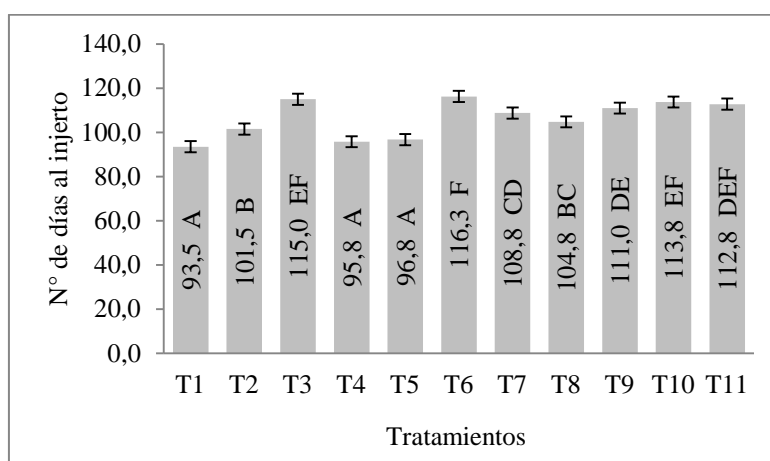


Figura1. Efecto de la dosis de diferentes fertilizantes sobre el número de días al injerto en vivero de cacao. Santo Domingo, 2013.

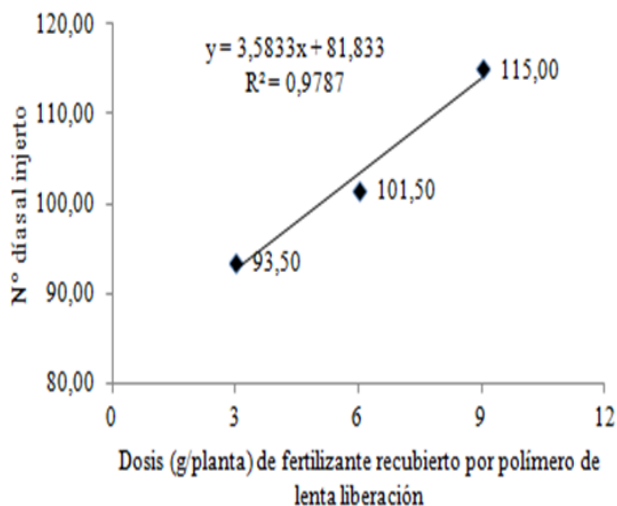


Figura2. Relación entre dosis de fertilizante recubierto por polímero de lenta liberación y número de días al injerto. Santo Domingo, 2013.

donde la planta responde mejor a pequeñas cantidades periódicas que frente a una mayor cantidad al inicio del periodo de crecimiento. COMPO EXPERT, (2010), corrobora los resultados obtenidos al afirmar que la acción controlada que tiene este fertilizante permite adaptar perfectamente la fertilización a los requerimientos del cultivo, minimizando además las pérdidas de nutrientes por lavado y asegurando muy bajos efectos salinos.

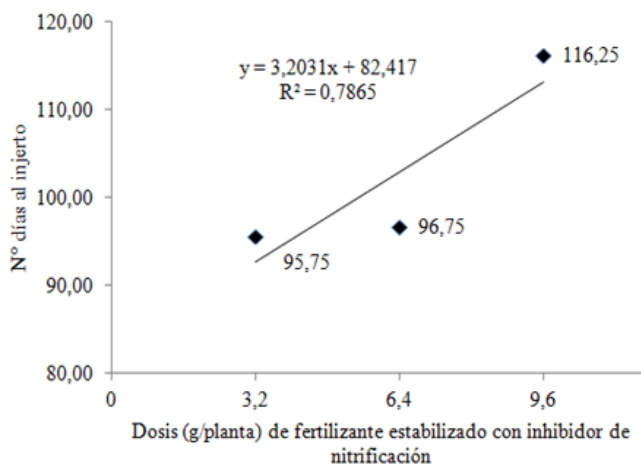


Figura3. Relación entre dosis de fertilizante estabilizado con inhibidor de nitrificación y número de días al injerto. Santo Domingo, 2013.

En la figura 2, se muestra la comparación entre las dosis del fertilizante recubierto por polímero de lenta liberación y los días al injerto, observándose una tendencia lineal que se ajusta a los datos obtenidos, es decir que a mayor dosis de fertilizante aumentaron los números de días al injerto, esta tendencia haría pensar que se podría encontrar mayor respuesta, disminuyendo la dosis del fertilizante de liberación controlada. Criterio que es compartido por Reyes *et al*, (2012), quienes mencionan que la alta eficiencia de los FLC estaría dada por su sistema de entrega,

En la figura 3 se puede observar que no existe diferencia entre la dosis baja y media del fertilizante estabilizado con inhibidor de nitrificación y el número de días al injerto mientras que la dosis alta provocó mayor número de días al injerto. Lo que se aduce que este FLC funciona mejor con dosis bajas y se ve limitado su crecimiento con dosis altas por posible aumento del contenido de N que provocaría antagonismo o sinergismo entre elementos en el suelo.

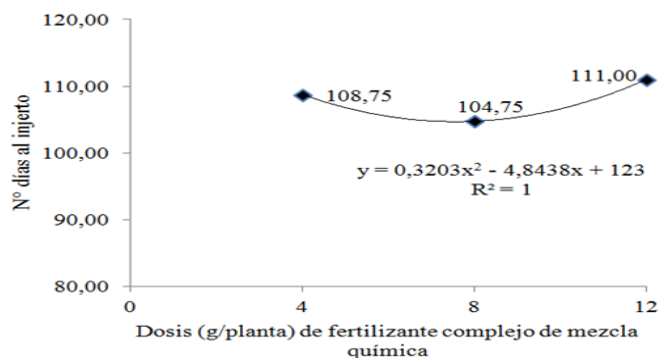


Figura 4. Relación entre dosis de fertilizante complejo de formula química y número de días al injerto. Santo Domingo, 2013.

En la figura cuatro se aprecia que los días al injerto son menores al utilizar la dosis media del fertilizante complejo de formula química, mientras que al utilizar la dosis baja y alta aumenta los días al injerto.

## Circunferencia del tallo

El análisis de varianza para la variable circunferencia del tallo, mostró diferencias estadísticas altamente significativas entre tratamientos a los 60 y 90 días después del injerto (DDI). Los coeficientes de variación tuvieron un rango de 0,75 y 1,57 %, valores que garantizan los resultados obtenidos.

En la figura 5, se muestra que a los 60 DDI, el T1 (3 g/planta de fertilizante recubierto por polímero de lenta liberación) y T4 (3,2g/planta de fertilizante estabilizado con inhibidor de nitrificación), presentan mayor circunferencia del tallo (21,89 y 21,77 cm respectivamente) y el tratamiento con menor circunferencia fue el T6 (9,6 g/planta de fertilizante estabilizado con inhibidor de nitrificación) con 17,16 cm de circunferencia. A los 90 DDI, el tratamiento con dosis baja de fertilizante recubierto por polímero de lenta liberación (T1) presentó la mejor circunferencia (28,23 cm), mientras que la dosis alta de fertilizante estabilizado con inhibidor de nitrificación presentó la menor circunferencia (22,14cm).

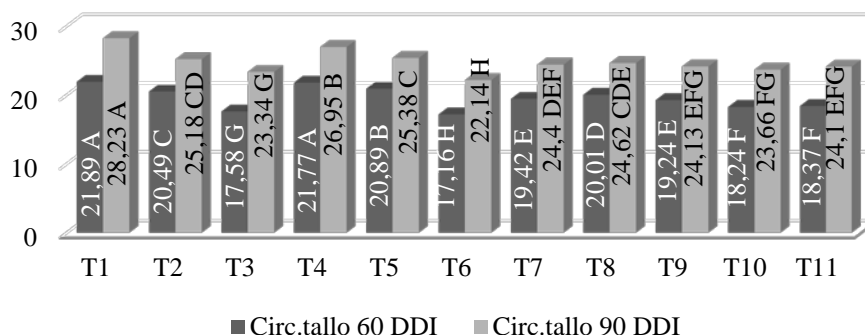


Figura 5. Efecto de la dosis de diferentes fertilizantes sobre la circunferencia del tallo a los 60 y 90 DDI. Santo Domingo, 2013.

En las figuras 6 y 7, se aprecia que las dosis bajas de los fertilizantes de lenta liberación y el estabilizado con inhibidor de nitrificación, incrementaron la circunferencia del tallo a los 60 y 90 DDI, de estos resultados se deduce que los fertilizantes al ser aplicados en dosis bajas son suficientes para obtener la mayor circunferencia del tallo en el crecimiento de las plantas de cacao en etapa de vivero.

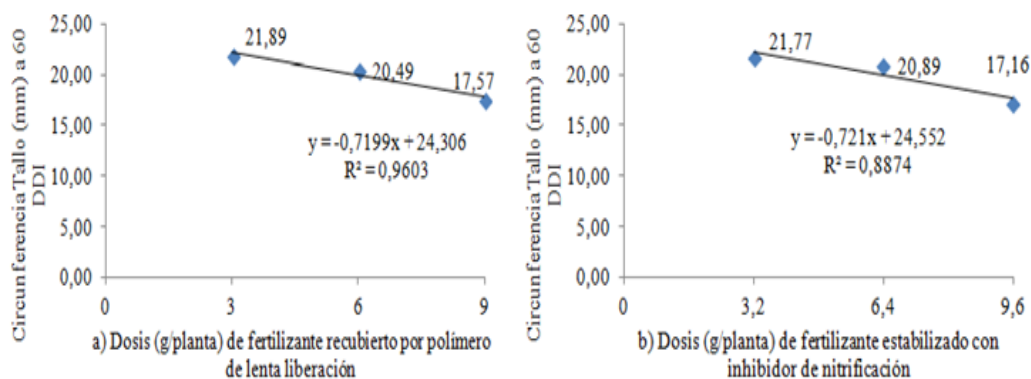


Figura 6. Relación entre a) Dosis de fertilizante recubierto por polímero de lenta liberación; b) dosis de fertilizante estabilizado con inhibidor de nitrificación y circunferencia del tallo 60 DDI. Santo Domingo, 2013.

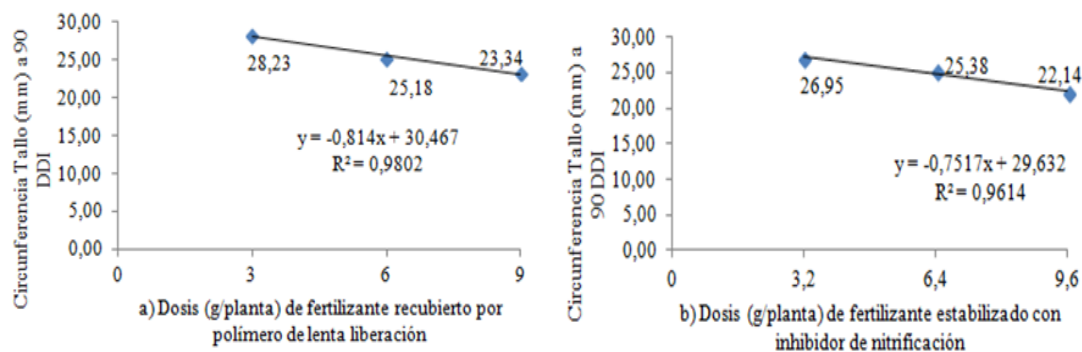


Figura 7. Relación entre a) Dosis de fertilizante recubierto por polímero de lenta liberación b) Dosis de fertilizante estabilizado con inhibidor de nitrificación y circunferencia del tallo a los 90 DDI. Santo Domingo, 2013.

En cuanto al fertilizante complejo de fórmula química (figuras 8 y 9), no se aprecia que la dosis incidan en la variable circunferencia del tallo, ya que el incremento en la dosis intermedia es mínimo sobre las dosis baja y alta, es decir que, podríamos utilizar la dosis baja de este fertilizante para obtener la mejor respuesta en esta variable.

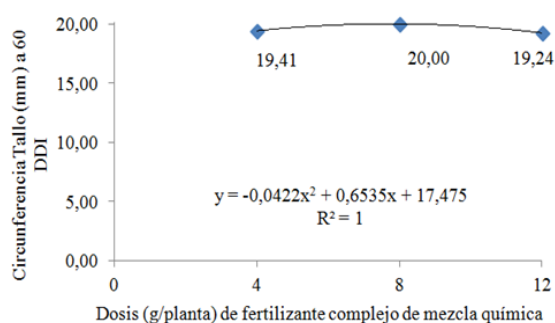


Figura 8. Relación entre dosis de fertilizante complejo de fórmula química y circunferencia del tallo a los 60 DDI. Santo Domingo, 2013.

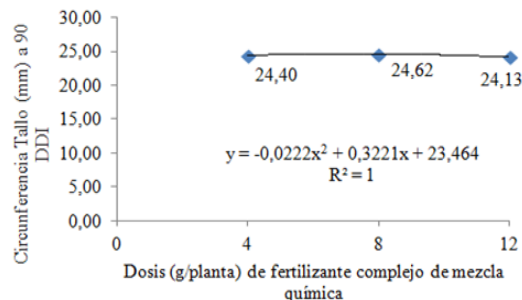


Figura 9. Relación entre dosis de fertilizante complejo de fórmula química y circunferencia del tallo a los 90 DDI. Santo Domingo, 2013.

## Diámetro de la corona foliar

El análisis de varianza para la variable diámetro de la corona foliar, mostró diferencias estadísticas altamente significativas para los 60 y 90 días después del injerto (DDI). Los coeficientes de variación tuvieron un rango de 1,37 y 1,17 %, valores que dan confiabilidad en los resultados obtenidos.

A pesar que las diferencias en el diámetro foliar no son muy marcadas entre los tratamientos en estudio, en la figura 12, se denota que a los 60 y 90 DDI, la aplicación de dosis baja del fertilizante recubierto con polímero de lenta liberación presenta el mayor diámetro de corona foliar (32,02 y 41,99 cm respectivamente) y la aplicación de dosis alta de fertilizante estabilizado con inhibidor de nitrificación presentó el menor diámetro foliar (27,22 y 35,58 cm respectivamente).

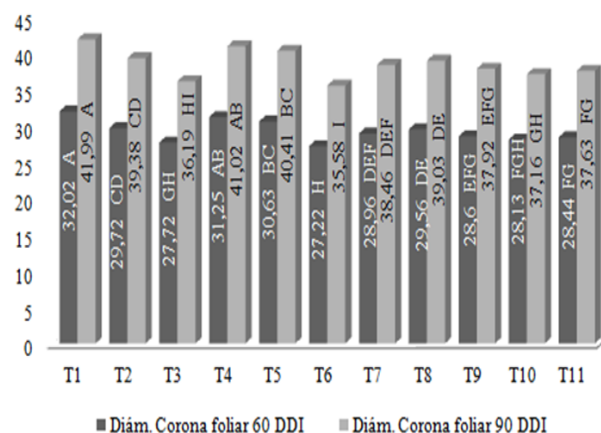


Figura 10. Efecto de la dosis de diferentes fertilizantes sobre el diámetro de la corona foliar a los 60 y 90 DDI. Santo Domingo, 2013.



De los resultados obtenidos en la variable diámetro de la corona foliar en plantas de cacao se deduce que al comparar a los 60 y 90 DDI, las dosis de los fertilizantes recubierto por polímero de lenta liberación y el fertilizante estabilizado con inhibidor de nitrificación (figuras 11 y 12), actuaron sobre esta variable aumentando su diámetro utilizando la dosis baja (3 y 3,2 g/planta respectivamente).

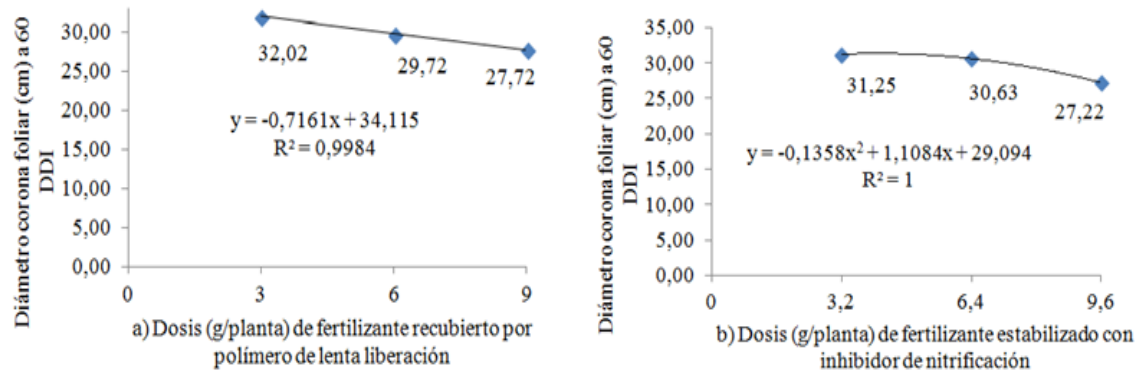


Figura 11 Relación entre a) Dosis de fertilizante recubierto por polímero de lenta liberación, b) Dosis de fertilizante estabilizado con inhibidor de nitrificación y diámetro de la corona foliar a los 60 DDI. Santo Domingo, 2013.

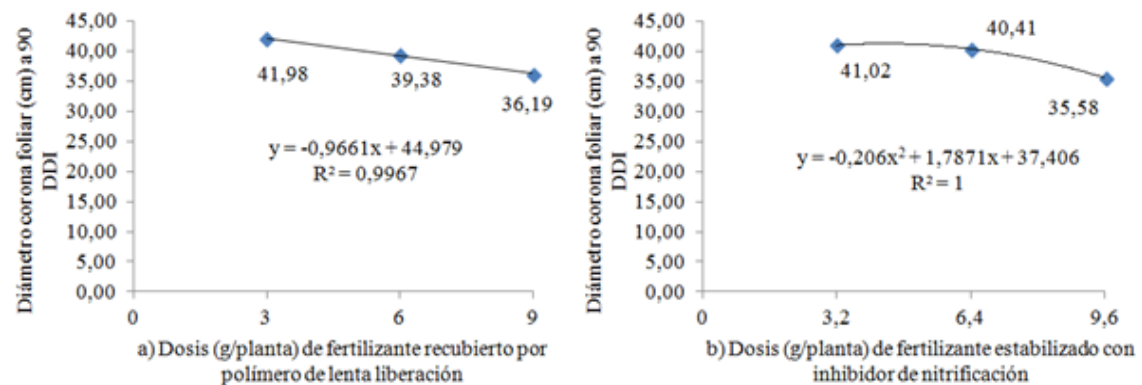


Figura 12. Relación entre a) Dosis de fertilizante recubierto por polímero de lenta liberación, b) Dosis de fertilizante estabilizado con inhibidor de nitrificación y diámetro foliar de la corona a los 90 DDI. Santo Domingo, 2013.

Al igual que en la variable anterior el fertilizante complejo de mezcla química no existe una diferencia marcada a los 60 y 90 DDI (figuras 13 y 14), por ello se presume que por arriba de la dosis media no se encuentra respuesta de este fertilizante.

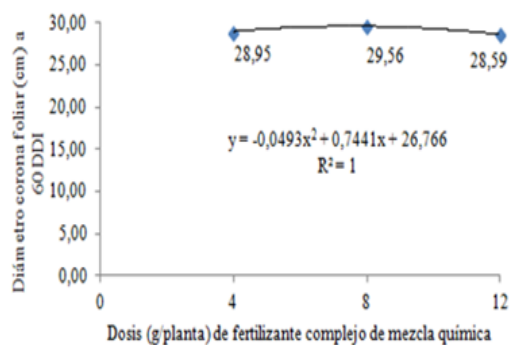


Figura 13. Relación entre dosis de fertilizante complejo de fórmula química y diámetro corona foliar a los 60 DDI. Santo Domingo, 2013.

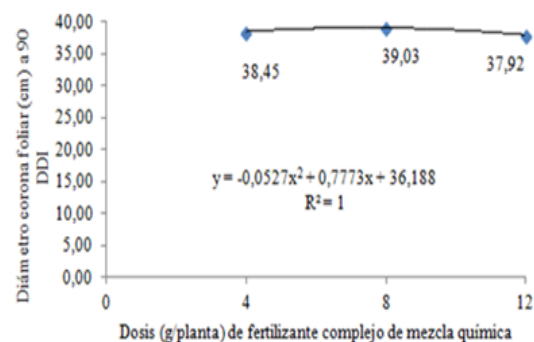


Figura 14. Relación entre dosis de fertilizante complejo de fórmula química y diámetro corona foliar a los 90 DDI. Santo Domingo, 2013.

## Altura de planta

Para esta variable se encontró diferencias estadísticas altamente significativas a los 60 y 90 DDI. Los coeficientes de variación tuvieron un rango de 1,72 y 1,30 %, valores que garantizan los resultados obtenidos.

En la figura 15, se denota que las dosis bajas de los fertilizantes recubiertos por polímero de lenta liberación y fertilizante estabilizado con inhibidor de nitrificación, presentan mayor altura a los 60 DDI con 27,72 y 27,31 cm y la aplicación de dosis alta de fertilizante estabilizado con inhibidor de nitrificación presentó la menor altura (20,78 cm). Mientras que a los 90 DDI, la aplicación de dosis baja del fertilizante recubierto por polímero de lenta liberación presentó la mayor altura (33,91 cm) y la aplicación de dosis alta de fertilizante estabilizado con inhibidor de nitrificación presentó la menor altura (26,71 cm). Similares resultados obtuvo Pilco (2009), en un estudio sobre fertilización química de NPK en tomate de árbol, donde concluye que los mejores promedios en altura de la planta; diámetro del tallo; número de hojas; tamaño de la hoja, se obtuvieron al aplicar Basacote 6M (fertilizantes recubierto por polímero de lenta liberación), lo que demostraría que este fertilizante mejora el crecimiento y desarrollo de las plantas.

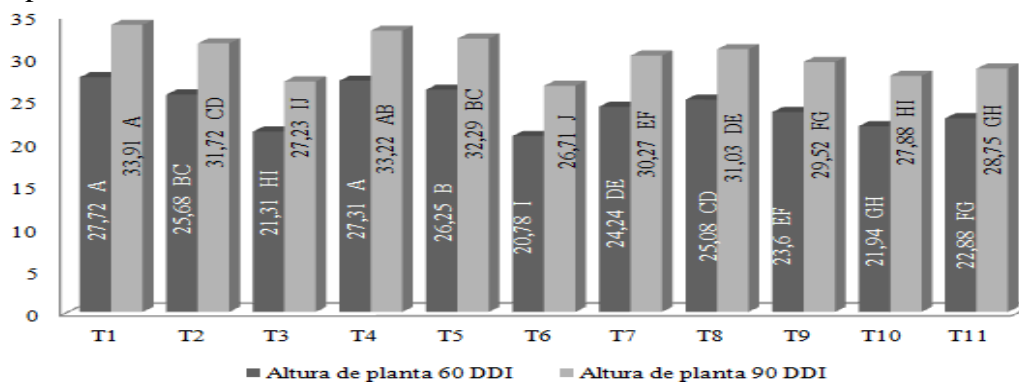


Figura 15. Efecto de la dosis de diferentes fertilizantes sobre la altura de planta a los 60 y 90 DDI. Santo Domingo, 2013.

La tendencia lineal se ajusta a los datos obtenidos, en las figuras 16 y 17, se observó que la altura de planta fue mayor a medida que se disminuyó la dosis de los fertilizantes recubiertos por polímeros de lenta liberación y el estabilizado con inhibidor de nitrificación a partir de los 60 y 90 DDI, esta tendencia haría pensar que se podría encontrar mayor respuesta, disminuyendo la dosis de los fertilizantes.

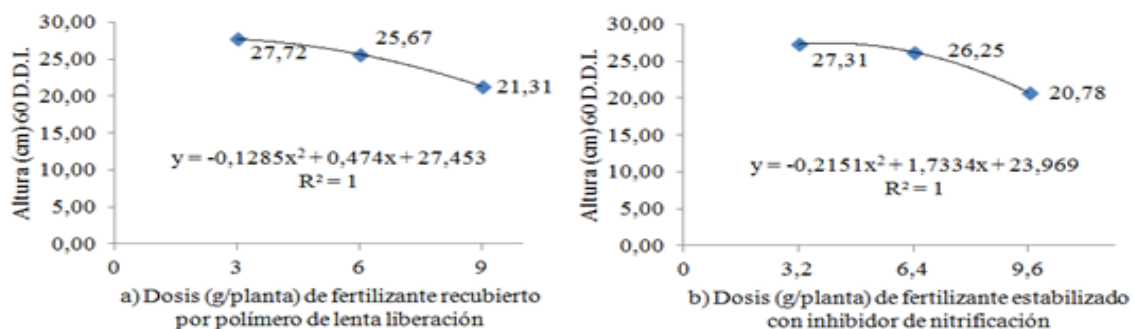


Figura 16. Relación entre a) Dosis de fertilizante recubierto por polímero de lenta liberación, b) Dosis de fertilizante estabilizado con inhibidor de nitrificación y altura de planta a 60 DDI. Santo Domingo, 2013.

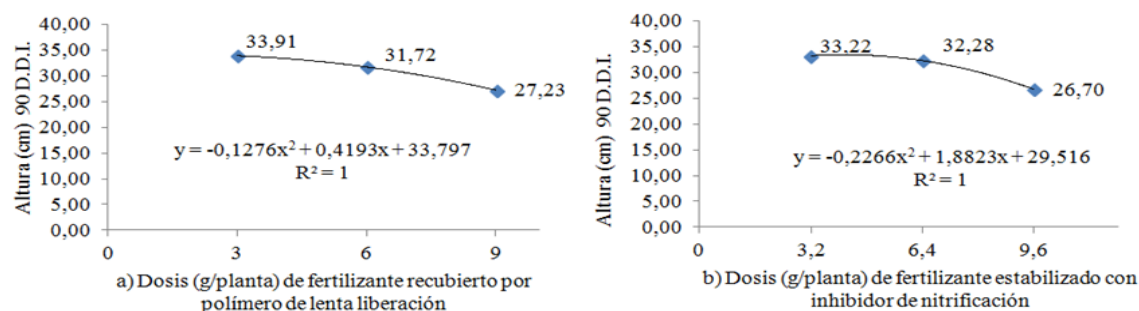


Figura 17 Relación entre a) Dosis de fertilizante recubierto por polímero de lenta liberación, b) dosis de fertilizante estabilizado con inhibidor de nitrificación y altura de planta a 90 DDI. Santo Domingo, 2013.

De los resultados obtenidos con las dosis del fertilizante complejo de fórmula química a los 60 y 90 DDI, presenta el mismo comportamiento que en las variables anteriores, encontrándose una leve diferencia en la dosis media, esta tendencia haría suponer que por arriba de la dosis media no hay respuesta del fertilizante en la altura de las plantas de cacao en vivero (figuras 18 y 19).

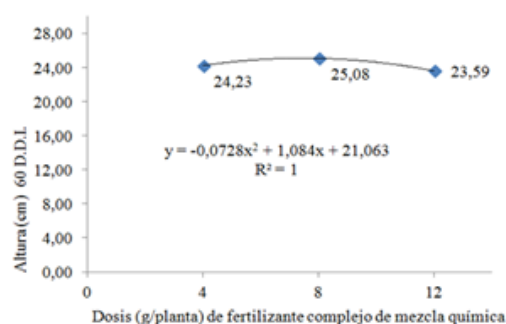


Figura 18. Relación entre dosis de fertilizante complejo de fórmula química y altura de planta a los 60 DDI. Santo Domingo, 2013.

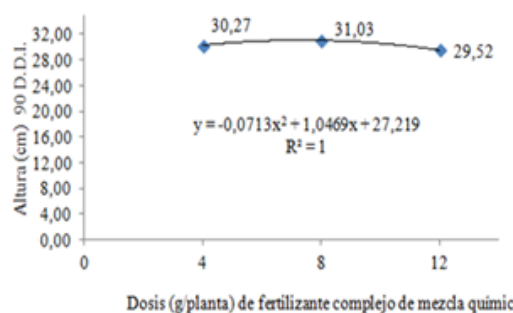


Figura 19. Relación entre dosis de fertilizante complejo de fórmula química y altura de planta a los 90 DDI. Santo Domingo, 2013.

## Índice de vigor

Para el índice de vigor el análisis de varianza estableció diferencias estadísticas altamente significativas entre tratamientos a los 60 y 90 DDI. Los coeficientes de variación fueron de 3,39 y 3,9 % respectivamente, considerados valores bajos y que brinda confianza a los resultados obtenidos.

En la figura 20, se denota que a los 60 DDI, la aplicación de dosis baja del fertilizante recubierto con polímero de lenta liberación (T1) y del fertilizante estabilizado con inhibidor de nitrificación (T4) presentaron los mayores índices de vigor (531,98 y 505,79 cm<sup>3</sup> respectivamente) y la aplicación de dosis alta del fertilizante estabilizado con inhibidor de nitrificación (T6) presentó el menor índice de vigor (208,01 cm<sup>3</sup>). En cambio a los 90 DDI, la aplicación de dosis baja del fertilizante recubierto con polímero de lenta liberación (T1) presentó el mayor índice de vigor (1418,49 cm<sup>3</sup>) y la aplicación de dosis alta del fertilizante estabilizado con inhibidor de nitrificación (T6) presentó el menor índice de vigor (583,11 cm<sup>3</sup>). El índice de vigor se emplea para predecir el comportamiento de las plantas en campo, es decir que a mayor índice de vigor a nivel de vivero, mayor adaptabilidad de las plantas tendrán en el establecimiento y por ende se aseguraría mayores rendimientos, criterio que coincide con Arizaleta y Pire (2008), quienes infieren que plántulas de café con mayor índice de vigor a nivel de vivero, alcanzarían más fácilmente el establecimiento en campo y posterior etapa productiva.

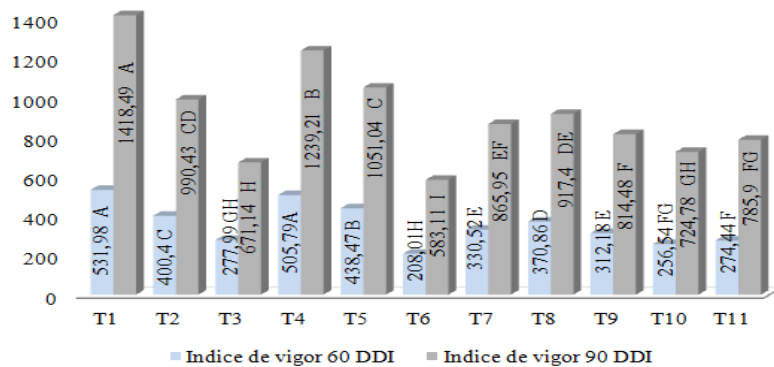


Figura 20. Efecto de la dosis de diferentes fertilizantes sobre el índice de vigor a los 60 y 90 DDI.

La relación entre dosis de fertilizante recubierto por polímero de lenta liberación (a) y el fertilizante estabilizado con inhibidor de nitrificación (b) a los 60 y 90 DDI (figura 21 y 22) y el índice de vigor, se observa el predominio de los tratamientos que fueron fertilizados con dosis bajas (3 y 3,2 g/planta respectivamente).

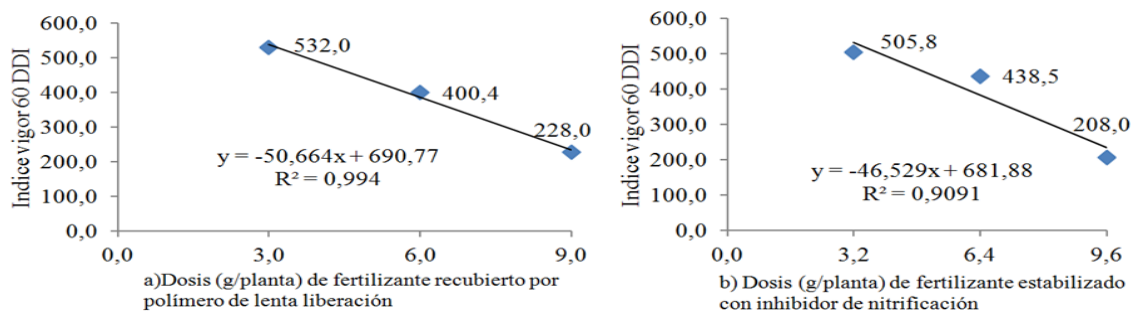


Figura 21. Relación entre a) Dosis de fertilizante recubierto por polímero de lenta liberación, b) Dosis de fertilizante estabilizado con inhibidor de nitrificación y el índice de vigor 60 DDI. Santo Domingo, 2013.

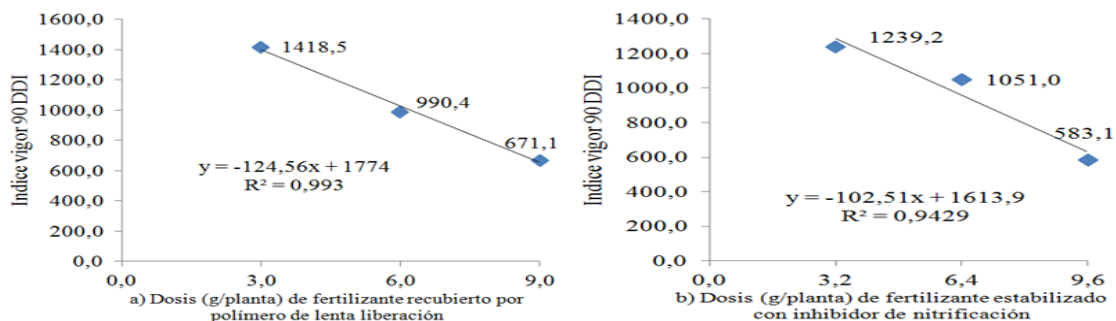


Figura 22. Relación entre a) Dosis de fertilizante recubierto por polímero de lenta liberación, b) dosis de fertilizante estabilizado con inhibidor de nitrificación y el índice de vigor 90 DDI. Santo Domingo, 2013.

En cuanto a la relación entre dosis de fertilizante complejo de formula química y el índice de vigor a los 60 y 90 DDI, mostró un comportamiento diferente a los fertilizantes antes mencionados, observándose que el mayor índice de vigor se obtuvo con la dosis media (8 g/planta), esta tendencia haría suponer que por arriba de la dosis media no hay respuesta en el índice de vigor (figuras 23 y 24).

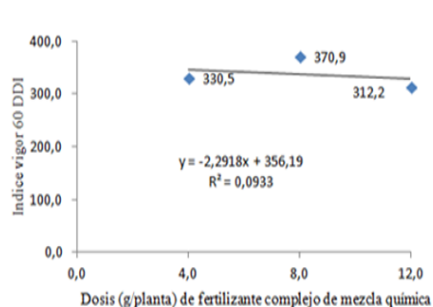


Figura 23. Relación entre dosis de fertilizante complejo de formula química y el índice de vigor a los 60 DDI. Santo Domingo, 2013.

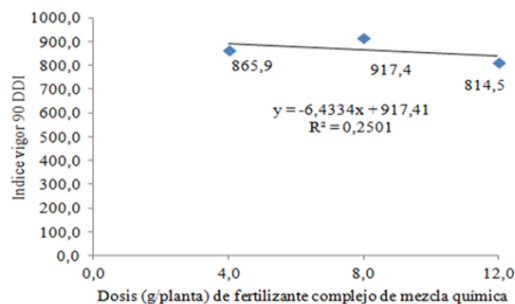


Figura 24. Relación entre dosis de fertilizante complejo de formula química y el índice de vigor a los 90 DDI. Santo Domingo, 2013.

### Porcentaje de materia seca (MS) radicular

En la variable MS de la parte radicular, se encontró diferencias estadísticas altamente significativas entre tratamientos. El coeficiente de variación como en el resto de ADEVAS es bajo, fue 2,33 %, valor que brinda confianza a los resultados obtenidos.

La aplicación de dosis alta de fertilizante estabilizado con inhibidor de nitrificación T6 (Figura 25) presentó el mayor porcentaje de MS (61,73 %), mientras que la aplicación de dosis bajas de los fertilizantes recubierto por polímero de lenta liberación (T1) y fertilizante estabilizado con inhibidor de nitrificación (T4), presentaron el menor porcentaje de MS (49,33 y 50,76 % respectivamente). Jiménez y Díaz – Romeu (1967), manifestaron que en el efecto residual de la aplicación de fertilizantes en dosis idóneas en un suelo para cacao, la mayor parte del fósforo queda retenido en la capa superior del suelo, lo que estimula el crecimiento de las raicillas y aumenta la cantidad de MS.

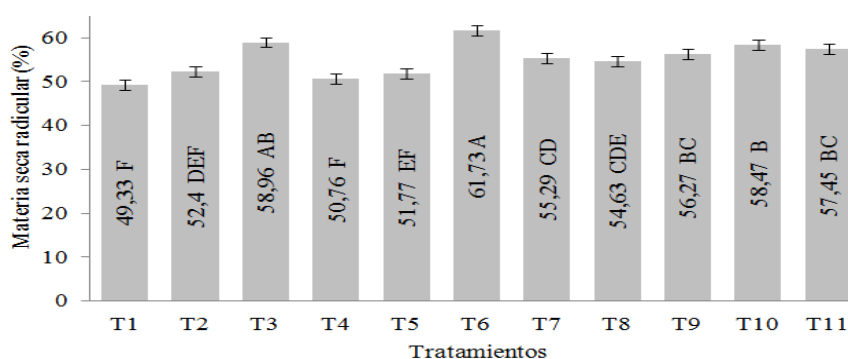


Figura 25. Efecto de la dosis de diferentes fertilizantes sobre la materia seca radicular. Sto. Dgo, 2013.

En las figuras 26, se aprecia que la tendencia lineal se ajusta a los datos obtenidos, el porcentaje de MS radicular fue incrementando a medida que se aumentó la dosis de los fertilizantes recubierto por polímeros de lenta liberación y el estabilizado con inhibidor de nitrificación, es decir, podríamos seguir aumentando la dosis de fertilizante para obtener una mejor respuesta en esta variable.

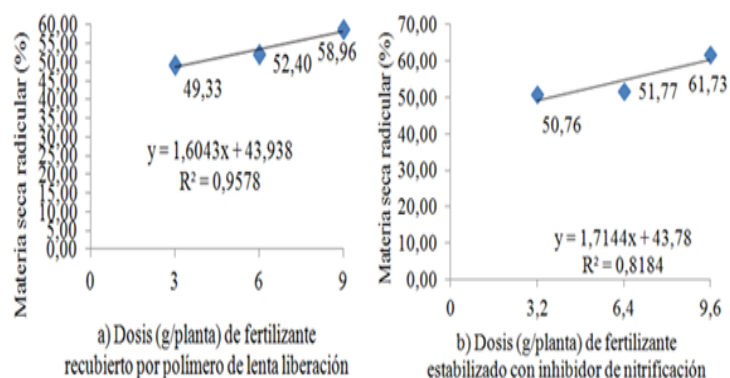


Figura 26. Relación entre a) Dosis de fertilizante recubierto por polímero de lenta liberación, b) Dosis de fertilizante estabilizado con inhibidor de nitrificación y materia seca radicular. Santo Domingo, 2013.

De los resultados obtenidos con las dosis del fertilizante complejo de fórmula química sobre la MS radicular (figura 27), presenta un comportamiento diferente comparado con las variables anteriores, encontrándose mayor % de MS en la dosis alta (12g/planta), esta tendencia haría suponer que a mayor dosis de fertilizante de fórmula química hay mayor respuesta en % de MS.

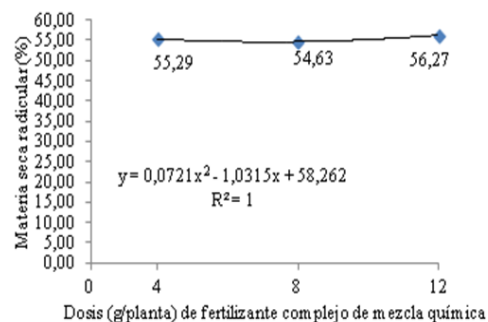


Figura 27. Relación entre dosis de fertilizante complejo de fórmula química y materia seca radicular. Santo Domingo, 2013.

### Porcentaje de materia seca (MS) aérea

En la variable MS de la parte aérea, se encontró diferencias estadísticas altamente significativas entre tratamientos. El coeficiente de variación es fue 1,29 %, siendo este valor bajo, lo que brinda confianza a los resultados obtenidos.

Al igual que la variable % de MS radicular la aplicación de dosis alta de fertilizante estabilizado con inhibidor de nitrificación (Figura 28) presentó el mayor porcentaje de MS (50,61 %), mientras que la aplicación de dosis baja del fertilizante recubierto por polímero de lenta liberación, presentó el menor porcentaje de MS (42,84 %).

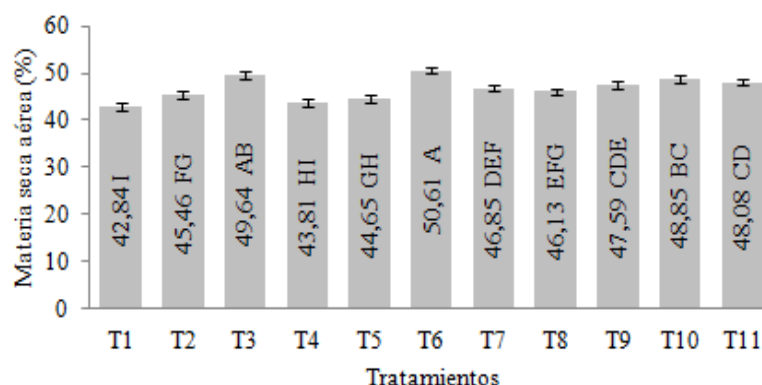


Figura 28. Efecto de la dosis de diferentes fertilizantes sobre la materia seca aérea. Santo Domingo, 2013.

En la figura 29, se aprecia que la tendencia lineal se ajusta a los datos obtenidos, el porcentaje de MS aérea fue incrementando a medida que se aumentó la dosis de los fertilizantes recubierto por polímeros de lenta liberación y el estabilizado con inhibidor de nitrificación, es decir, podríamos seguir aumentando la dosis de fertilizante para obtener una mayor respuesta en esta variable.

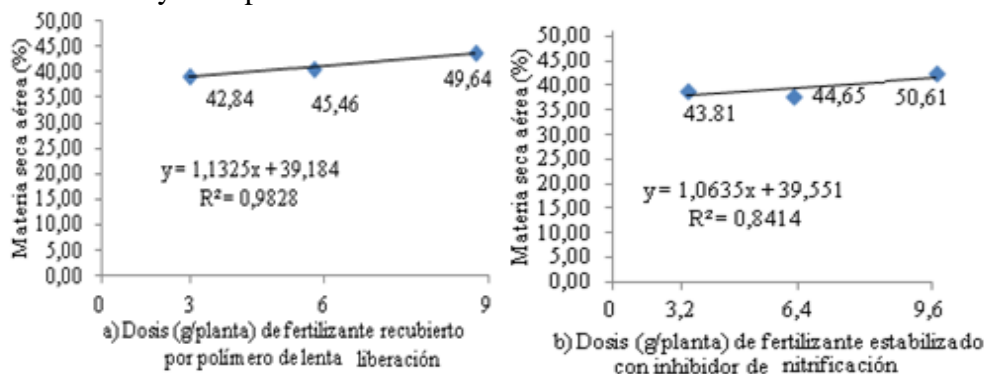


Figura 29 Relación entre a) Dosis de fertilizante recubierto por polímero de lenta liberación, b) Dosis de fertilizante estabilizado con inhibidor de nitrificación y materia seca aérea. Santo Domingo, 2013.

De los resultados obtenidos con las dosis del fertilizante complejo de fórmula química sobre la MS aérea, presenta un comportamiento similar comparado con la variable anterior, encontrándose una leve diferencia en la dosis media, esta tendencia haría suponer que la mayor respuesta se podría encontrar con la dosis baja (figura 30).

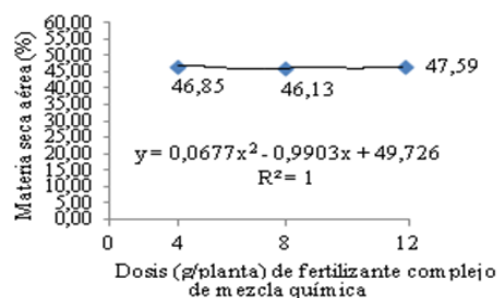


Figura 30. Relación entre dosis de fertilizante complejo de fórmula química y materia seca aérea. Santo Domingo, 2013.

### Porcentaje de sobrevivencia

En la variable porcentaje de sobrevivencia a los 15 DDS 60 y 90 DDI, se encontró diferencias estadísticas altamente significativas entre tratamientos. El coeficiente de variación es bajo, siendo 2,64; 2,45 y 2,84 % respectivamente, valores que brindan confianza a los resultados obtenidos.

A pesar que los porcentajes de sobrevivencia son altos en todos los tratamientos, se observó que el mejor tratamiento para la variable porcentaje de sobrevivencia a los 15 DDS y 60 y 90 DDI (figura 31), fue el T1 (3g/planta de fertilizante recubierto por polímero de lenta liberación), quien presentó el mayor porcentaje de sobrevivencia (97,5; 93,1 y 92,5 % respectivamente), mientras que el T6 (9,6g/planta de fertilizante estabilizado con inhibidor de nitrificación) obtuvo el menor porcentaje de sobrevivencia a los 15 DDS y 60 DDI (91,3 y 86,3 %), mientras que a los 90 DDI compartieron este rango la dosis alta del fertilizante recubierto por polímero de lenta liberación y la dosis alta del fertilizante estabilizado con inhibidor de nitrificación (85 y 83,75 % respectivamente). Igualmente Reyes *et al.*, (2012), afirman que al probar diferentes tipos de fertilizantes de lenta liberación, hidrosolubles y un testigo en plantas de vivero de *Pinus radiata*, la supervivencia de los árboles en tres sitios con diferentes tipos de suelo fue alta, desde 84 % hasta 95.9 %, concluyendo que no hay influencia del fertilizante en la supervivencia de las plantas. Contrariamente opinan Amans y Slangen (1994), quienes han evaluado el efecto de un fertilizante de lenta liberación (14-6-12) sobre el cultivo de cebolla encontrándose que produce una menor mortandad de plantas e incrementa el crecimiento del bulbo de la cebolla en comparación con el fertilizante convencional.

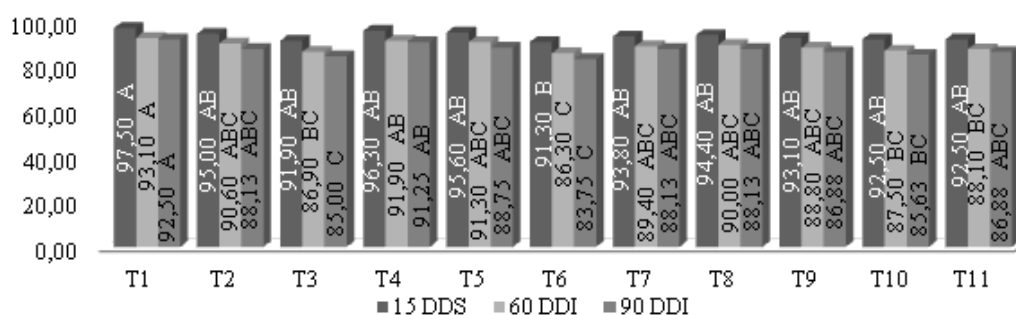


Figura 31. Efecto de la dosis de diferentes fertilizantes sobre el porcentaje de sobrevivencia a los 15 DDS, 60 y 90 DDI. Santo Domingo, 2013.

### IV. ANÁLISIS ECONÓMICO

Para el análisis económico se tomó en cuenta costos fijos (materiales) y costos variables (mano de obra e insumos, fertilizantes, varetas y plantas injertadas), empleados en el periodo de evaluación. Para el valor de planta injertada en cada tratamiento, se tomó en cuenta el precio de venta al público de cacao fino y de aroma que distribuye INIAP Santo Domingo, cuyo valor es de \$ 0,70 por planta injertada, para ello se tomaron en cuenta las características fenotípicas como la variable altura de planta injertada, siendo así las plantas con más de 35 cm de altura las que alcanzaron los parámetros ideales en 60 DDI. Las plantas con mejor comportamiento económico se obtuvieron con la aplicación de dosis baja (3 g/planta) del fertilizante recubierto con polímero de lenta liberación (T1) y dosis baja (3,2 g/planta) del fertilizante estabilizado con inhibidor de nitrificación (T4), en la cual presentó una relación beneficio/costo de (\$ 1,41 cada uno),

lo que significa que por cada dólar invertido se obtiene una ganancia de 41 centavos. La aplicación de los FLC en dosis baja resultan más económica su aplicación, obteniendo un mejor crecimiento y beneficio económico, criterio que es compartido por Erro, Urrutia, San Francisco, & García-Mina (2007) y Iyer, Dobrahner, Lowery, & Vandettey (2002), quienes mencionan que los FLC pueden disminuir el impacto ambiental por lixiviación o volatilización de elementos nutritivos y, dada su relación costo-eficiencia, también son económicamente rentables en muchos cultivos.

## V. CONCLUSIONES

- Los mejores resultados obtenidos en las variables días al injerto en plantas de cacao en vivero en esta investigación, sugieren utilizar la dosis baja (3 g/planta) del fertilizante recubierto por polímero de lenta liberación y dosis baja (3,2 g/planta) y media (6,4 g/planta) del fertilizante estabilizado con inhibidor de nitrificación. La tendencia lineal detectada para dosis de FLC en la mayoría de las observaciones, hace deducir que se podría mejorar los efectos en esta variable disminuyendo la dosis de los fertilizantes.
- La utilización de dosis baja (3 g/planta) del fertilizante recubierto por polímero de lenta liberación (FRPLL), resultó ser más efectiva para estimular las variables de crecimiento como circunferencia del tallo, diámetro de la corona foliar, altura de planta e índice de vigor a los 60 y 90 DDI. Exceptuando la circunferencia del tallo e índice de vigor a los 60 DDI que comparte este mismo rango con la dosis baja (3,2 g/planta) del fertilizante estabilizado con inhibidor de nitrificación. En estas variables también se mantiene una tendencia lineal para dosis de FLC en la mayoría de las observaciones, siendo evidente que utilizando menor dosis de FRPLL se obtuvo plantas de mayor crecimiento.
- Sobre el porcentaje de materia seca de la parte aérea y radicular, se encontraron los mejores resultados con la dosis alta (9,6 g/planta) de fertilizante estabilizado con inhibidor de nitrificación. Mostrando una tendencia lineal para dosis de FLC en la mayoría de las observaciones, lo que hace deducir que se podría aumentar el porcentaje de materia seca incrementando la dosis de fertilizantes por planta.
- La dosis baja (3 g/planta) del fertilizante recubierto por polímero de lenta liberación, posibilitaron un mayor porcentaje de sobrevivencia en las plantas injertadas de cacao con sustratos deficientes en nutrientes, debiéndose posiblemente a que las plantas recibieron en cantidades óptimas y por mayor lapso de tiempo nutrientes que permitieron obtener plantas sanas y de buen crecimiento como lo muestran los resultados.
- Los FLC superaron ampliamente al fertilizante comercial en todas las variables en estudio, exceptuando los porcentajes de contenido de materia seca, lo que hace deducir que los FLC tienen una mayor respuesta en el desarrollo de las plantas de cacao en etapa de vivero.
- La relación beneficio costo sugiere que, económicamente es más rentable fertilizar las plantas de vivero de cacao con dosis baja (3 g/planta) del fertilizante recubierto por polímero de lenta liberación y dosis baja (3,2 g/planta) del fertilizante estabilizado con inhibidor de nitrificación, los cuales presentaron un mejor comportamiento con una relación beneficio / costo de \$ 1,25 cada uno. Lo que se deduce que se podría utilizar cualquiera de los dos fertilizantes con dosis baja para la obtención de mejores réditos económicos.



## VI. RECOMENDACIONES

- Bajo las condiciones del ensayo, se sugiere emplear dosis baja (3 g/planta) del fertilizante recubierto por polímero de lenta liberación, por ser más económica, acortar los días al injerto y mejorar variables de crecimiento como el diámetro, altura e índice de vigor de las plantas de cacao en la fase de vivero.
- Realizar investigaciones en plantas de vivero de cacao, bajo similares condiciones de sustrato y ambiente, utilizando FLC con dosis menores con el fin de aprovechar y optimizar sus bondades.
- En investigaciones futuras, incluir variables de estudios como estado nutritivo de la planta y diferentes sustratos, con el fin de evaluar los efectos de los FLC.
- Evaluar el comportamiento agronómico de las plantas de cacao en el sitio definitivo.
- Realizar estudios donde se combine la fertilización con FLC y aplicación de micorrizas, con el fin de aumentar la eficiencia de los fertilizantes y la acción de microorganismos benéficos.

## VII. AGRADECIMIENTOS

Agradezco a la Universidad de las Fuerzas Armadas por participar en mi formación moral e intelectual, ya que con su ayuda e logro cumplir con mis metas y llegar a ser un profesional, además por su colaboración y aporte en esta investigación.

A los Ing. Freddy Enríquez, Patricio Jiménez y Vinicio Uday, Director, Codirector y Biometrista de tesis, por su ayuda profesional y sus asesoramientos técnicos durante la elaboración de esta investigación.

## VIII. BIBLIOGRAFÍA

- ARIZALETA, M. PIRE, R. 2008. Respuesta de plántulas de cafeto al tamaño de la bolsa y fertilización con nitrógeno y fósforo en vivero. *Agrociencia*. 42:47-55.
- COMPO EXPERT, 2010. FLC. Chile. Disponible en: [www.compoexpert.com/fileadmin/user\\_upload/compo\\_expert/ar/documents/pdf/LibControlada.pdf](http://www.compoexpert.com/fileadmin/user_upload/compo_expert/ar/documents/pdf/LibControlada.pdf) (Marzo 2011).
- CORPOICA. 2009. Nuevas tecnologías para instalar viveros y producir clones de cacao. Colombia. Disponible en: [www.corpoica.org.co](http://www.corpoica.org.co) (Febrero 2011).
- INIAP. 2009. Nuevos clones de cacao nacional para la zona central de Manabí. Boletín divulgativo N° 346. Los Ríos –Ecuador.
- JIMÉNEZ, S. E. y DÍAZ – ROMEU, R. (1967). Algunas consideraciones prácticas sobre el abonamiento del cacao. *Fitotécnica Latinoamericana* (Costa Rica). Pp. 45 – 55.
- MELGAR, R. 2005. Nuevos productos de fertilizantes. Principales conceptos e información presentada en el Taller Internacional de Fertilizantes de Eficiencia Mejorada. Frankfurt, Alemania. Disponible en: [www.fertilizando.com/articulos/Nuevos%20Productos%20Fertilizantes.asp](http://www.fertilizando.com/articulos/Nuevos%20Productos%20Fertilizantes.asp).
- PILCO J., 2009. Evaluación de dos formulaciones químicas a base de N–P–K para el crecimiento y desarrollo de tomate de árbol (*solanum betaceum*). Tesis Ing. Agro. Riobamba–Ecuador. ESPOCH, Facultad de Recursos Naturales. P 102.