

EFFECTO DEL FERTILIZANTE HUMUS DE LOMBRIZ CALIFORNIANA (*EISENIA FOETIDA*) SOBRE LA PRODUCCIÓN DE PLÁTANO HARTÓN (*MUSA AAB*) MEDIANTE UN MODELO DE ANÁLISIS DE VARIANZA MULTIVARIANTE

EFFECT OF THE FERTILIZER HUMUS OF THE CALIFORNIAN WORM (*EISENIA FOETIDA*) ON THE PRODUCTION OF BANANA TREE HARTON (*MUSA AAB*) BY MEANS OF A MODEL OF ANALYSIS OF VARIANCE MULTIVARIATE

Márquez-Peña, Jairo José*; Cova-Ordaz, Luis José**

Universidad de Los Andes - Venezuela

Resumen

El propósito de esta investigación es determinar el efecto del fertilizante humus sólido y líquido de lombriz californiana (*Eisenia foetida*) sobre la producción de plátano Hartón (*Musa AAB*). Se compararon las plantas propagadas “*In vitro*” de un clon de plátano Hartón (*Musa AAB*) y sembradas en un terreno inapropiado por sus condiciones edáficas y sin fertilización, con las plantas hijas fertilizadas con humus sólido y líquido, provenientes de la misma cepa y mantenidas en el sitio original de siembra de su progenitora. Se observaron las variables peso (ps) y la altura (alt) de las plantas para ambos grupos. Se evaluaron las no fertilizadas hasta 385 días después de la siembra y hasta 390 días las fertilizadas. Aplicando el muestreo aleatorio simple se seleccionaron dos muestras al azar de 25 plantas cada una, los datos se analizaron con un modelo lineal multivariante de un factor con dos tratamientos y cada uno con dos variables respuesta, la altura (alt) y el peso (ps) de los racimos de plátanos. En un primer modelo se determinó, con un nivel de $\alpha=0,05$, una diferencia significativa en la producción de plátanos entre los dos niveles del factor, pero este modelo viola el supuesto de homoscedasticidad de la varianza para la variable ps; luego, se replanteó un nuevo modelo multiplicativo que sí cumple el supuesto de homoscedasticidad y resultó significativo, con un $\alpha=0,05$, sugiriendo que la diferencia en la producción de plátano Hartón (*Musa AAB*) se debe al efecto del fertilizante y no al azar.

Palabras clave: Humus, *Eisenia foetida*, producción, plátano Hartón (*Musa AAB*).

Abstract

The intention of this investigation is the effect of the fertilizer determines solid humus and liquid of Californian worm (*Eisenia foetida*) on the production of banana Hartón (*Musa AAB*). There were compared the spread “*In vitro*” plants of a clon of banana Hartón (*Musa AAB*) and sowed in an inappropriate area for his conditions edáficas and without fertilization, With the plants daughters fertilized with solid and liquid humus, from the same vine-stock and supported in the original site of sowing of his progenitora. The variables were observed I weigh (ps) and the height (alt) of the plants for both groups. The not fertilized ones were evaluated up to 385 days after the sowing and up to 390 days the fertilized ones. Applying the random simple sampling two samples were selected at random of 25 plants each one, The information analyzed with a linear model multivariant of a factor with two treatments and each one with two variables response, the height (alt) and the weight (ps) of the clusters of bananas. In the first model it decided, with a level of $\alpha=0,05$, one significant difference in the production of bananas between both levels of the factor, But this model violates the supposition of homoscedasticidad of the variance for the variable ps; then, a new multiplicative model rethought that if it fulfills the supposition of homoscedasticidad and it turned out to be significant, with one $\alpha=0,05$, suggesting that the difference in the production of banana Hartón (*Musa AAB*) owes to the effect of the fertilizer and not at random

Key words: Humus, *Eisenia foetida*, production, banana Hartón (*Musa AAB*).

Aprobado: 06/06/2018 - **Recibido:** 17/04/2017

*Profesor Titular ULA, Magister en estadística aplicada ULA Venezuela, Estudios Avanzados del Tercer Ciclo, Universidad de Granada, España. 6 publicaciones en ASOVAC, 6 publicaciones en revistas arbitradas. 3 tesis asesoradas en postgrado. Línea investigativa plátano Harton (*AAB*).

Introducción

Los plátanos y los bananos son plantas herbáceas, perennes, pertenecientes a la familia de las monocotiledóneas, poseen un seudotallo que les permite alcanzar alturas entre 3,5 y 7,5m; su ciclo de cultivo productivo comienza con la aparición de una inflorescencia en forma de racimo larga y pedunculada, ésta al alcanzar una longitud de 0,5 a 1,5m se dobla hacia abajo, está cubierta con brácteas de color rojo intenso acomodadas en espiral formando una “mano” de flores, la que luego se convierte en el fruto comercial. Durante este ciclo de producción las plantas adultas son reemplazadas por hijos laterales que provienen del cormo (tallo verdadero). Pertenecen a las Musáceas y dado su origen híbrido se denomina con la letra “A” a las características semejantes a *Musa acuminata* y con “B” a las *M. balbisiana* (Simmonds, 1973); la repetición de letras representa la poliploidía presente en los genomas (INIBAP/IPGRI/CIRAD, 1996).

En general, el cultivo se desarrolla en condiciones tropicales hasta los 2000 msnm, entre los 30° de latitud norte y 30° de latitud sur; mientras que las condiciones óptimas se dan a 0° y 15° norte y sur. Venezuela está situada entre 0° y 12° latitud norte. El ciclo productivo dura de 9 a 10 meses. A 700 msnm el ciclo se alarga en 15 días y en 2 meses a 1100 msnm (Nava, 1997).

Los mejores suelos para la siembra del plátano deben ser de textura: franca, franco-arcillosa, franco-limosa y franco-arcilloso-limosa. En cuanto a las características químicas debe ser rico en potasio (K), fósforo (P) y nitrógeno (N) con una materia orgánica entre 2 y 3% (Nava, 1998), la conductividad eléctrica menor de 2 dSm⁻¹ y un porcentaje de sodio intercambiable menor del 15% (Guerrero-Alves y col. 2004). Con pH muy

ácidos las raíces no se desarrollan bien y con pH básicos se necrosa el borde de las hojas, reduciéndose el área foliar (Belalcázar, 1991).

El cultivo requiere temperaturas entre 21 y 29°C, fuera de este rango el crecimiento de la planta se altera. La lluvia, la humedad ambiental y la evaporación son variables de importancia para el desarrollo y producción de la plantación. El plátano está distribuido en todo el territorio nacional, siendo la región de mayor importancia la cuenca del Lago de Maracaibo (Zulia, Trujillo, Mérida y Táchira), también en los estados Yaracuy, Apure, Monagas y Delta Amacuro (Nava, 1997).

Los cambures y plátanos son estériles por su condición triploide, sus frutos son partenocárpicos y su semilla sexual es estéril, los mecanismos convencionales de mejoramiento no son aplicables a estas especies, a excepción de los cruces entre diploides y tetraploides que si son fértiles (Kricorian y Cronauer, 1984).

La propagación “*In vitro*” de plantas por meristemas en especial de cambures y plátanos, permite obtener plantas sanas en mayor cantidad y en menor tiempo que los métodos tradicionales. Berg (1977) combinó técnicas de “*In vitro*” y termoterapia para obtener un 75% de plantas libres de virus. Sandoval (1986) utilizó explantes de 5mm, antioxidante cisteína HCL 50 mg ml⁻¹, en medio de Murashige y Skoog (M&S) (1962) obtuvieron de 8 a 12 brotes por explante en 60 días.

Cova y col. (1990), sembraron meristemas “*In vitro*” de cambur Cavendish Gran Enano (*Musa AAA*), de plátano Hartón (*Musa AAB*) y de cambur manzano (*Musa AAB*), según la metodología de Sandoval (1986); la tasa de multiplicación consolidada a los 5 meses fue de 35, 15 y 15 yemas/

explantes respectivamente. Investigaciones más eficientes en la producción de vitroplantas la realizaron Colmenares y Giménez (2007), utilizando medio sólido tradicional y medio líquido en recipientes de inmersión temporal automatizado (RITA), observaron que al quinto ciclo de cultivo obtuvieron $166,5 \pm 13,5$ yemas/explante, mientras que el método tradicional en medio sólido alcanzó $36 \pm 5,7$ yemas/explantes.

Martínez y col. (2009) estudiaron el comportamiento del plátano Hartón (*Musa AAB*), sembrado a diferentes densidades en el estado Yaracuy, observando un promedio en la altura de las plantas de 3,3m y 0,54m en la circunferencia del seudotallo y con pesos promedios entre 13,75 y 14,61 kg; igualmente Añez y col. (1999) estudiaron la producción de plátano en las primeras cuatro generaciones a diferentes densidades de siembra; para 1666 plantas por hectárea obtuvieron un promedio de 3,5m de altura, 0,49m de circunferencia del seudotallo, el ciclo de producción de 15,5 meses y una emisión promedio de 38 hojas, con un peso promedio entre 11 y 14 kg.; en relación con la densidad de siembra a mayor densidad menor peso y viceversa. Belalcázar (1995) reporta valores agronómicos de plátano Hartón (*Musa AAB*) a diferentes densidades de siembra entre 1666 a 5000 plantas por hectárea, para una altura de 3,5m a 4,3m y circunferencia del seudotallo de 0,49 a 0,51m, duración del ciclo de 15,5 a 20,0 meses; con pesos del racimo de 13,3 a 15 kg, corroborando que a menor densidad de siembra, aumenta la producción, así como también el ciclo vital. Espinosa y col. (1996) realizaron ensayos en Colombia en suelos volcánicos de diferentes fertilidades y en áreas tradicionalmente plataneras, observaron pesos de racimos con promedios de 15kg/racimo pero debido a la alta fertilidad del suelo no se encontraron respuestas a la aplicación de nutrientes N, P y

K, en estas condiciones el suelo puede nutrir satisfactoriamente el cultivo por varios años.

La lombriz roja (*Eisenia foetida*) es una especie de lombriz de tierra del género *Eisenia*, perteneciente a la familia Lumbricidae, del orden de los haplotáxidos, perteneciente a su vez a la subclase de los oligoquetos. Es hermafrodita incompleta, tiene ambos sexos, pero para reproducirse se debe aparear, su respiración es cutánea, mide de 6 a 8cm de largo, de 3 a 5mm de diámetro, pesa hasta aproximadamente 1,4g y no soporta la luz solar, muere a su exposición en pocos minutos, vive aproximadamente unos 4,5 años y puede llegar a producir, bajo ciertas condiciones óptimas, hasta 1300 lombrices al año. Son criados en cualquier lugar donde las temperaturas no superen 40°C y alcanzan la máxima capacidad de reproducción entre los 14 y 27°C. En cautiverio tiene una vida media de 4 años, no contrae enfermedades ni las transmite, en estado adulto pesa aproximadamente 1g, y come el equivalente a su peso diariamente, en la fase de expansión el número de ejemplares se duplica cada tres meses. Los excrementos de la lombriz contienen: 5 veces más nitrógeno, 7 veces más fósforo, 5 veces más potasio y 2 veces más calcio que el material orgánico ingerido, Díaz E. y col. (2002).

Díaz D. y col. (2008) evaluaron la dinámica de crecimiento y producción de la lombriz roja californiana por medio de 4 sustratos S0: estiércol bovino 100%; S1: estiércol bovino 97%+cepa de plátano 1%+residuo de comederos de bovino 2%; S2: estiércol de bovino 95%+cepa de caña 3%+residuo de comederos de bovino 2%; S3: estiércol de bovino 96%+cepa de caña 3%+cepa de plátano 1%. Los resultados les permitieron afirmar que el sustrato S3 presentó los mejores resultados en la dinámica de crecimiento y producción de lombriz roja californiana, siendo la

producción de Humus sólido y líquido de este último sustrato, el que se utilizó para fertilizar los plátanos en esta investigación.

El modelo lineal general multivariante utilizado en esta investigación, analiza el efecto de un conjunto de variables dependientes para uno o más factores, estos factores o variables independientes dividen a la población en niveles o grupos. Por medio de este modelo lineal general, se prueba una hipótesis nula donde se plantean los efectos de los distintos niveles del factor, sobre los promedios de varios grupos de una distribución conjunta de variables dependientes. Este modelo también analiza, tanto los efectos de las interacciones entre los factores, como los efectos individuales de cada factor. El modelo puede ser usado para casos balanceados (igual número de datos por cada celda) y desbalanceados. Para el correcto funcionamiento del modelo, el error o residuo aleatorio, \mathcal{E} , debe cumplir los siguientes supuestos:

1. Son independientes
2. Normalmente distribuidas
3. Media cero
4. La matriz de varianzas y covarianzas del error es constante para todas las variables dependientes

De los supuestos anteriores, el 4 es el más sensible a desvíos del modelo afectando la confiabilidad del mismo; ya que los otros son menos sensibles por ser más robustos a cambios en los valores de los datos de las variables dependientes. Se puede usar los estadísticos de Box y Levene para la comprobación del cumplimiento del supuesto 4.

El objetivo de este trabajo consistió en comparar el efecto del fertilizante humus sólido y líquido de lombriz californiana

(*Eisenia foetida*) sobre la altura (alt) y producción en peso de frutos (ps) de plantas de plátano Hartón (*Musa AAB*), propagadas “*In vitro*” y sembradas en un terreno inapropiado por sus condiciones edáficas y sin fertilización, con la altura y producción de los hijos provenientes de las mismas cepas y mantenidas en el sitio original de siembra de sus progenitoras, pero fertilizadas.

Materiales y métodos

Para el ensayo se utilizaron plantas de plátano Hartón (*Musa AAB*) producidas por cultivo “*In vitro*” de meristemas en PROBIOTEC (Productos biotecnológicos), empresa mixta de PALMAVEN (Filial de Petróleos de Venezuela) y FUSAGRI (Fundación Servicio al Agricultor) y sembradas en la finca El Reto, Estación Experimental y de Producción Agrícola “Rafael Rangel”, propiedad del NURR (Núcleo Universitario Rafael Rangel) perteneciente a la ULA (Universidad de los Andes), y plantas hijas de las anteriores mantenidas en el mismo sitio.

Para la siembra de plantas de “*In Vitro*” el suelo fue preparado con varios pases de rastra y se le abrieron hoyos de 0,30m de profundidad para la siembra, a 2m entre plantas y 3m entre surcos, con una densidad de plantación de 1666 plantas ha⁻¹.

La fertilización de las hijas provenientes de plantas producidas “*in vitro*” y sembradas en campo, se realizó con un protocolo que consistió en fertilizar humus sólido y líquido fumigado. A los dos meses de sembradas las hijas se abonaron con 3 kg/planta de humus sólido y luego cada 15 días por dos meses se fertilizaron las plantas con humus líquido fumigado con concentraciones de 5cc/l, 10cc/l, 15cc/l y 15cc/l respectivamente, a éste se le agregó 36 cc/18 l del surfactante INEX-A para mejorar la penetración del abono a la planta. Luego, a los cinco meses

de la siembra se volvió a fertilizar cada planta con humus sólido, 3 kg/planta, y con humus líquido fumigado con concentraciones de 20 cc/ l, después de los cinco meses, se continuo aplicando humus líquido fumigado con concentración de 30 cc/l en intervalos mensuales hasta el noveno mes, y en el noveno mes se realizó la última fertilización con humus sólido de 3 kg/planta.

Para esta investigación orientada a medir el efecto de la fertilización con humus sólido y líquido de la lombriz californiana (*Eisenia foetida*) sobre la producción de plátano Hartón (*Musa AAB*), se utilizó un modelo estadístico lineal general multivariante para analizar el conjunto de datos, éstos fueron recolectados de una población inicial de N= 2326 plantas, y por medio de un muestreo sistemático repetido, se tomó una muestra al azar de 86 plantas, para un trabajo publicado anteriormente de Márquez y Cova (2014) y también en Cova y Márquez (2015).

Continuando con la línea de investigación sobre el plátano Hartón (AAB), de las 86 plantas observadas en trabajos anteriores se tomaron dos muestras aleatorias simple de 25 plantas cada una, una sin fertilización y la otra con fertilización con humus sólido y líquido de lombriz californiana (*Eisenia foetida*), en el mismo sitio donde creció la planta se dejaron los hijos no fertilizados y fertilizados, El hecho de haber seleccionado al azar los hijos y dejarlos que se desarrollarán en el mismo sitio de su progenitora, permitió anular el efecto de otros factores que están presente; pero que no son de interés para este estudio, tales como el pH, la concentración de sodio (Na), potasio (K) y la conductividad eléctricas (Ce), estudiados ya por Márquez y Cova (2014). También hay presencia de otro factores como el magnesio (Mg), nitrógeno (N), fósforo (P), materia orgánica

(MO) y carbono orgánico (CO); pero, como nos señala Palomino (2002), en su investigación hecha a las condiciones edáficas del suelo donde se sembraron la población de plantas para este trabajo, la presencia de estas sustancias son tan bajas que no se consideraron en el estudio, por tanto su efecto es nulo sobre el desarrollo y producción de las plantas de plátanos. Al aislar la presencia de otros factores, permitió estudiar el efecto del fertilizante del humus sólido y líquido de la lombriz californiana (*Eisenia foetida*) sobre la producción de plantas de plátano Hartón (*Musa AAB*).

El modelo estadístico lineal general multivariante, se definió como factor (variable independiente) a la fertilización con humus de lombriz, con dos niveles de tratamiento: las plantas no fertilizadas y las fertilizadas, y dentro de cada nivel se observó las variables dependientes peso (ps) y altura (alt), cosechando a término a los 390 días, pesando el racimo y midiendo la altura de la planta al momento del corte.

Siguiendo la línea de investigación de trabajos anteriores, Márquez y Cova (2014), Cova y Márquez (2015), se determinó que para la población estudiada, las variables más importantes eran la altura y la circunferencia del seudotallo y estas están altamente correlacionadas, $r = 0,926$, por lo tanto, se puede seleccionar cualquiera de ellas para hacer el análisis del presente estudio, es decir, escogimos la altura, junto con el peso del racimo de la planta, como las variables indicadoras de la producción. La altura se midió con cinta metálica flexible de 5m de longitud, desde el nivel del suelo hasta la bifurcación de las hojas, y el peso del racimo en Kg. ver Tabla 1.

Tabla 1
Datos para el modelo multivariante de un factor de dos niveles y dos variables respuesta

N° de P Planta (madre e hija)	No Fertilizadas			Fertilizadas		
	Peso del racimo Kg (ps)	Altura de la planta m (alt)	Logaritmo del peso Log(ps)	Peso del racimo en Kg (ps)	Altura de la planta m (alt)	Logaritmo del peso log(ps)
20	3,00	1,37	0,48	7,00	2,87	0,85
22	5,00	1,79	0,70	8,00	3,36	0,90
30	4,70	2,30	0,67	8,50	3,10	0,93
34	3,00	2,34	0,48	5,00	3,10	0,70
36	5,00	2,60	0,70	9,00	3,10	0,95
37	3,50	2,20	0,54	5,00	3,45	0,70
38	4,25	2,40	0,63	6,00	3,60	0,78
39	4,00	1,92	0,60	6,30	2,85	0,80
40	3,75	2,34	0,57	6,00	2,90	0,78
41	4,00	2,06	0,60	7,75	2,85	0,89
42	6,00	2,21	0,78	4,00	3,50	0,60
43	4,00	2,40	0,60	5,50	3,28	0,74
45	5,00	2,34	0,70	6,00	2,88	0,78
47	3,50	2,67	0,54	8,50	2,60	0,93
49	5,00	2,26	0,70	7,50	3,23	0,88
50	5,00	2,50	0,70	9,00	3,00	0,95
54	6,00	2,66	0,78	3,00	3,03	0,48
57	4,00	2,25	0,60	10,00	2,36	1,00
59	3,50	2,15	0,54	9,00	2,80	0,95
61	4,00	2,03	0,60	10,00	2,90	1,00
64	6,00	2,56	0,78	6,00	3,10	0,78
67	7,00	2,52	0,85	7,25	3,45	0,86
71	2,75	2,64	0,44	8,00	3,34	0,90
78	4,00	3,20	0,60	6,00	3,65	0,78
79	5,00	2,32	0,70	7,25	3,70	0,86

Fuente: Datos recolectados en siembra de plátano Hartón (*Musa* AAB) en la finca El Reto del NURR – ULA.

Los datos recolectados para las distintas variables se estudiaron con la técnica del análisis de varianza (ANOVA), para un modelo lineal general multivariante (Fisher 1935). Usando el programa estadístico: IBM SPSS® Statistics 17.0. (2012).

Resultados y discusión

Observando los resultados arrojados en la tabla 2, señalan que para cualquier nivel de significancia, α , se rechaza la hipótesis nula de igualdad de efectos promedios sobre la producción entre los plátanos sin fertilizar y los fertilizados con Humus sólido y líquido de lombriz californiana, tanto para las variables peso del racimo (ps) y altura de la planta (alt). Así que, con una distribución de probabilidad F el ajuste global del modelo es bueno, para explicar el efecto del fertilizante sobre la producción de plátanos, marcando una diferencia significativa en

la comparación de la producción de ambas poblaciones debido al fertilizante, antes que a efectos provenientes del azar.

La traza de Pillai, que va desde 0 a 1, resultó con un valor de 0,727; la cual es alta para el factor fertilizante, indicando que contribuye significativamente al efecto del modelo. Por su parte, el estadístico Lambda de Wilks es de valor positivo, cuyo rango va de 0 a 1, en este caso resultó con un valor de 0,273, por tanto es significativo su efecto sobre el modelo. Igualmente, la traza de Hotelling es la suma de los valores propios de la matriz de prueba, este es un estadístico de valor positivo; en este estudio el estadístico resultó con un valor de 2,668 el cual es alto, en consecuencia la contribución del fertilizante también es significativa en la construcción del modelo multivariante con dos variables respuesta, ps y alt. Por último, el estadístico

Tabla 2
Test de los efectos entre sujetos

Fuente	Variable dependiente	Suma de Cuadrados Tipo III	gl	Cuadrado medio	F	Sig.	Cuadrado Parcial Eta
Modelo Corregido	Peso racimo Kg	83,463 ^a	1	83,463	38,047	0,000	0,442
	Altura m.	7,976 ^b	1	7,976	68,519	0,000	0,588
Intercepto	Peso racimo Kg	1641,645	1	1641,645	748,351	0,000	0,940
	Altura m.	370,083	1	370,083	3179,259	0,000	0,985
Factor (fertilizante)	Peso racimo Kg	83,463	1	83,463	38,047	0,000	0,442
	Altura m.	7,976	1	7,976	68,519	0,000	0,588
Error	Peso racimo Kg	105,297	48	2,194			
	Altura m.	5,587	48	0,116			
Total	Peso racimo Kg	1830,405	50				
	Altura m.	383,647	50				
Corregido Total	Peso racimo Kg	188,760	49				
	Altura m.	13,563	49				

a. R Cuadrado = 0,442 (R Cuadrado ajustado= 0,431) b. R Cuadrado = 0,588 (R Cuadrado ajustado = 0,579)

Tabla 3
Test Multivariante

Efecto		Valor	F	gl Hipótesis	gl Error	Sig.	Cuadrado Parcial Eta
Intercepto	Pillai's Trace	0,990	2251,264 ^a	2,000	47,000	0,000	0,990
	Wilks' Lambda	0,010	2251,264 ^a	2,000	47,000	0,000	0,990
	Hotelling's Trace	95,798	2251,264 ^a	2,000	47,000	0,000	0,990
	Roy's Largest Root	95,798	2251,264 ^a	2,000	47,000	0,000	0,990
Factor (fertilizante)	Pillai's Trace	0,727	62,689 ^a	2,000	47,000	0,000	0,727
	Wilks' Lambda	0,273	62,689 ^a	2,000	47,000	0,000	0,727
	Hotelling's Trace	2,668	62,689 ^a	2,000	47,000	0,000	0,727
	Roy's Largest Root	2,668	62,689 ^a	2,000	47,000	0,000	0,727

a. Estadístico exacto b. Diseño: Intercepto + factor (fertilizante)

de la raíz más grande de Roy es el valor propio más grande de la matriz de hipótesis. En este trabajo efectivamente resultó con un valor alto 2,668 indicando que el factor fertilizante contribuye significativamente en el modelo. Cuando los valores de los estadísticos de la raíz más grande de Roy y la traza de Hotelling son iguales como ocurrió en este estudio, entonces el efecto está predominantemente asociado a una de las variables dependientes, al peso del racimo o a la altura de la planta, esto se puede interpretar de que hay una fuerte correlación entre las variables dependientes, o el efecto del factor no contribuye mucho con el modelo, se considera que se debe más a la correlación entre las variables que a cualquier otra cosa, esto se puede observar en los valores significativos de los efectos principales, ver tabla 3, en los cuales todos los estadísticos para el factor son significativos para cualquier nivel de α , concluyendo que el factor (fertilizante) efectivamente contribuye al modelo. En este modelo multivariante no

existe el efecto de interacción puesto que se estudia nada más que un factor.

Una manera más poderosa de ver el efecto del factor en el modelo es, a través del estadístico cuadrado parcial de "Eta", el cual reporta la significancia de cada término del modelo. El cuadrado parcial de "Eta" para el factor fertilizante es alto, 0,727, indicando un gran efecto sobre la producción de plátanos.

Para encontrar donde está la diferencia significativa dentro de los niveles del factor, se analizan los resultados de los contrastes, la Tabla 4 arroja los valores para cada contraste. Usando el primer nivel del factor como referencia, es decir, la producción de plátanos de aquellas plantas que no fueron fertilizadas (primer nivel del factor), comparándola con la producción de plátanos de las plantas que fueron fertilizadas (segundo nivel del factor), la estimación del contraste señala que, en promedio, las plantas fertilizadas pesan 2,584 Kg más, y

presentan una altura mayor de 0,799 m. en comparación con las plantas no fertilizadas. Esta afirmación es válida para cualquier nivel de significación, α , indicando que esta diferencia se debe al efecto del fertilizante, tanto para el peso como para la altura y no se debe al azar. Este resultado sugiere que es efectivo el uso del fertilizante, humus sólido y líquido de lombriz californiana, para obtener una mayor producción de plátanos medidos en peso y altura.

Antes de tomar una decisión definitiva sobre lo significativo y confiable de este modelo planteado en el estudio (análisis de varianza multivariante con un solo factor), para medir la eficacia de este fertilizante, se debe probar la validez del modelo, mediante el cumplimiento de los supuestos, estos son: el vector de las variables dependientes siguen una distribución normal multivariante, y la matriz de varianza-covarianza del error son iguales para todas las celdas formadas por los efectos entre las plantas de diferentes niveles del factor y entre las variables dependientes.

Primero, el cumplimiento del supuesto de la distribución normal multivariante,

se estudio por medio de la prueba de Kolgomorov-Smirnov para cada variable dependiente, observando los valores en la Tabla 5, muestra que la hipótesis nula: que afirma que todas las variables sigue una distribución normal, no se rechaza para un nivel de significación de $\alpha=0,05$; por lo tanto este resultado nos indica que el supuesto de normalidad se cumple para el peso (ps) y para la altura (alt), tanto para las plantas no fertilizadas como para las fertilizadas.

El estadístico de Box contrasta la hipótesis nula de igualdad de las matrices observadas de varianza y covarianza del error entre los niveles del factor para cada variable dependiente, este estadístico prueba este supuesto de manera general, incluyendo todas las variables dependientes en su conjunto; ver Tabla 6, el valor significativo, $\alpha=0,016$ es menor que el $\alpha=0,05$, por tanto se rechaza la hipótesis nula, revelando que el supuesto de igualdad de varianza y covarianza no se cumple, en consecuencia el resultado del modelo es sospechoso para explicar la producción de plátanos, sin embargo este estadístico de Box es muy sensitivo para alejarse de los supuestos, de

Tabla 4
Contrastes (K Matriz)

Plátano Harton (Musa AAB) Contraste ^a Simple Peso racimo Kg Altura m.		Variable Dependiente	
Nivel 2 vs. Nivel 1	Estimación de Contraste	2,584	0,799
	Valor Hipotético	0	0
	Diferencia (Estimado – Hipotético)	2,584	0,799
	Error Estándar	0,419	0,097
	Sig.	0,000	0,000
	95% Intervalo de Confianza para la diferencia	Limite inferior	1,742
	Limite superior	3,426	0,993

a: Categoría de referencia = 1

igualdad de varianza, covarianza del error y el de normalidad.

Una comprobación adicional del supuesto de homogeneidad es la prueba estadística de Levene, ésta realiza una prueba para cada variable dependiente por separado, y permite determinar cuál de las variables es la que se aleja del supuesto de igualdad de varianza- covarianza del error, en la tabla 7, el valor de significancia, $\alpha= 0,642$ para la estatura de la planta de plátano es más grande que el $\alpha= 0,05$, por tanto no se rechaza la hipótesis nula, indicando que el supuesto de igualdad de varianza, para la variable altura se cumple. Con respecto a la variable peso del racimo, el valor de significancia, $\alpha= 0,011$ es menor a $\alpha= 0,05$, en consecuencia se rechaza la hipótesis nula, indicando que el supuesto de igualdad de varianza es violado por esta variable, en consecuencia el modelo planteado no es adecuado para explicar la producción del plátanos mediante el peso del racimo, entonces es necesario replantear el modelo introduciendo un cambio en la variable peso;

ya que ps es de valor positivo, podemos proponer que el término del error tiene un efecto multiplicativo antes que aditivo sobre ps. Es decir, que podemos sustituir a ps por la transformación del logaritmo de ps.

Una vez realizado el log (ps), se observaron los siguientes resultados, ver Tabla 8; el nuevo valor del estadístico de Box es más pequeño y el valor de significancia, $\alpha= 0,199$, es mayor que $\alpha=0,05$ por lo tanto no se rechaza la hipótesis nula, es decir, que ahora si se cumple el supuesto de igualdad de varianza-covarianza del error para la variable ps y así se corrige este inconveniente. Observando la Tabla 9, se confirma el resultado anterior con la prueba de Levene, donde efectivamente se corrige la violación del supuesto de igualdad de varianza-covarianza del error para el peso con el log (ps), obteniéndose un nivel de significancia de $\alpha=0,462$ mayor que $\alpha=0,05$, y de este modo no se rechaza la hipótesis nula, cumpliéndose así el supuesto de igualdad de varianza y covarianza del error.

Tabla 5
Test de Kolmogorov-Smirnov para cada muestra

		Peso (ps) (No fertilizada)	Altura (alt) (No fertilizada)	Peso (ps) (fertilizada)	Altura (alt) (fertilizada)	Logpeso (no fertilizada)	Logpeso (fertilizada)
N		25	25	25	25	25	25
Normal Parameters ^{a,b}	Mean	4,4380	2,3212	7,0220	3,1200	,6354	,8307
	Std. Deviation	1,06324	,34741	1,80469	,33484	,10303	,12504
Most Extreme Differences	Absolute	,180	,124	,114	,124	,147	,137
	Positive	,180	,118	,114	,124	,147	,088
	Negative	-,101	-,124	-,086	-,090	-,131	-,137
Kolmogorov-Smirnov Z		,899	,618	,572	,619	,735	,686
Asymp. Sig. (2-tailed)		,394	,840	,899	,838	,652	,735

a. Test distribución Normal b. Calculado de los datos.

Tabla 6
Test de Box de Igualdad de Matriz de Covarianza

Box's M	10,844
F	3,451
gl1	3
gl2	414720,000
Sig.	0,016
Test de la hipótesis nula: las matrices de covarianza observada de las variables dependientes son iguales entre grupos.	

a. Diseño: Intercepto + factor (fertilizante)

Tabla 7
Test de Levene de Igualdad de Varianzas del Error^a

	F	gl1	gl2	Sig.
Peso racimo Kg	6,941	1	48	0,011
Altura m.	0,219	1	48	0,642
Test de la hipótesis nula: la varianza del error de las variables dependientes es igual entre grupos..				

a. Diseño: Intercepto + factor (fertilizante)

Realizados los cálculos de los contrastes para el nuevo modelo, observamos que los resultados para la altura de la planta, son idénticos a los resultados del primer modelo, no así, los resultados para el log (ps) que son diferentes de aquellos que arrojaron el modelo anterior, ver Tabla 4 y 10.

Donde el valor de significancia es, $\alpha=0,000$; igual para ambos modelos, es decir, que la hipótesis nula de igualdad de promedios en los pesos de los racimos y las alturas de las plantas se rechaza para cualquier nivel de significancia α , sugiriendo que la diferencia en los pesos de los plátanos en los dos niveles, no se deben al azar; sino, al efecto del fertilizante con humus sólido y líquido. La estimación del contraste para la diferencia entre el peso de los racimos de

plátanos entre las plantas fertilizadas y no fertilizadas es de 0,195kg; ya que se buscó la diferencia con el log (ps), esto significa que la razón del peso es $e^{0,195} = 1,215311$; es decir, el peso de los racimos de plátanos para las plantas fertilizadas es aproximadamente 21,53 % más pesado que los racimos de las plantas no fertilizadas. Por ejemplo, si se siembra en una hectárea 1650 plantas de plátano Hartón (*Musa AAB*), dejando 2m entre planta y 3m entre surco, y con un promedio de 7,0220kg por planta fertilizada, se obtiene aproximadamente 2494,53kg ((7,0220x21, 53%) x1650) por hectárea de peso extra en las plantas fertilizadas en comparación con las no fertilizadas. Con este último resultado, a pesar de que es significativa la diferencia en la producción de

Tabla 8
Test de Box de Igualdad de matrices de Covarianza^a

Box's M	4,867
F	1,549
gl1	3
gl2	414720,000
Sig.	0,199
Test de la hipótesis nula: las matrices de covarianza observadas de las variables dependientes son iguales entre grupos.	

Diseño: Intercepto + factor (fertilizante)

Tabla 9
Test de Levene de Igualdad de las Varianzas del Error ^a

	F	gl1	gl2	Sig.
Estatura m.	0,219	1	48	0,642
log del peso	0,551	1	48	0,462
Test de la hipótesis nula: la varianza del error de las variables dependientes son iguales entre grupos.				

a. Diseño: Intercepto + factor (fertilizante)

Tabla 10
Contrastes (K matriz)

Plátano Harton (<i>Musa</i> AAB) Contraste Simple ^a		Variable Dependiente	
Altura m. log del peso			
Nivel 2 vs. Nivel 1	Estimación del Contraste	0,799	0,195
Valor Hipotético 0 0			
Diferencia (Estimación - Hipotético)		0,799	0,195
Error Estándar		0,097	0,032
Sig.		0,000	0,000
	95% Intervalo de Confianza para la Diferencia	Limite Inferior	0,605
		Limite Superior	0,993

a. Categoría de referencia = 1

Tabla 11
Promedios de los pesos de racimos y alturas del plátano Hartón (AAB)
en varias estaciones experimentales

Estación Experimental	Promedio Peso (kg)		Promedio Altura (m)	
	Sin fertilizante	Con fertilizante	Sin fertilizante	Con fertilizante
Finca El Reto, edo. Trujillo (ULA) (humus de Lombriz roja)	4,4380	7,0220	2,3212	3,1200
Sector las Peñas, edo. Yaracuy (UDO)		14,18		3,3
Finca Chiquinquirá, el Vigía edo. Mérida (LUZ)		12,5		3,5
Armenia, Colombia		14,15		3,9

Fuente: Tabla 1, Martínez y col. (2009), Añez y col. (1999) y Belalcázar (1995)

plátano Hartón, medida en peso del racimo, por efecto positivo del fertilizante humus sólido y líquido de lombriz californiana; es oportuno preguntarse, si ese peso extra que se gana con el fertilizante es viable económicamente, para aplicarlo a cualquier proyecto de siembra de plátano Hartón (AAB).

Luego de este análisis, es necesario realizar una comparación descriptiva entre varias experiencias de siembra de plátano Hartón (*Musa AAB*), hechas por diferentes autores anteriormente citados, donde se usaron distintos tipos de suelos y fertilizantes. En primer lugar, los plátanos abonados con lombriz californiana en la estación de El Reto, muestran una marcada diferencia entre los fertilizados y los no fertilizados tanto en peso como en altura, ver Tablas 1 y 11.

Sin embargo, cuando comparamos los promedios de los pesos de racimos producidos en la estación de El Reto con las otras experiencias, se observa una notable

diferencia en los promedios entre los fertilizados con lombriz californiana y los fertilizados con materia orgánica o abonos químicos, no ocurre así con la altura en la cual se observa una diferencia no muy notable entre alturas promedio, ver Tabla 11, esto podría explicarse por la diferencia en los tipos de suelo, cuyas condiciones edáficas en la estación de El Reto tienen un alto contenido de Sodio y muy bajos en Magnesio, Nitrógeno, Potasio, materia orgánica y carbono orgánico, necesarios para el buen desarrollo de las plantas de plátano, Palomino (2002); si bien es cierto, que con el fertilizante sólido de lombriz californiana se pudo mejorar las condiciones de un suelo inhóspito pero no lo suficiente, puesto que no alcanzó niveles de producción iguales o superiores a las otras experiencias, donde las plantas fueron sembradas en suelos con condiciones más amables para el cultivo y abonadas con fertilizantes químicos comerciales.

Agradecimientos

Los autores agradecen al CDCHT de la Universidad de los Andes por el financiamiento de esta investigación a través del proyecto (NURR-C-337-03-01 C), a los obreros y empleados de la Estación Experimental y de Producción Agrícola “Rafael Rangel”, perteneciente a la Universidad de los Andes en el estado Trujillo, NURR-ULA por su valiosa colaboración en este proyecto.

Autores: (viene pág. 101)

Profesor Titular ULA, PhD en Genética, La Sorbona Francia. 6 publicaciones en ASOVAC, 45 publicaciones en revistas arbitradas, 15 tesis asesoradas pre y postgrado. Línea investigativa plátano Harton (AAB).

Referencias

Añez B y Tavira E. 1999. *Estudio de las densidades de población en las primeras cuatro generaciones del plátano (Musa AAB cv. Hartón)*. *Fac. Agron. (LUZ)*. 16 (1): 337-355

Belalcázar S. 1991. *El cultivo del plátano en el trópico*. Bogotá, Colombia: Belalcázar S. C.A. CIID.INIBAP. 367 p

Belalcázar S. 1991. *El cultivo del plátano en el trópico*. Manual de asistencia técnica No. 50, INIBAP.CIID.ICA. Federación Nacional de Cafeteros de Colombia. 145 p.

Belalcázar S. 1995. *Cultivo de plátano en altas densidades. Una nueva opción*. *Informaciones Agronómicas*. 20 (1): 1-4

Berg L y Bustamante M. 1974. *Heat treatment and meristem cultura for the production of virus-free bananas*. *Phytopathology*. 64 (1): 320-322

Colmenares M y Giménez C. 2007. *Inducción*

de yemas múltiples en Musa (AAB) plátano “Hartón Gigante” con inmersión temporal. *Ciencia*. 15 (3): 331-340

Cova L, Tovar R y Pulgar J. 1990. *Propagación masiva de cambures y plátanos*. III Simposio de Biotecnología. Maracaibo, Venezuela, p. 60-72

Cova L y Márquez J. 2015. *Detección de variación somaclonal en plantas de plátano Hartón (Musa AAB) mediante técnicas estadísticas*, II. *Análisis de componentes principales y de conglomerados jerárquicos*. *Academia*. 14 (34): 7-20

Diaz E, Cardozo C, Bondía R, Ravena A y De Sanzo C. 2002. *Guía de lombricultura. Lombricultura una alternativa de producción*. ADEX. Rioja, España, p. 1-12

Diaz D, Cova L, Castro A, Garcia D y Pereal F. 2008. *Dinámica del crecimiento y producción de la lombriz roja californiana (Eisenia foetida Sav.) en cuatro sustratos a base de estiércol bovino*. *Agricultura Andina*. 15 (39):35-47

Espinosa J, Belalcázar S, Chacón A y Suárez D. 1996. *Fertilización del plátano en densidades altas*. Armenia, Colombia: INPOFOS, CORPOICA. 296 p.

Fisher R. 1935. *The design of experiments*. Seventh Edition.. London, Great Britain: Oliver & Boyd, p. 210-221

González C, Guzmán A. 2011. *Efecto de la limpieza sanitaria de cormos y la fertilización orgánica sobre el crecimiento de plántulas de Dominico Hartón (musa aab Simmonds) y su relación con nematodos fitoparásitos*. *Agronomía*. 19(1): 42-56

- Guerrero-Alves J, Pla-Sentís I y Camacho R. 2004. Génesis de un suelo sódico alcalino en Chaguaramas Venezuela. *Agronomía Trop.* 54 (4): 433-459
- IBM. 2012. Statistical programs for the social sciences. IBM SPSS® Statistics 17.0. USA. Disponible en: <http://WWW.downspedtest.com>
- INIBAP/IPGRI/CIRAD. 1996. Descriptores para el banano (*Musa* spp.). Instituto internacional de recursos fitogenéticos, Roma Italia, Red Internacional para el mejoramiento del banano y el plátano, Montpellier, France y Center de Coopération internationale en Recherche Agronomique pour le développement. Montpellier France, 55 p.
- Kricorian A, Cronauer S. 1984. Rapid multiplication of bananas and plantains by in vitro shoot- tip culture. *Hort Science.* 19(2): 234-235
- Lebart L, Morineau A y Fénelon J. 1985. Tratamiento estadístico de datos. Primera Edición. Barcelona, España: Boixareu, p. 285-294.
- Lopez C, Ruelas R, Raudel R, Armenta L y Felix J. 2013. Influencia de diferentes sustratos orgánicos en la lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*). *Tecnociencia.* 7(2): 81-87.
- Márquez J y Cova L. 2014. Detección de variación somaclonal en plantas de plátano Hartón (*Musa* AAB) mediante técnicas estadísticas, I. Aplicación del análisis de componentes principales. *Academia.* 12 (31): 19-35.
- Martínez G, Blanco G, Hernández J, Manzanilla E, Pérez A, Pargas R y **Marín C.** 2009. Comportamiento del plátano (*Musa* AAB Subgrupo plátano, cv. Hartón Gigante) sembrado a diferentes densidades de siembra en el Estado Yaracuy. Venezuela. *UDO Agrícola.* 9 (1): 259-267.
- Matheus J, Caracas J, Montilla F y Fernández O. 2007. Eficiencia agronómica relativa de tres abonos orgánicos (vermicompost, compost, y gallinaza) en plantas de maíz (*Zea mays* L). *Agricultura Andina.* 13 (1): 19-26.
- Murashige T y Skoog F. 1962. A revised medium for rapid growth and bioassay with tobacco tissue culture. *Physiol. Plant.* 15 (1): 473-497.
- Nava C. 1998. Esbozo histórico del cultivo del plátano en Venezuela. *Fac. Agron. LUZ.* 15 (1): 22-2.
- Nava C. 1997. El plátano, su cultivo en Venezuela. Maracaibo, Venezuela: Astrodata S.A. 135 p.
- Salinas F, Sepúlveda L y Sepúlveda G. 2014. Evaluación de la calidad química del humus de lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*) elaborado a partir de cuatro sustratos orgánicos en Arica. *IDESIA.* 32(2): 95-99.
- Sandoval F. 1986. Micropropagación de musáceas. *Asbana.* 9 (24): 21-23.
- Simmonds N. 1973. Los plátanos. Primera Edición. Barcelona, España: Blume. 539 p.
- Palomino L. 2002. Influencia de la variabilidad espacial de algunas propiedades del suelo sobre el rendimiento del cultivo del plátano (*Musa paradisíaca*) en la finca “El Reto” UPA-ULA. Tesis de pregrado en Ingeniería Agrícola. Trujillo: Núcleo Universitario Rafael Rangel Universidad de los Andes. Trujillo, Venezuela. 165 p.