



Diego Ricardo Villaseñor Ortiz &lt;dvillasenor@utmachala.edu.ec&gt;

**Artículo para evaluación**

1 mensaje

**Diego Ricardo Villaseñor Ortiz** <dvillasenor@utmachala.edu.ec>  
Para: agro-ciencia@udec.cl



17 de septiembre de 2019, 21:36

Buenas noches,  
Junto con saludar, me permito enviar este trabajo de investigación para que sea sometido a evaluación.  
Estaré atento a todos sus comentarios.

Saluda muy atentamente,

--

**Diego Villaseñor Ortiz**  
Ing. Agr. M.Sc Agronomía-Suelos  
Fertilidad de Suelos y Nutrición de Plantas  
Profesor Titular Universidad Técnica de Machala-Ciencias Agropecuarias  
Posgraduando Doutorado Ciência do Solo FCAV-UNESP-Jaboticabal, Brasil  
Machala - Ecuador  
Movil: +593 988510951  
<http://www.utmachala.edu.ec/>

**2 archivos adjuntos** **Versión\_final\_Art\_Ec\_Agr..docx**  
85K **Carta\_para\_editor.pdf**  
244K<https://mail.google.com/mail/u/0/?ik=9e6f6d6512&view=pt&search=all&permthid=thread-a%3Ar2109416167375035906&siml=msg-a%3Ar885100235243569466>

1/1

1  
2 **RESPUESTA ÓPTIMA ECONÓMICA DE LA FERTILIZACIÓN POTÁSICA**  
3 **SOBRE VARIABLES PRODUCTIVAS DEL BANANO (*Musa spp*)**

4  
5 **OPTIMAL ECONOMIC RESPONSE OF POTASSIC FERTILIZATION ON**  
6 **PRODUCTIVE VARIABLES OF BANANA (*Musa spp*)**

7  
8 Diego Villaseñor-Ortiz<sup>1\*</sup>, Yuri Noblecilla-Romero<sup>1</sup>, Salomón Barrezueta-Unda<sup>1</sup>, José  
9 Quevedo-Guerrero<sup>1</sup>, Javier Garzón-Montealegre<sup>1</sup>, William Huarquilla-Henriquez<sup>1</sup>, Carlos  
10 González-Porras<sup>1</sup>, Eduardo Luna-Romero<sup>1</sup>, Roosevelt Molero-Naveda<sup>2</sup>.

11  
12 <sup>1</sup>Universidad Técnica de Machala (UTMACH), Facultad de Ciencias Agropecuarias,  
13 Campus Santa Inés, km ½ vía Machala-Pasaje (CC 170517), Machala, Ecuador.

14 <sup>2</sup>Universidad Nacional Experimental Sur del Lago (UNESUR), Santa Bárbara de Zulia,  
15 Venezuela.

16 \*Autor para correspondencia: [diego.villasenor@utmachala.edu.ec](mailto:diego.villasenor@utmachala.edu.ec).

17  
18 **RESUMEN**  
19

20 El banano es conocido por su alta demanda de nutrientes, entre ellos el potasio (K) así,  
21 para optimizar el equilibrio económico/productivo un suministro adecuado de este  
22 elemento nutricional es muy importante. El estudio se planteó determinar una dosis  
23 óptima económica (DOE) en función de una dosis óptima de fertilización (DOF) a través  
24 de dosis crecientes de K<sub>2</sub>O (cero; 350; 525; 700 y 875 kg ha<sup>-1</sup>) en la forma de nitrato de  
25 potasio (KNO<sub>3</sub>). Cinco tratamientos con cinco repeticiones, en un diseño experimental de  
26 bloques completos al azar (DBCA), fue instalado en dos localidades (L1 y L2) en la  
27 provincia de El Oro, Ecuador. Las variables evaluadas fueron: Peso de racimo (PR),  
28 productividad (P) y ratio (R), evaluadas. Los resultados revelaron una DOF de 584,27 y  
29 574,62 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, para una P de 47478,81 y 45132,37 kg ha<sup>-1</sup> en cada localidad,  
30 respectivamente. La DOE logró estimar que un 94% de la variación de los ingresos es  
31 causado por la variación del precio de la caja de banano, mientras que el efecto de la  
32 variación de la dosis de K<sub>2</sub>O sobre los ingresos fue de aproximadamente 6%.

33 **Palabras clave:** banano, dosis económica de fertilización, análisis conjunto de  
34 experimentos.

35

### 36 ABSTRACT

37

38 Banana is known for its high demand for nutrients, including potassium (K) so, to  
39 optimize the economic / productive balance an adequate supply is key. The study  
40 considered determining an economic optimum dose (DOE) based on an optimal  
41 fertilization dose (DOF) through increasing doses of K<sub>2</sub>O (zero; 350; 525; 700 and 875  
42 kg ha<sup>-1</sup>) in the form of nitrate potassium (KNO<sub>3</sub>). Five treatments with five repetitions,  
43 in a randomized complete block experimental design (DBCR), was installed in two  
44 locations (L1 and L2) in the province of El Oro, Ecuador. The variables evaluated were:  
45 Cluster weight (PR), productivity (P) and ratio (R). The results revealed a DOF of 584.27  
46 and 574.62 kg ha<sup>-1</sup> of K<sub>2</sub>O, for a P of 47478.81 and 45132.37 kg ha<sup>-1</sup> in each locality,  
47 respectively. The DOE managed to estimate that 94% of the variation in income is caused  
48 by the variation in the price of the banana box, while the effect of the variation in the dose  
49 of K<sub>2</sub>O on income was approximately 6%.

50

51 **Keywords:** banana, economic dose of fertilization, joint analysis of  
52 experiments.

53

## INTRODUCCIÓN

54

55 La producción de banano (*Musa spp*) es una de las actividades agrícolas, económicas  
56 y sociales más importantes del Ecuador. Representa el 2% del PIB general y  
57 aproximadamente el 35% del PIB agrícola del país (MCEI, 2017), estadísticas indican  
58 que en el año 2018 la producción en el país alcanzó 6,2 millones de t en un área neta de  
59 cultivo de 158.057 ha (FAOESTAT, 2019).

60 El Banano es un cultivo de alta demanda nutricional (Teixeira, 2002; Ciampitti y  
61 García, 2007), por lo tanto, el uso de dosis óptimas de fertilización corresponde a un factor  
62 esencial para garantizar niveles óptimos de rendimiento (Moreira y Fageria, 2009),  
63 además de mantener los equilibrios fisiológicos requeridos por la planta para su normal  
64 funcionamiento (Turner et al., 2007).

65 Una característica nutricional del cultivo, corresponde a su exigencia del elemento  
66 potasio (K) por encima de la demanda otros nutrientes como nitrógeno (N), calcio (Ca),  
67 magnesio (Mg) y fósforo (P) (Hoffman et al., 2010; Nyombi et al., 2010). En este  
68 contexto, el K es esencial para una producción sostenible, debido a su importancia en  
69 procesos fisiológicos como: regulación osmótica, síntesis de proteínas, funcionamiento  
70 de estomas, permeabilidad de membrana celular y activación de procesos enzimáticos  
71 (Maathuis, 2009).

72 La mayoría de investigaciones relacionadas al elemento K, han sido realizadas en  
73 función de la determinación de una dosis óptima de fertilización (DOF), por medio de  
74 modelos estadísticos que explican la incidencia de la fertilización, sobre el rendimiento  
75 (Seefeldt, et al., 1995; Sala y Boldea, 2011); sin embargo, la literatura no ha mostrado un  
76 procedimiento de cálculo que permita identificar una dosis óptima económica (DOE) en  
77 función de DOF; es decir, la cantidad de insumo (fertilizante) que logre maximizar el  
78 ingreso; teniendo en cuenta que los requerimientos de K inciden significativamente

79 dentro de los costos de producción del cultivo (Al-Harhi y Yahyai, 2009; Ganeshamurthy  
80 et al., 2011; Soto, 2015).

81 Delante de lo expuesto, los objetivos de este trabajo fueron: evaluar los efectos de la  
82 aplicación de dosis de fertilizante potásico sobre variables productivas y determinar una  
83 dosis óptima económica que maximice los ingresos en el cultivo de banano, bajo  
84 condiciones de manejo agronómico de la provincia de El Oro en la zona sur de Ecuador.

85

86

## MATERIALES Y MÉTODOS

87

88 **Localización y caracterización del área experimental.** El experimento se llevó a cabo  
89 en dos haciendas bananeras de la provincia de El Oro, Ecuador, ubicadas en las  
90 localidades de La Primavera (L1) (79°53'45" O; 3°14'39" S) y El Guabo (L2) (79°84'42"  
91 O; 3°24'12" S), con altitud media de 7 m snm y clima tropical megatérmico seco AW,  
92 según Köppen-Geiger. La temperatura media anual de la zona de estudio es de 26°C y la  
93 humedad relativa tiende a superar el 75% (Pourrut et al., 1995). Los suelos de esta zona  
94 corresponden al subgrupo Aquic Dystrustepts (USDA, 2014; Villaseñor et al., 2015),  
95 cuyos atributos físico-químicos para fines de fertilidad, analizados de acuerdo a la  
96 metodología propuesta por Alvarado et al. (2009), del laboratorio de suelos del Instituto  
97 Ecuatoriano de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), se presentan en la Tabla 1.

98 Se utilizó la variedad de Banano Musa spp ``Cavendish``, clon Valery, como  
99 material vegetativo, sembradas a una densidad de 1650 plantas ha<sup>-1</sup> (2,02 m x 3 m de  
100 espaciamiento). Cada unidad experimental estuvo estructurada por parcelas de 90 m<sup>2</sup> (9  
101 m x 10 m). Las unidades experimentales fueron constituidas por 15 plantas, de donde se  
102 seleccionaron cinco plantas de reciente emisión de inflorescencia para el seguimiento y  
103 evaluación de variables. A los ensayos establecidos, se le aplicaron todas las prácticas  
104 agronómicas que requiere el cultivo: deshije, control de malezas, desmane,  
105 apuntalamiento, enfunde, deshoje fitosanitario, riegos y limpieza de canales de drenaje,  
106 siguiendo recomendaciones de Soto (2015). Para el control fitosanitario de sigatoka negra  
107 (*Mycosphaerella fijiensis*) se siguieron las directrices del boletín técnico  
108 AGROCALIDAD (n.d).

109

110 **Diseño experimental.** El experimento correspondió a un diseño de bloques completos al  
111 azar (DBCA), con cinco tratamientos y cinco repeticiones. Los tratamientos consistieron  
112 en dosis crecientes de  $K_2O$  en forma de nitrato de potasio ( $KNO_3$ ), tomando como base  
113 la recomendación general de López y Espinosa (1995), que indica el uso de  $700\text{ kg ha}^{-1}$   
114  $\text{año}^{-1}$  de  $K_2O$ . Las dosis evaluadas fueron: cero; 350; 525; 700 y  $875\text{ kg ha}^{-1}$ .

115 Los requerimientos de N,  $P_2O_5$ , CaO y  $SO_4$ , fueron aplicadas en dosis iguales en todos  
116 los tratamientos, en niveles de 400, 100, 50 y  $50\text{ kg ha}^{-1}$ , usando como fuentes nitrato de  
117 amonio (34% N), súper fosfato triple (46%  $P_2O_5$ ) y sulfato de calcio (26% CaO y 13% de  
118 S), respectivamente (Tabla 2).

119 Llegado el momento de cosecha, aproximadamente 12 semanas después de la  
120 floración (Martínez y Salinas, 2011), se midieron en todos los tratamientos, las variables  
121 de: a) peso de racimo en kg, b) ratio (relación caja de 19 kg por peso de racimo) y c)  
122 rendimiento en  $\text{kg ha}^{-1}$  (multiplicando el peso del racimo por el número de plantas por  
123 ha). Los datos fueron analizados estadísticamente mediante análisis de varianza  
124 (ANOVA) conjunto de los dos experimentos y análisis de regresión polinomial de todas  
125 las variables, por medio del software Agroestat® (Barbosa y Maldonado Júnior, 2010).  
126 Cuando las diferencias sobre las medias de los tratamientos fueron significativas, se  
127 utilizó un test Tukey al 5% como método de separación de medias.

128 Las dosis de fertilización fueron parcializadas en ocho ciclos de fertilización, durante  
129 el año 2016, el fraccionamiento fue de 10, 10, 10, 15, 15, 15, 15, 10% de la dosis de  
130 aplicación. Los fertilizantes fueron aplicados a la superficie del suelo, correspondiente al  
131 área de máxima actividad radical, según Wuyts et al. (2006).

132

133 **Determinación de DOF y DOE.** La determinación de dosis óptima de fertilización  
134 (DOF) de cada experimento, se estableció mediante regresiones lineales cuadráticas  
135 ajustadas a las dosis crecientes de fertilización de  $K_2O$  y los niveles de rendimiento  
136 (López y Espinosa, 1995). La dosis optima económica (DOE) se estableció partiendo del  
137 modelo cuadrático que explica la DOF, considerando que los ingresos pueden calcularse  
138 por medio de la Eq. (1):

139

140

$$\text{Ingresos}_{\text{productividad}} = bY - fK \quad \text{Eq. (1)}$$

141

142 donde ( $b$ ) corresponde al precio del kg de banano (\$ kg<sup>-1</sup>), ( $Y$ ) al modelo cuadrático que  
143 responde a DOF, y  $f$  al precio del elemento K<sub>2</sub>O contenido en el fertilizante (\$ kg<sup>-1</sup>). En  
144 este contexto, se puede sustituir en la Eq. (1) por  $Y = \text{DOF}$ , generando una Eq.2:

145

$$\text{Ingresos}_{\text{productividad}} = b(\text{DOF}) - fK \quad \text{Eq. (2)}$$

146

147 Al derivarse Eq.2 con respecto a las dosis de K<sub>2</sub>O e igualándola a cero, la  
148 maximización de ingresos puede ser obtenida, lo que corresponde a DOE (Aizpurúa et  
149 al., 2010).

150

151 El precio del kg banano fue calculado por medio de la relación entre el precio  
152 oficial de una caja de exportación de 19,06 kg correspondiente a 6,30 US\$, según Acuerdo  
153 ministerial No. 135 (2018) del Ministerio de Agricultura de Ecuador y el precio del kg de  
154 elemento K<sub>2</sub>O contenido en el nitrato de potasio (46% K<sub>2</sub>O) se calculó en 1,96 US\$.

154

155 Costos adicionales como actividades culturales, fungicidas, aplicación de herbicidas,  
156 y costos operativos propios del cultivo, no fueron incluidos, dado que asumimos que estos  
157 rubros no alteran la dosis de K<sub>2</sub>O aplicada.

157

158

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

159

160 **Dosis óptima de fertilización potásica (DOF).** Los diferentes niveles de fertilización  
161 potásica, generaron efectos significativos sobre las variables peso de racimo (PR),  
162 rendimiento (R) y ratio (R) (Tabla 3), de la misma manera, las relaciones entre estas  
163 variables y las dosis de K<sub>2</sub>O, fueron explicadas significativamente mediante modelos  
164 cuadráticos (Tabla 4).

165

166 En el análisis individual en cada localidad, se puede observar que todas las variables  
analizadas alcanzaron su máximo nivel de significancia en la dosis de 700 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O

167 (T3); sin embargo, estos valores no difieren estadísticamente de los resultados obtenidos  
168 en la dosis 525 kg ha<sup>-1</sup> (T4) aunque, en ambos casos, si difieren de los tratamientos T5,  
169 T2 y T1.

170 En este contexto, utilizamos la variable P, como variable dependiente para realizar la  
171 regresión, misma que presentó un nivel máximo en la dosis de 584,27 y 574,62 kg ha<sup>-1</sup>  
172 de K<sub>2</sub>O, para una producción de 47478,81 y 45132,37 kg ha<sup>-1</sup> de P en L1 y L2,  
173 respectivamente (Figs. 1 y 2), según Almeida (2006), menciona que el nivel de  
174 fertilización y máxima productividad de un modelo polinomial, debe ser analizado bajo  
175 un ajuste cuadrático. Sin embargo, en la comparación de medias (Tabla 3), como no hubo  
176 diferencia entre las dosis T3 y T4, se puede inferir que la dosis de 525 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O,  
177 en forma de KNO<sub>3</sub> es suficiente para llegar a un óptimo nivel de P en ambos estudios.

178 En el análisis conjunto de los dos experimentos (Tabla 3) se observa que hubo  
179 significancia estadística sobre la incidencia de las dosis crecientes de fertilización  
180 potásica (T) y las tres variables evaluadas; sin embargo, al no existir diferencias entre los  
181 dos experimentos (E) y la interacción entre ellos (T x E), indica que los resultados no  
182 difieren estadísticamente uno del otro, lo que permite inferir que estos datos podrían ser  
183 usados como una dosis óptima de fertilización (DOF) recomendada para las condiciones  
184 edafoclimáticas en la que se desarrolló el experimento en Ecuador.

185 Los efectos de la aplicación de K<sub>2</sub>O sobre la productividad P que fueron observados  
186 en este trabajo, coinciden con la mayoría de resultados presentes en la literatura. Según  
187 López & Espinosa (1995), el suplemento mínimo de K<sub>2</sub>O, en las condiciones clima-suelo  
188 de Ecuador, debería ser de al menos 500 kg ha<sup>-1</sup>, un mismo argumento expone Bhalerao  
189 et al. (2018). Sin embargo, existen argumentos de dosis utilizadas que llegan a los 1000  
190 kg ha año K<sub>2</sub>O, que indican que el cultivo es capaz de extraer grandes cantidades de este  
191 elemento, en distintas condiciones de suelo y clima (Ganeshamurthy et al., 2011). En  
192 términos generales, un suministro deficiente de K<sub>2</sub>O interviene significativamente en  
193 procesos fisiológicos de translocación de fotosíntatos, por lo tanto, en el peso del fruto  
194 (Maathius, 2009; Nyombi, 2010; Taulya, 2013).

195

196 **Dosis óptima de económica (DOE).** Una ecuación cuadrática representó al modelo  
197 utilizado para describir la respuesta de P a dosis crecientes de fertilización con potasio  
198 (Tabla 4). Dosis superiores a 525 kg K<sub>2</sub>O ha<sup>-1</sup> no fueron considerados dado que, de  
199 acuerdo al modelo cuadrático, aplicaciones mayores a esta dosis no generan beneficios  
200 en rendimientos. De acuerdo a Aizpurúa et al., (2010) la DOE puede ser calculada con la  
201 siguiente ecuación:

202

203 Para L1:

$$204 \quad \text{Ingresos}_{\text{productividad}} = b (DOF) - fK$$

205

$$206 \quad \text{Ingresos}_{\text{productividad}} = b (32940,32 + 49,77K - 0,0426K^2) - fK$$

207

$$208 \quad DOE = \frac{49,77b - f}{0,0852b}, \quad \text{si } K_2O \leq 525 \text{ kg ha}^{-1}$$

209

210 Para L2:

$$211 \quad \text{Ingresos}_{\text{productividad}} = b (DOF) - fK$$

212

$$213 \quad \text{Ingresos}_{\text{productividad}} = b (37166,10 + 27,73K - 0,0241K^2) - fK$$

214

$$215 \quad DOE = \frac{27,73b - f}{0,0482b}, \quad \text{si } K_2O \leq 525 \text{ kg ha}^{-1}$$

216

217 Los resultados de la aplicación de la ecuación DOE de L1 y L2 se muestran en las  
218 Tablas 4 y 5 respectivamente. Allí se observan los resultados de una simulación aplicando  
219 las dos ecuaciones DOE generadas para cada localidad. Bajo la situación actual de  
220 mercado, con precios de 6,30 US\$ la caja de banano y 1,96 US\$ el kg de K<sub>2</sub>O, la DOE  
221 de la L1 es de 518 kg ha<sup>-1</sup> de elemento nutricional, generando un rendimiento aproximado  
222 de 44.365 kg ha<sup>-1</sup> y un ingreso de 15.362 \$ ha<sup>-1</sup>; mientras que la COE de la L2 es de 458  
223 kg ha<sup>-1</sup> de elemento nutricional, con rendimiento de 42.225 kg ha<sup>-1</sup> y un ingreso de 14.621  
US\$ ha<sup>-1</sup>.



224 En un escenario con variaciones del precio de la caja de banano, por cada aumento  
225 de un dólar en el precio se obtendrán 2.485 US\$ ha<sup>-1</sup> de incremento promedio en los  
226 ingresos en L1 y 2.357 US\$ ha<sup>-1</sup> en L2, siempre y cuando se considere el ajuste de la DOF  
227 de K<sub>2</sub>O recomendada para cada incremento del precio de la caja. De ese monto, 2.328  
228 US\$ ha<sup>-1</sup> en L1 y 2.215 US\$ ha<sup>-1</sup> en L2, se obtendrán por efecto del dólar de incremento  
229 en el precio y 157 US\$ ha<sup>-1</sup> en L1 y 142 US\$ ha<sup>-1</sup> en L2, serán por efecto del ajuste en la  
230 dosis de K<sub>2</sub>O.

231 En el caso que el precio de la caja de banano disminuya, por cada dólar los ingresos  
232 disminuirán en un promedio de 2.470 US\$ ha<sup>-1</sup> en L1 y 2.336 US\$ ha<sup>-1</sup> en L2 (asumiendo  
233 los ajustes de dosis de K<sub>2</sub>O). De ese monto, 2.328 US\$ ha<sup>-1</sup> en L1 y 2.215 US\$ ha<sup>-1</sup> en L2  
234 serán por efecto del precio de la caja y 142 US\$ ha<sup>-1</sup> en L1 y 121 US\$ ha<sup>-1</sup> en L2, serán  
235 por efecto de la dosis de K<sub>2</sub>O.

236 La literatura muestra resultados diversos en situaciones de análisis de DOE en  
237 función del elemento K, por ejemplo, de Melo (2010), obtiene un rendimiento económico  
238 de 28% con una reducción de 41% en sus costos de producción, con alrededor del doble  
239 de la dosis de K<sub>2</sub>O utilizada en este experimento bajo un sistema de fertirrigación, Silva  
240 (2015), determina una DOF de 800 kg ha<sup>-1</sup>, bajo condiciones de suelos degradados en  
241 Brasil. En términos generales, Raij (1991), argumenta que una el cálculo de un DOE  
242 genera un instrumento sensible para la detección de variaciones que pueden ser generadas  
243 por los precios de un insumo fertilizante, o en su caso el precio de comercialización de  
244 un cultivo. Criterio similar sostiene Aizpurúa (2010), en cuanto al análisis de sensibilidad  
245 de costos de fertilización, sin considerar otros rubros que inciden en la producción de un  
246 cultivo.

247

## 248 CONCLUSIONES

249

250 La dosis óptima de fertilización resultó para L1 en 584,3 kg ha<sup>-1</sup> y para L2 en 574,3 kg  
251 ha<sup>-1</sup>, para un rendimiento estimado de 47 y 45 t ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> de acuerdo al modelo cuadrático  
252 aplicado en este trabajo. La dosis óptima económica pudo detectar que el efecto de la  
253 disminución o aumento del precio de la caja de banano es el mismo (2.328 US\$ ha<sup>-1</sup> en

254 L1 y 2.215 US\$ ha<sup>-1</sup> en L2); lo que indica que en ambas localidades el 94% del efecto en  
255 la variación de los ingresos económicos es causado por la variación del precio de la caja  
256 de banano, mientras que el efecto de la variación de la dosis de K<sub>2</sub>O sobre los ingresos es  
257 de aproximadamente 6%.

258

259

## RECONOCIMIENTOS

260

261 Este trabajo fue financiado por las empresas SQM Ecuador, Fitecua S.A. y Fertipalma  
262 S.A. a través de convenios institucionales de apoyo económico para investigación entre  
263 empresas privadas e instituciones de enseñanza pública superior.

264

265

## LITERATURA CITADA

266

267 Acuerdo Ministerial No. 135. Ministerio de Agricultura y Ganadería de Ecuador, Quito,  
268 Ecuador, 5 de diciembre de 2018.

269 AGROCALIDAD (Agencia Ecuatoriana de Aseguramiento de la Calidad del Agro). n.d.

270 Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca, Manual de Aplicabilidad de Buenas  
271 Prácticas Agrícolas de Banano. Quito, Ecuador. [http://www.agrocalidad.gob.ec/wp-](http://www.agrocalidad.gob.ec/wp-content/uploads/pdf/inocuidad/manuales-aplicabilidad/manual-banano.pdf)  
272 [content/uploads/pdf/inocuidad/manuales-aplicabilidad/manual-banano.pdf](http://www.agrocalidad.gob.ec/wp-content/uploads/pdf/inocuidad/manuales-aplicabilidad/manual-banano.pdf).

273 Aizpurua, A., J. Estavillo, A. Castellón, A. Alonso, G. Besga, y M. Ortuzar-Iragorri. 2010.  
274 Estimation of optimum nitrogen fertilizer rates in winter wheat in humid  
275 mediterranean conditions, II: Economically optimal dose of nitrogen.  
276 Communications in Soil Science and Plant Analysis, 41:301–307.  
277 doi.org/10.1080/00103620903460815.

278 Al-Harathi, K., y R. Al-Yahyai. 2009. Effect of NPK fertilizer on growth and yield of  
279 banana in Northern Oman. Journal of Horticulture and Forestry, 1:160-167.

280 Almeida, E., W. Natale, R. Prado, y J. Barbosa. 2006. Adubação nitrogenada e potássica  
281 no desenvolvimento de mudas de maracujazeiro. Ciência Rural, 1138-1142.

282 Alvarado, S., J. Córdova, M. López, F. Valverde, F. Moscoso, I. Nicolalde, J. Lucero, J.  
283 Benitez. 2009. Metodologías de análisis físico-químico de suelos, tejido vegetal y

284 aguas. 4ta. Ed. Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), Quito, Ecuador.  
285 69 pp.

286 Barbosa, J., y W. Maldonado Júnior. 2010. AgroEstat: sistema para análises estatísticas  
287 de ensaios agrônômicos. Jaboticabal-Brasil: FCAV/UNESP.

288 Bhalerao, A., S. Deshpande y S. Bansal. 2018. Potassium Dynamics in Inceptisols as  
289 Influenced by Graded Levels of Potash for Banana: I. Potassium  
290 Fractions, Communications in Soil Science and Plant Analysis, 49:1886-  
291 1895, DOI: 10.1080/00103624.2018.1485929.

292 Ciampitti, I., y F. García. 2007. Requerimientos nutricionales Absorción y Extracción de  
293 macronutrientes y nutrientes secundarios. Informaciones Agronómicas, 12:1–4.

294 FAOSTAT. 2019. Estadísticas de la Organización para la Agricultura y Alimentación de  
295 las Naciones Unidas FAO [online]. Disponible en  
296 <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>. (Consulta 20 abril 2019).

297 Ganeshamurthy, A., G. Satisha, y P. Patil. 2011. Potassium nutrition on yield and quality  
298 of fruit crops with special emphasis on banana and grapes. Karnataka Journal of  
299 Agricultural Sciences, 24(1).

300 Hoffmann, R., F. Oliveira, A. Souza, H. Gheyi, y R. Souza Júnior. 2010. Acúmulo de  
301 matéria seca e de macronutrientes em cultivares de bananeira irrigada. Revista  
302 Brasileira de Fruticultura, 32:268-275.

303 López, M., y J. Espinosa. 1995. Manual de nutrición y fertilización del banano: una visión  
304 práctica del manejo de la fertilización. Quito-Ecuador: Instituto de la Potasa y el  
305 Fósforo.

306 Maathuis, F. 2009. Physiological functions of mineral macronutrients. Current Opinion  
307 in Plant Biology. 12:250–258. doi.org/10.1016/j.pbi.2009.04.003.

308 Martínez, A., y D. Salinas. 2011. Dinámica del Crecimiento y Desarrollo del Banano  
309 (Musa AAA Simmonds cvs. Gran Enano y Valery). Revista Facultad Nacional de  
310 Agronomía, Medellín, 64(2).

311 MCEI. 2017. Ministerio de Comercio Exterior e Inversiones de Ecuador. Informe sector  
312 bananero ecuatoriano [online]. Disponible en:  
313 <https://www.comercioexterior.gob.ec/wp-content/uploads/2017/12/Informe-sector->

314 bananero-español-04dic17.pdf. (Consulta 19 agosto 2019).

315 Melo, A., L. Sobral, P. Fernandes, M. Brito, y P. Viégas. 2010. Aspectos técnicos e  
316 econômicos da bananeira ‘prata-anã’ sob fertirrigação nos tabuleiros costeiros de  
317 Sergipe. *Ciência e Agrotecnologia*, 34:3.

318 Moreira, A., y N. Fageria. 2009. Yield, uptake, and retranslocation of nutrients in banana  
319 plants cultivated in upland soil of Central Amazonian. *Journal of Plant Nutrition*,  
320 32:443–457. doi.org/10.1080/01904160802660750.

321 Nyombi, K., P. van Asten., M. Corbeels., G. Taulya., P. Leffelaar., y K. Giller. 2010.  
322 Mineral fertilizer response and nutrient use efficiencies of East African highland  
323 banana (*Musa* spp., AAA-EAHB, cv. Kisansa). *Field Crops Research*, 117:38–50.  
324 doi.org/10.1016/j.fcr.2010.01.011.

325 Pourrut, P., G. Gómez, A. Bermeo, y A. Segovia, A. 1995. Factores condicionantes de  
326 los regímenes climáticos e hidrológicos. In P. Pourrut (Ed.), *El agua en el Ecuador:*  
327 *Clima, precipitaciones, escorrentía* (pp. 7–12). Quito-Ecuador: Corporacion Editora  
328 Nacional, Colegio de Geógrafos del Ecuador.

329 Sala, F., y M. Boldea. 2011. On the optimization of the doses of chemical fertilizers for  
330 crops. *AIP Conference Proceedings*, 1389:1297–1300. doi.org/10.1063/1.3637856.

331 Seefeldt, S., J. Jensen, y P. Fuerst, P. 1995. Log-logistic analysis of herbicide dose-  
332 response relationships Rangeland vegetation assessment View project. *Weed*  
333 *Techonology*, 9: 218–227. doi.org/10.1017/S0890037X00023253.

334 Silva, J., R. Pereira, I. Silva, y P. de Oliveira. 2015. Produção da bananeira ‘Prata  
335 anã’ (AAB) em função de diferentes doses e fontes de potássio. *Ceres*, 58:6.

336 Soto, M. 2015. *Bananos II: tecnologías de producción*. Costa Rica: Editorial  
337 Tecnológica de Costa Rica. San José Costa Rica.

338 Taulya., G. 2013. East African highland bananas (*Musa* spp. AAA-EA) ‘worry’ more  
339 about potassium deficiency than drought stress. *Field Crops Research*, 151:45-55.

340 Teixeira, L., W., Rodriguez Dos Santos y O., Bataglia, O. 2002. The N and K diagnosis  
341 on banana plants using the diagnosis and recommendation integrated system (DRIS)  
342 and critical value approach. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 24:530–535.  
343 doi.org/10.1590/S0100-29452002000200050.

344 Turner, D., J. Fortescue, y D. Thomas. 2007. Environmental physiology of the bananas  
 345 (Musa spp.). Brazilian Journal of Plant Physiology, 19:463-484.

346 USDA. Soil Survey Staff. 2014. Keys to Soil Taxonomy, 14th Edition. United States  
 347 Department of Agriculture, Natural Resources Conservation Service, USDA,  
 348 Washington, DC.

349 Villaseñor, D., J. Chabla, y E. Luna. 2015. Caracterización física y clasificación  
 350 taxonómica de algunos suelos dedicados a la actividad agrícola de la provincia de El  
 351 Oro. Revista Cinética Cumbres, 1:28–34.

352 Wuyts, N., D. De Waele, y R. Swennen. 2006. Extraction and partial characterization of  
 353 polyphenol oxidase from banana (Musa acuminata Grande naine) roots. Plant  
 354 Physiology and Biochemistry, 44:308-314.

355

356

357

358

359

360 **Tabla 1. Características físicas y químicas de los suelos de las localidades L1 y L2**  
 361 **donde se desarrolló el experimento.**  
 362 **Table 1. Physical and chemical characteristics of the soils of the localities L1 and L2**  
 363 **where the experiment was carried out.**

Parámetro	Localidad	
	La Primavera (L1)	El Guabo (L2)
Materia orgánica, %	3,9	6,2
Clase textural	Arcillo limosa	Limo arcillosa
Conductividad eléctrica, mS cm <sup>-1</sup>	0,36	0,27
pH (en H <sub>2</sub> O)	7,9	7,3
pH (en KCl)	7,1	6,7
Nitrato (NO <sub>3</sub> -N), mg kg <sup>-1</sup>	6,2	11,3
Amonio (N-NH <sub>4</sub> ), mg kg <sup>-1</sup>	3,7	3,1
Nitrógeno (N) Total, mg kg <sup>-1</sup>	9,9	14,4
Fósforo (P), mg kg <sup>-1</sup>	15,6	24,4

Potasio (K), mg kg <sup>-1</sup>	62,5	50,5
Magnesio (Mg), mg kg <sup>-1</sup>	150	213
Calcio (Ca), mg kg <sup>-1</sup>	815	935
Azufre (S), mg kg <sup>-1</sup>	14,8	12,1
Hierro (Fe), mg kg <sup>-1</sup>	27,4	51,0
Manganeso (Mn), mg kg <sup>-1</sup>	21,4	32,4
Cobre (Cu), mg kg <sup>-1</sup>	8,7	3,4
Zinc (Zn), mg kg <sup>-1</sup>	1,7	3,6
Boro (B), mg kg <sup>-1</sup>	0,18	0,17
Sodio (Na), mg kg <sup>-1</sup>	67,1	21,8
Cloruro (Cl-1), mg kg <sup>-1</sup>	23,1	21,5
Sales totales, mg kg <sup>-1</sup>	300	225

364 L1= Localidad "Primavera"; L2= Localidad "El Guabo".

365

366

367

368

369

370 **Tabla 2. Configuración de los tratamientos evaluados en las dos localidades L1 y L2**

371 **en el experimento.**

372 **Table 2. Configuration of the treatments evaluated in the two locations L1 and L2**

373 **in the experiment.**

Tratamientos	Nutrientes					
	----- (kg ha <sup>-1</sup> año) -----					
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Ca	Mg	SO <sub>4</sub>
T1	400	100	0	50	0	50
T2	400	100	280	50	0	50
T3	400	100	525	50	0	50
T4	400	100	700	50	0	50
T5	400	100	875	50	0	50

374 L1= Localidad "Primavera"; L2= Localidad "El Guabo".

375

376

377  
 378  
 379  
 380  
 381  
 382  
 383  
 384  
 385  
 386  
 387  
 388  
 389  
 390

391 **Tabla 3. Peso racimo, productividad y ratio, sometidas a dosis crecientes de**  
 392 **fertilización potásica en las dos localidades del experimento.**  
 393 **Table 3. Cluster weight, productivity and ratio, subjected to increasing doses of**  
 394 **potassium fertilization in the two locations of the experiment.**

Fertilización	Peso racimo (kg)	Productividad (t ha <sup>-1</sup> )	Ratio (cajas racimo <sup>-1</sup> )
-----Localidad 1-----			
kg ha <sup>-1</sup>			
0	21,20 c	33,92 c	1,11 c
280	25,71 b	41,12 b	1,35 b
525	30,94 a	49,50 a	1,62 a
700	31,04 a	49,66 a	1,63 a
875	26,23 b	41,98 b	1,38 b
Test f (L1)			
Tratamientos	20,12**	20,06**	20,15**

CV%	7,59	7,60	7,58
-----Localidad 2-----			
kg ha <sup>-1</sup>			
0	23,61 b	37,78 b	1,24 b
280	25,79 ab	41,26 ab	1,36 ab
525	29,35 a	46,98 a	1,54 a
700	28,68 a	45,90 a	1,50 a
875	26,23ab	41,97 ab	1,38 ab
Test f (L2)			
Tratamientos	7,15**	7,16**	7,10**
CV%	7,27	7,27	7,28
Test f (conjunto)			
Tratamientos	12,3*	12,38*	12,29*
Experimentos	0,13 <sup>ns</sup>	0,12 <sup>ns</sup>	0,13 <sup>ns</sup>
Interacción (Tx E)	2,10 <sup>ns</sup>	2,09 <sup>ns</sup>	2,10 <sup>ns</sup>

395 L1= Localidad "Primavera"; L2= Localidad "El Guabo". Medias de la misma letra dentro la misma  
396 columna no difieren entre sí por el test de Tukey, a 5% de probabilidad.

397 **Tabla 4. Relación entre las dosis de K<sub>2</sub>O (variable independiente) y las variables**  
398 **Peso racimo, Productividad y Ratio (variables independientes) y las**  
399 **respectivas dosis en que los valores de Y en que alcanzaron sus puntos de**  
400 **máximo desenvolvimiento.**

401 **Table 4. Relationship between the doses of K<sub>2</sub>O (independent variable) and the**  
402 **variables Cluster weight, Productivity and Ratio (independent variables)**  
403 **and the respective doses in which the Y values at which they reached their**  
404 **maximum development points.**

Variables	Ecuaciones	R <sup>2</sup>	X max	Y max
PR f(K) L1	$y = 20,6 + 0,0311x - 2,7 \times 10^{-5}x^2$	0,64**	584,2 kg ha <sup>-1</sup>	29,7 kg
PR f(K) L2	$y = 23,2 + 0,0173x - 2,8 \times 10^{-5}x^2$	0,44**	574,6 kg ha <sup>-1</sup>	28,2kg
P f(K) L1	$y = 32940,3 + 49,8 - 0,0426x^2$	0,64**	584,3 kg ha <sup>-1</sup>	47478,8 kg ha <sup>-1</sup>
P f(K) L2	$y = 37166,1 + 27,7x - 0,0241x^2$	0,44**	574,6 kg ha <sup>-1</sup>	45132,4 kg ha <sup>-1</sup>
R f(K) L1	$y = 1,1 + 0,00163x - 1,39 \times 10^{-6}x^2$	0,64**	586,5 kg ha <sup>-1</sup>	1,6 caja racimo <sup>-1</sup>
R f(K) L2	$y = 1,217 + 0,000915x - 7,9 \times 10^{-6}x^2$	0,44**	579,1 kg ha <sup>-1</sup>	1,5 caja racimo <sup>-1</sup>

405 \*\* Significativo a 1% de probabilidad de test F. PR= Peso del racimo, P= productividad, R= ratio.

406



407

408

409

410

411

412

413

414

415

416

417

418

419

420

421 **Tabla 5. Simulación de Ingresos máximos y tasa de aplicación de fertilizante potásico, dependiendo del precio oficial de comercialización**  
 422 **de banano y el precio del fertilizante en la localidad Primavera (L1).**

423 **Table 5. Simulation of maximum income and application rate of potassium fertilizer, depending on the official marketing price of bananas**  
 424 **and the price of fertilizer in the Primavera locality (L1).**

V PCb	DOF K <sub>2</sub> O	R ha <sup>-1</sup>	I ha <sup>-1</sup>	V I	V DOF	V PCb	V ADOF
(US\$ caja <sup>-1</sup> )	(kg ha <sup>-1</sup> )	(kg ha <sup>-1</sup> )	(US\$ ha <sup>-1</sup> )	(US\$ ha <sup>-1</sup> )	(kg ha <sup>-1</sup> )	(US\$ ha <sup>-1</sup> )	(US\$ ha <sup>-1</sup> )
2,60	415,90	40.308,79	5.498,58	-2.445,22	-37,43	-2.327,66	-117,56
3,60	462,63	42.058,01	7.943,80	-2.465,09	-40,54	-2.327,66	-137,43
4,60	489,05	43.129,03	10.408,89	-2.474,32	-42,39	-2.327,66	-146,66
5,60	506,03	43.848,93	12.883,21	-2.479,35	-43,62	-2.327,66	-151,69
6,60	517,87	44.365,22	15.362,56	-	-	-	-
7,60	526,59	44.753,28	17.844,96	2.482,40	44,49	2.327,66	154,74
8,60	533,29	45.055,49	20.329,34	2.484,38	45,15	2.327,66	156,72
9,60	538,58	45.297,45	22.815,08	2.485,74	45,66	2.327,66	158,08
10,60	542,88	45.495,51	25.301,80	2.486,72	46,07	2.327,66	159,06

425 V PCb= Variación de precio de caja de banano; DOF K<sub>2</sub>O= Dosis óptima fertilización; R= rendimiento; I= Ingresos; V I= Variación de los ingresos; V DOF= Variación de  
 426 Dosis óptima fertilización; V PCb= Variación de los ingresos solo por efecto del precio de la caja (sin variación de K<sub>2</sub>O); V ADOF= Variación de los ingresos solo por efecto  
 427 del ajuste en la dosis de K<sub>2</sub>O.

428

429

430

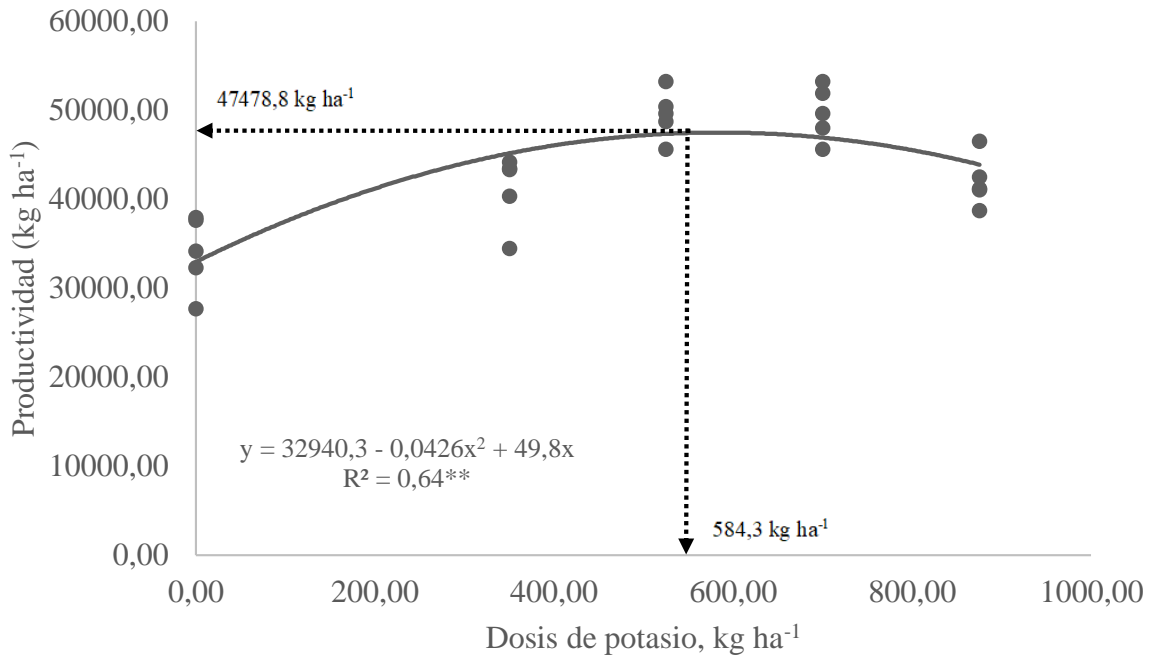
431

432 **Tabla 6. Simulación de Ingresos máximos y tasa de aplicación de fertilizante potásico, dependiendo del precio oficial de comercialización**  
 433 **de banano y el precio del fertilizante en la localidad El Guabo (L2).**

434 **Table 6. Simulation of maximum income and application rate of potassium fertilizer, depending on the official marketing price of bananas**  
 435 **and the price of fertilizer in the El Guabo locality (L2).**

V PCb	DOF K <sub>2</sub> O	R ha <sup>-1</sup>	I ha <sup>-1</sup>	V I	V DOF	V PCb	V ADOF
(US\$ caja <sup>-1</sup> )	(kg ha <sup>-1</sup> )	(kg ha <sup>-1</sup> )	(US\$ ha <sup>-1</sup> )	(US\$ ha <sup>-1</sup> )	(kg ha <sup>-1</sup> )	(US\$ ha <sup>-1</sup> )	(US\$ ha <sup>-1</sup> )
2,60	277,89	39.027,16	5.323,75	-2.287,68	-15,39	-2.215,35	-72,32
3,60	360,51	40.298,26	7.611,42	-2.322,80	-18,50	-2.215,35	-107,45
4,60	407,20	41.162,23	9.934,22	-2.339,10	-20,35	-2.215,35	-123,75
5,60	437,22	41.773,14	12.273,33	-2.348,00	-21,58	-2.215,35	-132,65
6,60	458,15	42.224,62	14.621,33	-	-	-	-
7,60	473,56	42.570,78	16.974,71	2.353,38	22,45	2.215,35	138,03
8,60	485,39	42.844,21	19.331,60	2.356,89	23,11	2.215,35	141,54
9,60	494,76	43.065,47	21.690,90	2.359,30	23,62	2.215,35	143,95
10,60	502,36	43.248,08	24.051,92	2.361,03	24,03	2.215,35	145,67

436 V PCb= Variación de precio de caja de banano; DOF K<sub>2</sub>O= Dosis óptima fertilización; R= rendimiento; I= Ingresos; V I= Variación de los ingresos; V DOF= Variación de  
 437 Dosis óptima fertilización; V PCb= Variación de los ingresos solo por efecto del precio de la caja (sin variación de K<sub>2</sub>O); V ADOF= Variación de los ingresos solo por efecto  
 438 del ajuste en la dosis de K<sub>2</sub>O.

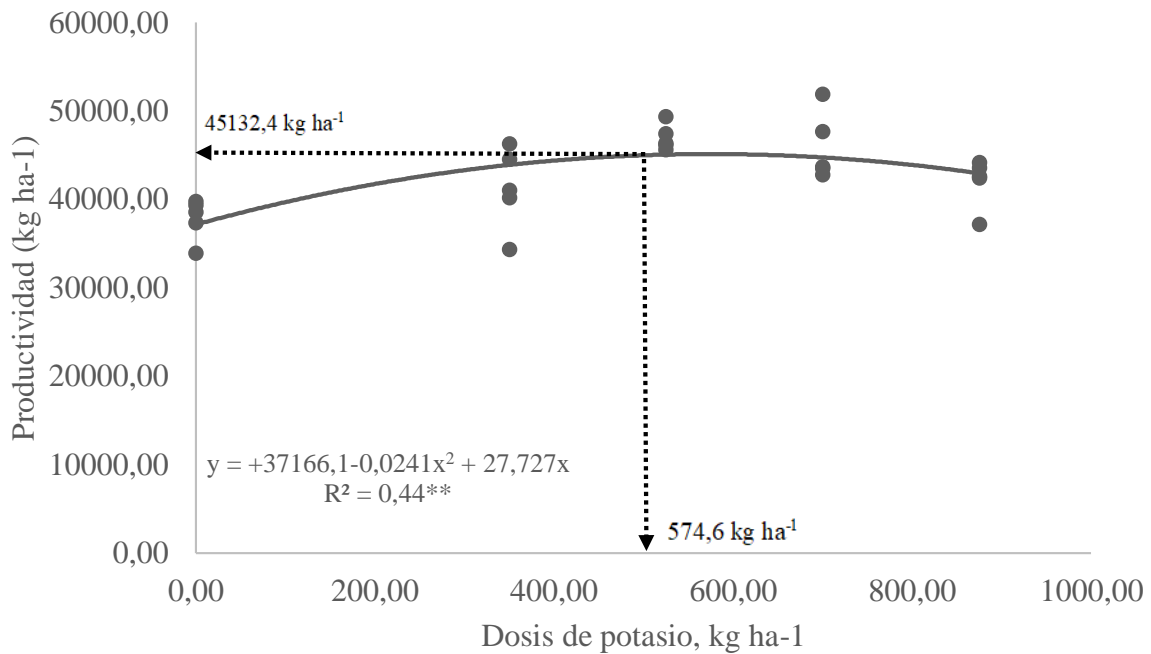


439 **Fig.1. Efectos de la aplicación dosis crecientes de potasio sobre el rendimiento (P) del**  
 440 **cultivo de Banano en L1.**

441 **Fig. 1. Effects of the increasing doses of potassium on the yield (P) of the banana crop in**  
 442 **L1.**

443

444



445 **Fig. 2. Efectos de la aplicación dosis crecientes de potasio sobre el el rendimiento (P) del**  
 446 **cultivo de Banano, en L2.**

447 **Fig. 2. Effects of the increasing doses of potassium on the yield (P) of the Banana crop in**  
 448 **L2.**

449

450