

Potencial productivo de clones experimentales de cacao tipo “Nacional”

Productive potential of experimental “nacional” cocoa clones

Ing. Oscar Henry Proaño Vinces

Asistente de Investigación, Facultad de Ingeniería Agronómica de la Universidad Técnica de Manabí

oscarproao196@hotmail.com

Ing. Julio Valdano Toro García

Docente de la Facultad de Ingeniería Agronómica de la Universidad Técnica de Manabí

jtoro@utm.edu.ec

Ing. Liliana Corozo Quiñónez

Docente de la Facultad de Ingeniería Agronómica de la Universidad Técnica de Manabí

lcorozo@utm.edu.ec

Ing. Fernando David Sánchez-Mora

Docente de la Facultad de Ingeniería Agronómica de la Universidad Técnica de Manabí

fernandosanchezm@hotmail.com

Ing. Alexis Fernando Matute Matute

Docente de la Facultad de Ingeniería Agronómica de la Universidad Técnica de Manabí

alexismatute10@gmail.com

Ing. Vicente Francisco Vásquez Morán

Universidad Técnica Estatal de Quevedo – UTEQ.

RESUMEN

Fueron establecidos 10 clones experimentales de cacao tipo “Nacional” y dos testigos comerciales: CCN-51 y EET-103, para determinar el potencial de rendimiento. Se utilizó un diseño de bloques completos al azar con arreglo factorial, con cuatro repeticiones. A partir de los cuatro años de edad de las plantas, se evaluaron las variables número de mazorcas sanas y rendimiento de cacao seco. Para la comparación entre medias de tratamientos se empleó la prueba de Tukey al 5 % de probabilidad del error. En la variable número de mazorcas sanas, los clones L29-H04, L26-H64, L46-H57 y L49-H98 presentaron un rango de 20 a 24 mazorcas por planta. En cuanto al rendimiento de almendras secas de cacao, los clones L11-H19 y L26-H64 presentaron valores superiores a 1 000 kg ha⁻¹ año⁻¹. Estos resultados permiten seleccionar clones experimentales con características productivas ideales, reafirmando la importancia de los recursos fitogenéticos como base para obtención de materiales.

Palabras clave: *Theobroma cacao*, clones, germoplasma, rendimiento.

ABSTRACT

Ten experimental clones of a “national” variety of cocoa and two commercial clones: CCN-51 and EET-103, were established to determine yield potential. A complete block design with four replications, was randomly selected. When the plants had four years of age, variable number of healthy pods and dry cocoa yield were evaluated. For comparison between treatment averages, the Tukey test at 5% probability of error was used. In the variable number of healthy pods, the L29-H04, H64-L26, L46-L49-H57 and H98 clones had a range of 20 to 24 ears per plant. As for the performance of dried cocoa beans, the L11-L26-H19 and H64 clones had higher values than 1000 kg ha⁻¹ yr⁻¹. These results allow selecting clones with ideal experimental production characteristics, reaffirming the importance of plant genetic resources as a basis for obtaining materials.

Key words: *Cocoa germoplasm*, cocoa clones, yield.



Recibido: 30 de septiembre, 2014
Aceptado: 20 de mayo, 2015

1. INTRODUCCIÓN



El cacao (*Theobroma cacao* L.) es uno de los cultivos perennes de alto valor comercial en el mundo y de importancia relevante para los pequeños y medianos agricultores de las regiones tropicales de América Latina, África y Asia. Tiene su origen en las cabeceras de la cuenca del río Amazonas desde donde se expandió (Loor *et al.*, 2012). Actualmente es la tercera materia prima más importante objeto de comercio internacional después del azúcar y el café (Argout *et al.*, 2008).

Los principales productores son Costa de Marfil, Ghana e Indonesia, con rendimientos promedios de 748, 490, 1 103 Kg ha⁻¹ año⁻¹ de almendras de cacao, respectivamente, aportando con más del 70 % de la producción mundial (Camargo-Obando, 2002).

En Ecuador, el cacao tiene importancia económica como producto de exportación al generar divisas, fuentes de empleo y naturaleza conservacionista. Sin embargo, uno de los problemas fundamentales que enfrenta su cultivo es el bajo rendimiento promedio que no supera los 300 kg ha⁻¹ año⁻¹, manteniéndose por debajo del promedio mundial de 480 kg ha⁻¹ año⁻¹. Los bajos rendimientos, posiblemente se atribuyan a la avanzada edad de las plantaciones, inadecuado y deficiente manejo agronómico e incidencia de enfermedades fungosas (Quiroz y Amores, 2002).

Hace aproximadamente 10 años, Ecuador trabaja en la selección de nuevos materiales de cacao a través de accesiones provenientes del banco de germoplasma de cacao del Centro de Cacao Fino y de Aroma Tenguel (CCAT) de la Universidad

Técnica Estatal de Quevedo, institución que cedió materiales para ser probados en la provincia de Manabí. Los materiales identificados como promisorios por sus altos índices productivos y resistencia a enfermedades, fueron evaluados desde el año 2005 en el cantón Santa Ana, con el objetivo de corroborar comportamientos productivos previos y/o potencializarlos a través de cruzamientos.

La investigación parte del criterio de que los recursos fitogenéticos son elementos básicos para la mejora de los cultivos a través de la selección y mejoramiento genético convencional, además del uso de técnicas biotecnológicas modernas (Debouck *et al.*, 2008). En este contexto, el presente estudio consiste en evaluar el comportamiento productivo de 12 clones de cacao en la zona de Santa Ana, a fin de seleccionar materiales con el mayor grado de adaptación, con base en su desempeño productivo para promover la investigación y la explotación comercial.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación del experimento y condiciones ambientales

La investigación fue realizada en el cantón Santa Ana, provincia de Manabí, en el Campus Experimental La Teodomira de la Universidad Técnica de Manabí, cuyas coordenadas geográficas son 80°26'22" de longitud oeste y 01°04'15" de latitud sur. Está en la cuenca del río Portoviejo, a una altura de 60 metros sobre el nivel del mar.

Las condiciones climáticas anuales obtenidas durante los años de evaluación se presentan en la Tabla 1.

Tabla 1. Condiciones climáticas anuales obtenidas durante los años de evaluación de 12 clones de cacao en la zona de Santa Ana

Años ¹	Temperatura promedio (°C)			Humedad relativa (%)			Precipitación (mm)	Heliofanía total (horas luz)
	Máxima	Mínima	Media	Máxima	Mínima	Media		
2009	32,00	21,50	26,26	98,00	47,30	72,54	337,50	1529,30
2010	33,40	29,98	22,50	91,63	53,72	86,25	745,90	1026,20
2011	33,30	31,80	21,42	98,12	49,87	68,25	609,20	1507,00
2012	33,40	31,32	21,78	96,89	51,25	82,50	1200,9	1504,35
Promedio	33,02	28,65	23,00	96,16	50,53	77,38	732,34	1399,21

Fuente: ¹Estación Meteorológica La Teodomira, UTM. Anuarios 2009, 2010, 2011 y 2012.

Material genético y establecimiento del experimento

El material genético utilizado fue obtenido de selecciones de árboles de cacao del Centro de Cacao Aroma Tenguel-CCAT, localidad Tenguel, provincia del Guayas, los cuales mostraron un potencial productivo en evaluaciones realizadas durante los años 2002 y 2003 (Díaz *et al.*, 2011). Fueron clonados diez genotipos de cacao tipo Nacional, siendo los siguientes: L11-H19, L18-H58, L21-H38, L21-H43, L26-H64, L29-H04, L46-H57, L46-H75, L46-H88 y L49-H98. Además, se establecieron los clones comerciales EET-103 y CCN-51 como testigos.

Las parcelas fueron construidas con 10 plantas por material genético, distribuidas en dos hileras, a una distancia de 3,0 m x 3,0 m, conformándose un total de 48 parcelas, con una densidad poblacional de 1 111 plantas por hectárea. Se establecieron también bordes con el clon comercial EET-103, alrededor del experimento por ser un material que está adaptado a la zona. Durante la época inicial del cultivo, se estableció una sombra temporal de plátano (*Musa spp.*), a una distancia de 3,0 x 3,0 m, debido a que su incorporación es una práctica habitual de las plantaciones de cacao en la zona, permitiendo así obtener resultados más robustos y extrapolables a la región. La sombra fue retirada cuando los materiales en estudio alcanzaron 24 meses de edad.

Manejo del experimento

Para el mantenimiento de los lotes en estudio se realizó el control manual de maleza previa la fertilización (inicios y final de época lluviosa) y tres aplicaciones de *1,1'-Dimethyl-4,4'-bipyridinium dichloride* en dosis de 2L ha⁻¹. La fertilización se realizó con un abono completo con las siguiente composición: N, P, K, Mg, S, y B (18-6-22-3-4-[0.53]). Se aplicó durante la entrada y salida de la época de lluvias (enero y mayo), con una dosificación de 400 g por planta, en cada aplicación. También se realizaron podas sanitarias al final de la época seca. Con el objetivo de ayudar al desarrollo de las plantas, se eliminaron ramas infectadas con *Monilophthora*

perniciosa (escoba vegetativa, meristemática y de cojinetes florales); además, mensualmente se eliminaron brotes ortotrópicos. Una vez realizada la poda, se procedió a desinfectar las heridas con pasta bordelés, la misma que estuvo compuesta por cal y *oxicloruro de cobre* en relación 3:1. El riego se realizó con la ayuda de microaspersores a intervalos quincenales durante la época seca (julio–diciembre).

Variables evaluadas

A continuación se detallan las variables en estudio que fueron realizadas durante el periodo 2009-2012.

Número de mazorcas sanas: consistió en el registro de frutos sanos en estado fisiológico considerado como maduro y libre de enfermedades. Este proceso fue llevado a cabo mensualmente al momento de la cosecha.

El rendimiento de cacao seco por año (kg ha⁻¹): mensualmente se realizó el pesaje de almendras frescas de las mazorcas sanas, por planta, con la ayuda de una balanza de precisión. El total anual de almendras frescas (gramos) por clon, fue multiplicado por 0,40 (Factor de conversión para obtener el peso seco), cuyo resultado fue transformado a kilogramos y expresado en rendimiento de cacao seco en kg ha⁻¹ año⁻¹. La cosecha y remoción de frutos enfermos se realizó cada mes, sin embargo en periodos de alta producción se efectuó a los 21 días.

Análisis estadístico

Se utilizó un diseño de bloques completos al azar con arreglo factorial, siendo los factores: clones de cacao (L11-H19, L18-H58, L21-H38, L21-H43, L26-H64, L29-H04, L46-H57, L46-H75, L46-H88, L49-H98, EET-103 y CCN-51), y años de evaluación (2009, 2010, 2011 y 2012), con cuatro repeticiones. Los análisis estadísticos fueron realizados con el programa ASSISTAT 7.6 beta, desarrollado por Silva y Azevedo (2002).

Para las comparaciones entre los promedios de clones de cacao y años de evaluación, se empleó la prueba de Tukey al 5 % de probabilidad del

error. Las observaciones son descritas con el siguiente el modelo lineal:

$$y_{ijk} = \mu + \tau_i + \alpha_j + \beta_k + (\alpha\beta)_{jk} + \varepsilon_{ijk}$$

Donde: y_{ijk} = Valor de la característica en estudio debido al bloque i , clones de cacao j , y años de evaluación k ; μ = Efecto común de todas las observaciones; τ_i = Efecto del bloque i ; α_j = Efecto de los clones de cacao j ; β_k = Efecto de los años de estudio k ; $(\alpha\beta)_{jk}$ = Efecto de la interacción entre clones de cacao j y años de estudio k y ε_{ijk} = Error de observación sobre la unidad experimental ijk .

3. RESULTADOS

En lo referente a los cuadrados medios resultantes del análisis de variancia (ANOVA), se detectaron diferencias estadísticas altamente significativas ($P < 0.01$) entre los tratamientos y las variables número de mazorcas sanas y rendimiento de cacao seco (Tabla 2).

Tabla 2. Análisis de variancia de variables productivas evaluadas entre 2009-2012 en el Campus La Teodomira, UTM, 2014.

F.V.	Gl	Cuadrados medios ¹	
		MS	REND
Bloque	3	2,0	135,5
Tratamiento	47	2,4 **	93,9 **
Factor A (Clones)	11	5,5 **	128,4 **
Factor B (Años)	3	6,1 **	471,4 **
Int. A x B	33	1,0 **	48,1 **
Error	141	0,5	23,9

¹ MS: número de mazorcas sanas y, REND: rendimiento estimado de cacao seco en kg. Datos transformados con la utilización de la raíz cuadrada. (*) Significativo al nivel de 5% de probabilidad $P < 0.05$, (**) Significativo al nivel de 1% de probabilidad $P < 0.01$.

En las variables número de mazorcas sanas y rendimiento de cacao seco ($\text{kg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$) se registraron diferencias estadísticas altamente significativas ($p < 0,01$) para los factores A (clones) y B (años) y para la interacción entre los factores Ax B (Tabla 2). Los clones L29-H04, L26-H64, L46-H57 y L49-H98 presentaron los mejores promedios con 24, 21, 21 y 20 mazorcas sanas por planta, respectivamente. Mientras que los clones L21-H43 y L21-H38 registraron menores valores con promedio de 10 mazorcas (Tabla 3).

Tabla 3. Valores promedios de las variables número de mazorcas sanas y rendimiento (kg ha^{-1}) evaluadas entre 2009-2012, Santa Ana. UTM, 2014.

Factores	Número de mazorcas sanas	Rendimiento de cacao seco (kg ha^{-1})
Clones	$P < 0.01$	$P < 0.01$
L11-H19	18,6 ab	1117,2 a
L18-H58	12,1 bc	654,1 cd
L21-H38	10,5 c	933,4 abc
L21-H43	9,5 c	721,2 cd
L26-H64	21,2 a	1043,3 ab
L29-H04	24,0 a	613,6 d
L46-H57	20,9 a	796,1 abcd
L46-H75	16,9 ab	706,9 bcd
L46-H88	17,7 ab	705,1 bcd
L49-H98	19,6 a	717,0 bcd
EET-103	20,5 a	642,2 cd
CCN-51	19,8 a	914,7 abcd
Años	$P < 0.01$	$P < 0.01$
2009	18,7 ab	832,1 a
2010	13,9 c	560,8 b
2011	16,7 b	932,5 a
2012	21,0 a	862,8 a
CV%	17,9	17,8

Promedios con letras distintas presentan diferencias estadísticas según el teste de Tukey al 95% de probabilidad.

Los valores promedio de frutos sanos por planta para todos los materiales en estudio presentaron un comportamiento inferior durante el año 2010, comparado con los demás años de evaluación. En los años 2011 y 2012 se presentó una estabilidad esperada con un promedio de 20 mazorcas sanas por planta, en todo el ensayo (Tabla 3). Este comportamiento puede atribuirse a la escasa precipitación (338 mm) durante el año 2009, que causó condiciones desfavorables para el óptimo desarrollo del cultivo (Tabla 1), provocando una limitación en los procesos de floración y fructificación durante el inicio del ciclo productivo del siguiente año (Figura 1).

En rendimiento de cacao seco se registraron diferencias estadísticas altamente significativas ($P < 0.01$) para todos los factores estudiados. La interacción significativa muestra dependencia de cada uno de los factores (clones y años) (Tabla 2).

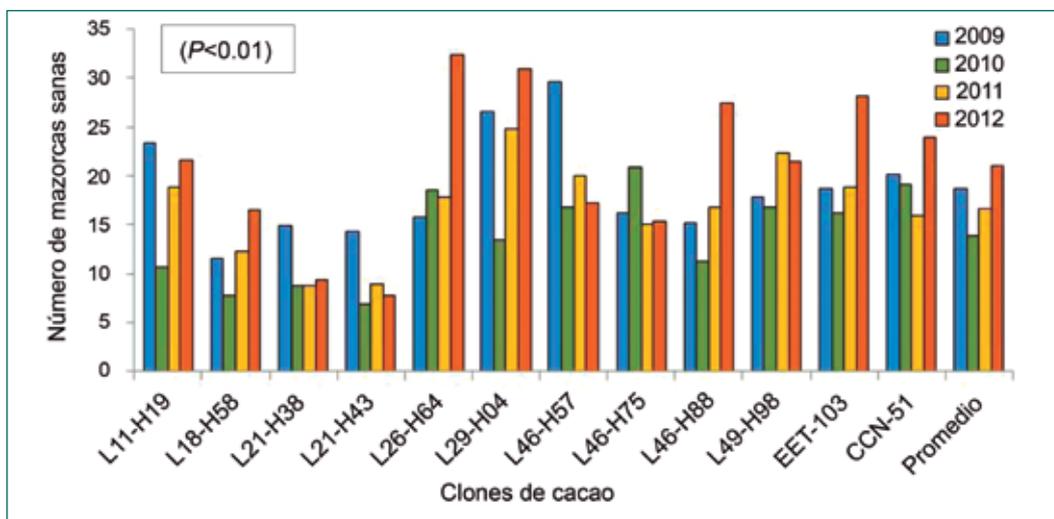


Figura 1: Número de mazorcas sanas por planta en 12 clones de cacao en la zona Santa Ana. UTM, 2014.

Los clones experimentales L11-H19 y L26-H64 alcanzaron los mayores rendimientos de cacao seco con 1 117,2 y 1 043,3 kg ha⁻¹ año⁻¹, respectivamente, mientras que el menor rendimiento fue encontrado con el clon experimental L29-H04 con 613,6 kg ha⁻¹ año⁻¹ (Tabla 3). El comportamiento diferencial significativo de los clones en los rendimientos de cacao se manifestó en el incremento de producción del L11-H19 desde el inicio de la evaluación, mientras que en los demás clones, su tendencia fue a decrecer en el año 2010 (Tabla 3). Se observó que la mayoría de los clones alcanzó el mayor pico de producción durante el año 2011 (Figura 2).

4. DISCUSIÓN

Los valores registrados en el número de mazorcas sanas en este estudio difieren con los encontrados por González y Vega (1992) que, evaluando clones experimentales, obtuvieron los mayores rendimientos con valores de 10 a 14 frutos por planta. Sin embargo, Carvalho *et al.* (2001), con el híbrido SCA6 x ICS1 encontraron el mejor comportamiento con 49 mazorcas sanas por planta. Estos resultados sugieren que la producción de frutos en un árbol de cacao está influenciada directamente por las características del material genético utilizado y de todo el proceso de manejo de la plantación.

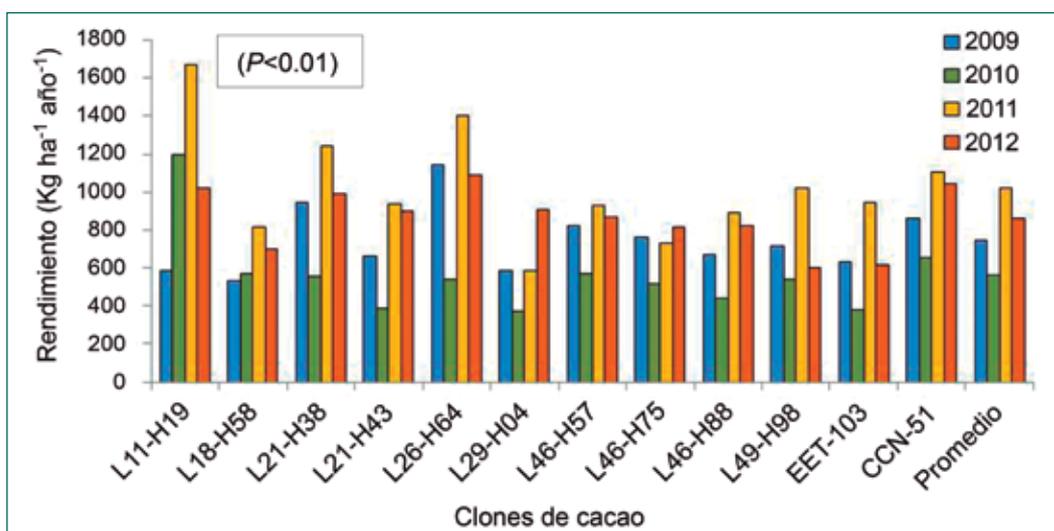


Figura 2: Rendimiento de cacao seco (kg ha⁻¹ año⁻¹) en 12 clones de cacao en la zona Santa Ana. UTM, 2014.

Se observó una amplia variación en el rendimiento de cacao seco (kg) para los clones experimentales, mostrando gran variabilidad genética que podría ser aprovechada en programas de mejoramiento y conservación. Los resultados por años de evaluación muestran que las condiciones ambientales difieren de año a año. Además, debe considerarse que un deficiente manejo agronómico puede producir pérdidas en ciclos futuros de producción.

Otros estudios encaminados a la búsqueda de materiales promisorios han reportado rendimientos superiores a una tonelada, así, Sánchez-Mora *et al.* (2012) encontraron que el clon experimental LR-16 presentó 1 126,80 kg.ha⁻¹.año⁻¹, mientras que Pérez (2009) obtuvo en sus registros de 1 441,00 kg.ha⁻¹ año⁻¹ con el clon CATIE R-92. Por su parte Irizarry y Goenaga (2000), de una evaluación de 40 clones de cacao, encontraron nueve materiales con potencial de rendimiento altamente significativo, con valores

promedios superiores a dos mil kilogramos de almendras secas, donde el mayor valor de rendimiento fue para el clon parental SCA-6 x EET-62 con 2 400 kg.ha⁻¹ año⁻¹. Estos comportamientos característicos de materiales considerados productivos muestran que es posible encontrar genotipos de cacao con características deseadas por la alta variabilidad existente de la especie y la gran cantidad de materiales adaptados.

5. CONCLUSIONES

Mediante evaluaciones en campo fueron identificados los clones L11-H19 y L26-H64 que presentaron un rendimiento de cacao seco superior a 1 000 kg ha⁻¹ año⁻¹; mientras que, los clones L18-H58, L21-H43, L29-H04, L46-H57 y L49-H98, presentaron los mejores rendimientos de mazorcas sanas. Estos materiales comienzan a marcar una tendencia para nuevos procesos de mejoramiento genético y/o establecimiento de nuevas plantaciones.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Argout, X.; Fouet, O.; Wincker, P.; Gramacho, K.; Legavre, T.; Sabau, X.; Risterucci, A.M.; Da Silva, C.; Cascardo, J.; Allegre, M.; Kuhn, D.; Verica, J.; Courtois, B.; Loor, G.; et al. 2008. Towards the understanding of the cocoa transcriptome: Production and analysis of an exhaustive dataset of ESTs of *Theobroma cacao* L. generated from various tissues and under various conditions. *BMC Genomics*, 9: p. 512.
- Camargo-Obando, J.M. 2002. Estudio del mercado mundial del cacao. (Estudio para Chemonics International Inc, Washington D.C.) 92 p.
- Carvalho C.G.P.; Almeida, C.M.V.C.; Cruz, C.D.; Machado, P.F.R. 2001. Avaliação e seleção de híbridos de cacau em Rondônia. *Pesquisa agropecuária brasileira*, 36: 1043-1051.
- Debouck, D.; Ebert, A.; Peralta, E.; Barandiarán, M.; Ramírez, M. 2008. La importancia de la utilización de la diversidad genética vegetal en los programas de investigación agrícola en América Latina. *Informe Especial Recursos Filogenéticos*. p. 46-53. (Recursos Naturales y Ambiente/no. 53).
- Díaz, C.G.; Medina, J.S.; Ramos, R.R.; Sánchez-Mora, F.; Vera, CH.J.; Troya, M.F. 2011. Proyecto: Desarrollo de un clon de cacao altamente productivo tolerante a las enfermedades y de excelente calidad. 47 p. (Universidad Técnica Estatal de Quevedo - Informe 2006-2010).
- González, L.C.; Vega, E.V. 1992. Evaluación de la reacción a moniliasis en clones e híbridos de cacao en Rio Frio, Costa Rica. *Agronomía Costarricense*, 16(1): 13-22.
- Irizarry, H.; Goenaga, R. 2000. Clonal selection in cacao based on early yield performance of grafted trees. *Journal of Agriculture of the University of Puerto Rico*, 84(3-4): 153-163.
- Loor, G.; Fouet, O.; Lemainque, A.; Pavék, S.; Boccara, M.; Argout, X.; Amores, F.; Courtois, B.; Risterucci, A.M.; Lanaud, C. 2012. Insight into the Wild Origin, Migration and Domestication History of the Fine Flavour Nacional *Theobroma cacao* L. Variety from Ecuador. *PLoS ONE* 7(11): e48438. doi:10.1371/journal.pone.0048438
- Pérez, J. 2009. Evaluación y caracterización de selecciones clonales de cacao (*Theobroma cacao* L.) del programa de mejoramiento del CATIE. 149 p. Tesis (Magister Scientiae en Agricultura Ecológica) - CATIE.
- Quiroz, J.; Amores F. 2002. Rehabilitación de plantaciones tradicionales de cacao en Ecuador. *Manejo Integrado de Plagas* 63: 73-80.
- Sánchez-Mora, F.; Vera, J.F.; Ramos, R.A.; Kamphorst, S.H. 2012. Avaliação do desempenho agronômico e sanitário de clones de cacau (*Theobroma cacao* L.) na zona de Quevedo, Equador. Em: *Anais do II Congresso Brasileiro de Recursos Genéticos*, Belém do Pará, Brasil. 2012. Trabalho 456. CD.
- Silva, F. de A.S.; Azevedo, C.A.V. 2002. Versão do programa computacional Assistat para o sistema operacional Windows. *Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais*, 4(1): 71-78.