

Recibido: Marzo 12 de 1998

Aceptado: Junio 29 de 1998

Inducción de material vegetativo para la propagación asexual del cacao (*Theobroma cacao L.*)

Orlando López Baez*&

María Teresa Ortíz Ochoa**

Isidro de León Pineda*

Héctor López de la Cruz*

ABSTRACT

One of the drawbacks when trying to take advantage of genetic improvement of cocoa, is the lack of knowledge about the methods of massive cloning of selected plants, which are efficient from the economic point of view as well as the agronomic one. The cloning of this species is carried out by grafting buds and by rooting branches. In both techniques, the scarcity of vegetative material of branches and sprouts, is a serious problem. Thus, in this work the efficiency of arching orthotropous shoots in the induction of sprouts in amounts larger than the ones found naturally, was evaluated.

As a consequence of the arching, an induction of sprouts was noticed three weeks after the beginning of it. This reaction was common to the three genotypes studied. Forty-three weeks after the observation, the number of shoots induced in plants with arched sprouts was larger than in the witness plants. The first harvest of shoots was carried out three months after arching the buds; later on, harvests were made every two months. The average yield of harvested buds per tree turned out larger in the plants with arched sprouts than that obtained from the witness plants. The number was 2.7, 3.9 and 11 times larger in the three genotypes studied. The buds as well as the induced branches showed a good aptitude for propagation by grafting or by rooting.

& Autor para correspondencia.

* Facultad de Ciencias Agrícolas de la Universidad Autónoma de Chiapas. Campus IV.
Carretera Costera Estación Huehuetán, Chiapas.

** Secretaria de Agricultura y Ganadería, Gobierno del Estado de Chiapas. Delegación 06. Tapachula, Chis.

These results show that the arching of orthotropous sprouts is an efficient treatment in order to induce cocoa shoots in amounts larger than those produced naturally. Thus the arching of sprouts allows to induce, in a meaningful and continuous manner, the production of buds for asexual propagation through the grafting of buds.

Key words: *Theobroma cacao* L., induction, shoots, arching, vegetative propagation.

RESUMEN

Una de las limitantes para aprovechar los beneficios del mejoramiento genético del cacao, es la falta de conocimientos sobre los métodos de clonación masivo de plantas seleccionadas, eficientes tanto desde el punto de vista económico como agronómico. La clonación de esta especie se practica mediante el injertado de yemas y el enraizado de ramas. En ambas técnicas, la escasez de material vegetativo constituido por ramas o rebrotes constituye una seria limitante. Así, en esta investigación se evaluó la eficiencia del arqueado de renuevos ortótropos en la inducción de rebrotes en cantidades superiores a las que se obtienen naturalmente.

Como efecto del arqueado se observó una inducción de rebrotes a tres semanas de iniciado éste. Esta respuesta fue común en tres genotipos estudiados. Después de 43 semanas de observaciones, el número de renuevos inducidos en plantas con rebrotes arqueados resultó superior a las plantas testigo. La primera cosecha de renuevos se realizó a tres meses de arquear los chupones, posteriormente, se realizaron cosechas a intervalos de dos meses. El rendimiento medio de yemas cosechadas por árbol resultó superior, en las plantas con rebrotes arqueados, al obtenido de las plantas testigo. Esta superioridad fue de 2,7, 3,9

y 11 veces en los tres genotipos estudiados. Tanto las yemas como las ramas inducidas presentan buena aptitud a la propagación por injertado o por enraizado de estacas.

Estos resultados indican que el arqueado de rebrotes ortótropos es un tratamiento eficiente para inducir renuevos en cantidades superiores a los que aparecen de manera natural en cacao. De esta forma, el arqueado de rebrotes constituye una herramienta de manejo de la planta de cacao que permite inducir de manera significativa y continua, la producción de yemas para la propagación asexual mediante el injertado de yemas.

Palabras clave: *Theobroma cacao* L., inducción, renuevos, arqueado, propagación vegetativa.

INTRODUCCIÓN

El cacao es una especie, perenne, alogama, con un ciclo de selección que dura en promedio 15 años. Los granos de esta planta constituyen la materia prima para la elaboración de chocolate. En México, son cultivadas 90,000 ha, distribuidas 60,000 en Tabasco y 30,000 en Chiapas; en ambos estados el cacao constituye una de las actividades agropecuarias más importantes por su aporte a la economía. De acuerdo a estimaciones del INIFAP (López 1995); los problemas que afectan el cultivo del cacao son: el cultivo de variedades no seleccionadas de bajo potencial productivo y de baja calidad de grano; la edad avanzada de las plantaciones ya que más del 80% tienen más de 50 años; la enfermedad «pudrición negra» causada por el hongo *Phytophthora palmivora*; el deficiente manejo del agrosistema y la fluctuación de los precios. Todos estos factores inciden, de manera que actualmente se considera que la productividad y la rentabilidad de este cultivo es baja. Como resultado de la investigación desa-

rollada en el mejoramiento genético de esta especie, a la fecha se dispone de híbridos interclonales con altos rendimientos y con resistencia a la mancha negra (López, et al, 1995). Cabe señalar que entre los híbridos mejorados, que el campo experimental Rosario Izapa ha desarrollado, se encuentran: el POUND7 x EET48, POUND7 x RIM23, POUND7 x RIM75, POUND7 x RIM2 y EET59 x CC266, con rendimientos superiores a una tonelada de cacao seco por hectárea (López *et al*, 1995). Sin embargo, una de las mayores limitantes para el aprovechamiento de estos genotipos mejorados es la falta de métodos de clonación masiva y la baja disponibilidad de material vegetativo para su propagación; lo anterior ha limitado la difusión de clones e híbridos a los productores, (López 1995). Una planta adulta produce alrededor de 200 ramas por año útiles para la propagación; cantidad que resulta insuficiente si se desean obtener cantidades superiores de plantas en corto tiempo (López 1995).

Tomando en cuenta lo anterior, en el presente trabajo se planteó como objetivo desarrollar una técnica de inducción de brotes que permita aumentar la cantidad de material para la propagación vegetativa del cacao y evaluar la aptitud de las yemas tomadas de los rebrotes inducidos, a la propagación por injertado y enraizado de ramas.

El mejoramiento genético del cacao presenta dos fases; inicialmente se practica la hibridación entre clones progenitores lo que permite generar poblaciones segregantes a partir de las cuales se identifican y seleccionan los arboles elite; la segunda fase consiste en el clonación de estos arboles elite para ser evaluados en ensayos clonales, esta última etapa es llamada selección vegetativa (Boussard 1984; Enríquez 1983; 1985; León 1987; Kennedy *et al*. 1987; López 1993). La selección vegetativa ha dado origen a una cantidad considerable de clones sobresa-

lientes en rendimiento y resistencia a enfermedades en diversos países de América y de África (Enríquez 1983; 1985). Para la propagación de los clones seleccionados se aplican dos técnicas: el enraizado de ramas y el injertado de yemas. La propagación por enraizamiento de ramas consiste en cortar una rama de un árbol seleccionado y someterla a un tratamiento especial para que enraíce generando de esta forma una nueva planta. La propagación por injertado consiste en colocar un parche que contiene una yema sobre el tallo de una planta llamada patrón o portainjerto (López *et al*. 1998).

Una seria limitante para la propagación vegetativa, estriba en la baja disponibilidad del material básico, esto es debido a que una planta adulta produce alrededor de 200 ramas por año. Este inconveniente ha conducido a la búsqueda de una alternativa mediante la inducción de brotes de manera artificial. Así por ejemplo, según los resultados de Bertrand y Agbodjan (1989), Glicenstein *et al*. (1990), Bertrand y Dupois (1992) y Adenikinju (1993) es posible inducir la emisión de chupones o rebrotes ortótropos mediante el agobio de los chupones que aparecen naturalmente en el tallo de la planta.

De lo expuesto anteriormente, se deduce que a pesar de existir material mejorado de alto rendimiento y resistencia a las enfermedades, la difusión de éste se ve limitada por la falta de métodos de propagación vegetativa, eficientes y económicos, así como la falta de material vegetativo básico. De esta forma, para aprovechar los beneficios del mejoramiento genético y poder transferir las variedades mejoradas a los productores, el perfeccionamiento de la propagación asexual del cacao constituye una de las líneas prioritarias de investigación a nivel mundial.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización y duración del experimento: Este estudio se desarrolló en el Campo Experimental Rosario Izapa, ubicado en el municipio de Tuxtla Chico, Chiapas. El estudio se desarrolló de mayo de 1995 a agosto de 1997.

Material vegetal

Para este estudio se utilizaron tres familias de híbridos: POUND7 x EET48, POUND7 x RIM75 y EET59 x CC266, las cuales fueron seleccionadas tomando en cuenta su alto rendimiento superior a una tonelada por hectárea de cacao seco y la resistencia a la pudrición negra del fruto causada por *Phytophthora spp* (López, et al, 1995). Además, estos materiales están siendo ya difundidos a los productores cacaoteros de la región para su cultivo.

Tratamientos y diseño experimental

Se evaluaron dos tratamientos: el arqueado de rebrotes o «chupones» y el testigo. El tratamiento arqueado consistió en el doblado de los chupones ortótropos en forma de «agobio», para lo cual se escogieron aquellos cuya longitud fuera de 20 a 30 cm. El renuevo arqueado fue sostenido con un tirante de plástico atado a una estaca clavada al suelo. Para la aplicación de este tratamiento, se seleccionaron tres chupones por árbol, considerándose aquellos del tronco principal y que estaban ubicados hasta una altura máxima de un metro a partir del suelo. El tratamiento testigo consistió en la cuantificación de la cantidad de rebrotes que aparecieron de manera natural; es decir, sin ningún manejo de la planta para la inducción de estos. En cada tratamiento se escogieron al azar 15 plantas por familia de híbridos; los tratamientos fueron distribuidos de acuerdo a un diseño completamente al azar tomando cada planta como unidad experimental. A partir de la aplicación de los tratamientos, semanalmente

se registró el número de rebrotes presentes sobre cada chupón arqueado, así como en las plantas testigo. Periódicamente se cosecharon los renuevos inducidos cuya longitud fue igual o superior a 30 cm, en plantas de ambos tratamientos. En cada chupón cosechado se cuantificó el número de yemas.

La evaluación de la aptitud del material inducido a la propagación vegetativa se realizó mediante las técnicas de microinjertado en plantula y el enraizado de ramas. Para el injertado se realizaron 25 injertos por planta; la cuantificación del prendimiento se realizó 45 días después. Para el enraizado de estacas, se tomaron 50 ramas por genotipo, de aproximadamente 25 cm de longitud, conteniendo entre 4 y 6 hojas, que fueron sembradas en propagadores, como sustrato de enraizado se utilizó el cascabillo de café; la humedad relativa fue mantenida al 90% y una temperatura de 27-28°C. La evaluación de la aptitud al enraizado fue realizada 45 días después de la siembra. En ambos casos, como testigo de comparación se aplicaron las mismas técnicas a material vegetativo de origen natural, es decir no inducidas, tomadas de las mismas plantas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Inducción y frecuencia de aparición de renuevos.

Como respuesta al arqueado se observó que la inducción de rebrotes se inició a la tercera semana de haber aplicado éste. Este efecto se observó en yemas axilares, las cuales iniciaron su desarrollo hasta formar nuevos ejes. La respuesta en inducción resultó similar en los tres genotipos evaluados. En las plantas testigo, la respuesta fue similar, excepto en el genotipo EET59 x CC266, en el que los primeros renuevos se observaron a partir de la cuarta semana. A pesar de que la respuesta en cuanto al período de

inducción resultó similar en ambos tratamientos la cantidad de renuevos inducidos por efecto del arqueado fue superior al testigo en los tres genotipos estudiados.

El efecto inductor fue más notorio en los genotipos POUND7 x RIM75 y EET59 x CC266; en el caso de POUND7 x EET48 el testigo mostró una cantidad mayor de renuevos, aunque sin superar a las plantas con renuevos arqueados. Esto se debe a que este híbrido presenta un fuerte vigor de crecimiento, y una mayor cantidad de renuevos naturalmente.

Rendimiento de renuevos y de yemas

La primera cosecha de renuevos se realizó tres meses después de haber practicado el arqueado de los chupones. Posteriormente se realizaron cosechas a intervalos de dos meses aproximadamente. En la tabla 1 se presenta el rendimiento medio de renuevos cosechados por árbol según el genotipo para cada tratamiento en estudio. En él se observa que en los tres genotipos, el arqueado supera notablemente en rendimiento de renuevos y de yemas al tratamiento testigo. Esta diferencia es mayor en POUND7 x RIM75 en las que el arqueado superó 25

veces al rendimiento del testigo, en EET59 x CC266 esta superioridad fue 16 veces mayor, mientras que en POUND7 x EET48 el arqueado resultó solamente tres veces superior. El análisis de varianza practicado confirmó estas diferencias; las cuales resultaron significativas a los niveles de 5% y 1%.

Es importante destacar, que a partir de la primera cosecha de renuevos, la producción de rebrotes ha sido hasta la fecha, continua, lo cual ha permitido establecer un sistema de material vegetativo en forma permanente, diferente de la formación natural de estos, la cual es estacional. En cuanto al rendimiento de yemas de los renuevos cosechados, se observa una producción superior de las plantas con rebrotes arqueados en relación a las plantas testigo. Este efecto resultó 7.6 veces superior en EET59 x CC266, 3.5 en POUND7 x EET48 y 3.9 en POUND7 x RIM75. Estas diferencias resultaron estadísticamente significativas de acuerdo al análisis de varianza practicado.

Aptitud de ramas y de yemas inducidas a la propagación

En la Figura 1 se presentan los resultados

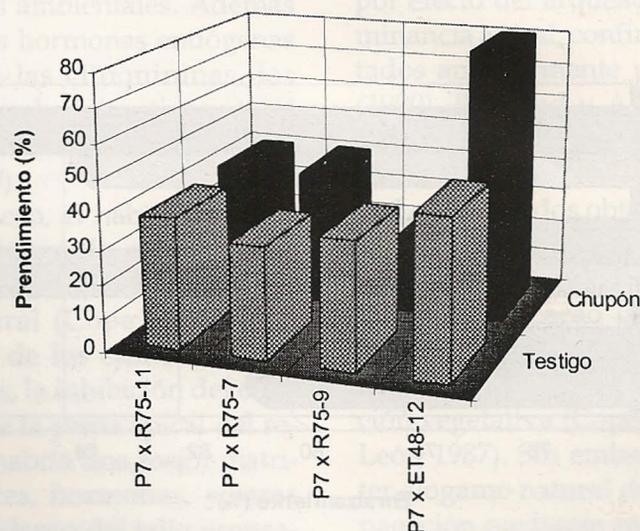


Figura 1. Aptitud al injertado de yemas inducidas.

obtenidos después de practicar el injertado de yemas tomadas de renuevos inducidos. El prendimiento de yemas obtenidas de rebrotes inducidos varió del 18.8 % al 80 % según el genotipo; en yemas tomadas de ramas, consideradas testigo, el prendimiento cuantificado osciló de 33.3 % a 47 %.

En lo que respecta a la aptitud al enraizamiento, los resultados son presentados en la figura 2, en la cual se observa que el comportamiento de las estacas de rebrotes inducidos es muy similar al de estacas testigo, es decir de ramas, el prendimiento cuantificado osciló de 79.2 al 85.4% en estacas de chupones y en las estacas de ramas este varió de 80.8 a 86%, según el genotipo. Estos resultados son indicadores, de que la aptitud tanto de yemas como estacas de chupones inducidos es similar a la de ramas que aparecen de manera natural en la planta de cacao. Las proporciones de estacas enraizadas y de «yemas prendidas» cuantificadas en este experimento, son concordantes con las cantidades que han sido reportadas anteriormente para el cacao (Ramadasan y Ahmad 1984; Enríquez 1985; León 1987; Flores y Vera 1995).

Las variaciones observadas en prendimiento, probablemente sean originadas por la interacción entre el genotipo del patrón y el del injerto, o bien por el estado fisiológico de la estaca, que de acuerdo con Flores y Vera (1995) son factores determinantes de la eficiencia en el injertado de cacao.

El crecimiento primario de tallos y ramas fue inicialmente longitudinal y los nuevos tejidos se agregan a las puntas de los retoños. La estructura básica de las plantas vasculares es la de un eje con meristemos apicales, que terminan formando ápices o retoños. Este principio de crecimiento primario es, de acuerdo con Jankiewicz (1989), similar en todas las plantas vasculares. De esta forma, el ápice o punta del tallo está constituido de una gran yema foliar-terminal, y a intervalos regulares, a lo largo del tallo, pueden observarse otras yemas laterales. Estas yemas laterales, eventualmente, pueden desarrollar nuevos sitios de crecimiento. De acuerdo con este patrón de crecimiento, la punta del tallo o retoño, inhibe tanto el brote de yemas laterales por debajo del ápice, como el crecimiento subsecuente de ramas laterales. Este fenómeno-

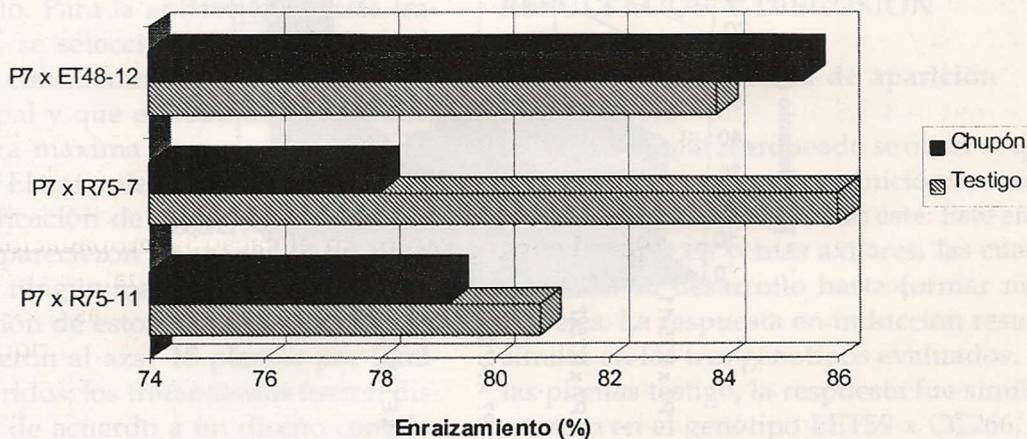


Figura 2. Aptitud al enraizado de renuevos inducidos

Tabla 1. Rendimiento de renuevos y de yemas por chupón por árbol

Renuevos

Genotipo	Arqueado	Testigo	Diferencia
POUND 7 x RIM 75	10.0	0.4	25 **
EET 59 x CC 266	9.6	0.6	16**
POUND 7 x EET 48	10.9	3.6	3*

Yemas

Genotipo	Arqueado	Testigo	Diferencia
POUND 7 x RIM 75	153.8	39.7	3.9 *
EET 59 x CC 266	188.8	24.9	7.6 **
POUND 7 x EET 48	57.8	57.8	3.5*

* Significativo al 5%

** Altamente significativo al 1%

no conocido como «dominancia apical» varía, en efecto, según la distancia en que se encuentra la punta del tallo, la edad de la planta, el genotipo, la fenología de la planta y los factores ambientales. Además de estos factores, las hormonas endógenas como: las auxinas, las citoquininas, las giberelinas y el ácido abscísico, tienen también una fuerte influencia en el crecimiento (Jankiewicz 1989).

En el caso del cacao, el hábito de crecimiento ortótropo observado en los renuevos o chupones, presenta una fuerte dominancia apical natural (Cope 1984; León 1987). El arqueado de los ejes ortótrofos provocaría, entonces, la inhibición del efecto de dominancia de la yema apical del renuevo, con lo cual habría una mejor distribución de nutrientes, hormonas, y otras sustancias, etc., a lo largo del tallo arqueado. Esta supresión de la dominancia apical provocaría la estimulación del crecimiento

de yemas laterales, que al desarrollarse forman una abundante cantidad de renuevos, en diversos puntos del eje arqueado. El efecto observado en la inducción de renuevos por efecto del arqueado, inhibiendo la dominancia apical, confirma los efectos reportados anteriormente por Glicenstein *et al.* (1990), Bertrand y Agbodjan (1989) y por Bertrand y Dupois (1992) para la planta de cacao.

Los resultados obtenidos en esta investigación tienen aplicación directa en el mejoramiento genético y la propagación del cacao. En el cacao la propagación puede realizarse por la vía sexual mediante semillas, o por medio de técnicas de reproducción vegetativa (Cope 1984; Enríquez 1985; León 1987). Sin embargo, debido al carácter alogamo natural de esta especie, la propagación mediante semilla no es recomendable; ya que las descendencias presentan una alta variabilidad (López 1993; López,

Cueto y Fraire 1995). Dado que una de las principales ventajas de la clonación es el permitir una producción uniforme de plantas cuyas características son idénticas a las de la planta de origen, esta es la vía recomendada para propagar genotipos mejorados de cacao. Boussard (1984), López (1993) y Kennedy *et al.* (1987) coinciden en señalar que una consecuencia directa de la baja disponibilidad de material vegetativo es un retraso en el aprovechamiento de los progresos logrados en el mejoramiento genético y selección de esta especie. Por lo que, a nivel mundial, se estima que la clonación es la próxima etapa necesaria de optimizar a fin de aprovechar eficientemente las ventajas de un material creado o seleccionado.

No existe bibliografía especializada en cacao, ni en otras condiciones ni con otros genotipos, que permita establecer una comparación entre la producción natural y el rendimiento de yemas por efecto del manejo del árbol, tal y como fue obtenido en este estudio. No obstante, bajo las condiciones en las cuales se desarrolló esta investigación, la superioridad en rendimiento de yemas de plantas con ejes arqueados con relación a la producción natural, ha sido puesta en evidencia.

Los resultados obtenidos en este estudio, indican que el arqueado de rebrotes ortótropos es un tratamiento eficiente que permite inducir renuevos en cantidades superiores a los que aparecen de manera natural en cacao. Esta herramienta agronómica de manejo de la planta, permitiría inducir de manera significativa y continua, yemas aptas a la propagación asexual del cacao mediante el injertado de yemas. La inducción de material vegetativo básico mediante el arqueado constituiría entonces, una importante contribución al perfeccionamiento de la propagación clonal del cacao; ya que el poder inducir una cantidad superior y significativa de yemas y/o renuevos mediante el arqueado de ejes ortótropos, permitirá una mayor cantidad y un

aceleramiento en la producción de plantas de genotipos mejorados para distribución a los productores para su plantado.

De acuerdo a los resultados de este estudio, el arqueado de ejes ortótropos podría tener aplicación inmediata en jardines clonales destinados a la producción de material vegetativo y así, aumentar la cantidad y disponibilidad de yemas aptas a la propagación. Así por ejemplo, si para plantar una hectárea de cacao se requieren aproximadamente 1500 plantas, mediante el arqueado de unos cuantos rebrotes por clon, es posible obtener cantidades suficientes de yemas para el injertado, lo cual permitiría la producción continua y de manera programada de las plantas necesarias.

BIBLIOGRAFÍA

- ADENIKINJU, S. A. 1993. Observations on chupons as a tool for cacao rehabilitation. In: Int. Cocoa Research Conference, 11th., Yamoussoukro, Côte D'Ivoire. Summaries: 152 FRA.
- BERTRAND, B. y Agbodjan, A. K. 1989. Le bouturage orthotrope du cacaoyer. Premiers résultats et perspectives. *Café Cacao Thé* 33(3): 147-155.
- BERTRAND, B. y Dupois, V. 1992. Contribution à la mise au point du clonage du cacaoyer (*Theobroma cacao* L.) par l'utilisation d'axes orthotropes, contraintes et perspectives. *Café Cacao Thé* 36(1): 9-26.
- BOUSSARD, B. 1984. Amélioration génétique du cacaoyer. *Café Cacao Thé* 28: 291-293.
- COPE F. W. 1984. Cacao *Theobroma cacao* L. (Sterculiaceae). In: Simmons N.W. (ed). Evolution of crop plants. Longman, London. pp: 285-289.
- ENRIQUEZ, G. A. 1985. Curso sobre el cultivo del cacao. Turrialba, Costa Rica, CATIE. Serie materiales de enseñanza No. 22. 239p.
- FLORES, F. y Vera, B. J. 1995. Influencia de la fenología sobre el enraizamiento de ramillas y prendimiento de injertos en clones de cacao. *El Cacaotero Colombiano*: 14(40): 26-34.
- GLICENSTEIN, L. J., Flynn, W. P. y Frytz, P. J. 1990.

Clonal propagation of cacao. Cocoa Grower's Bulletin 43: 7-10.

JANKIEWICZ, L. S. 1989. **Desarrollo vegetal: sustancias reguladoras.** Universidad Autónoma de Chapingo. Colección Cuadernos Universitarios, Serie Agronomía No. 16. 121p.

KENNEDY, A. J., Lockwood, G., Mossu, G., Simmons, N. W. y Tang, G. Y. 1987. **Cocoa breeding: past, present and future.** Cocoa Grower's Bulletin 38: 5-22.

LEÓN, J. 1987. **Botánica de los cultivos tropicales.** IICA, San José, Costa Rica. pp: 337-343.

LÓPEZ, B. O. 1993. **The breeding of cocoa *Theobroma cacao* L.** In: International Cocoa Research Workshop, Notre-Dame D'Océ, France, 28-30 april, FRANCERECO-NESTLE. Abstracts: 2p.

LÓPEZ, B. O. 1995. **Necesidades de investigación para el mejoramiento de la cacaocultura en México.** SAGAR, INIFAP, Campo Experimental Rosario Izapa. Rosario Izapa, Chiapas. 22p.

LÓPEZ, B. O., Cueto, M. J. y Fraire, V. G. 1995. **Progress in cocoa *Theobroma cacao* L. breeding in México.** In: International Workshop on cocoa Breeding Strategies, 18-19 oct. 1994, Kuala Lumpur, Malaysia. Proceedings: 18-25.

LÓPEZ, B. O., Esponda, G. M., Ortiz, Ma. T., Fraire, V. G., De León, P. I., López de la C. H. 1998. **El microinjerto en plántula: nueva alternativa para la propagación del cacao.** INIFAP, Fundación Produce Chiapas, Tuxtla Gutierrez, Chiapas. Folleto técnico No. 7, División Agrícola. 30 p.

RAMADASAN, K. y Ahmad, M. Y. 1984. **Recent advances in vegetative propagation techniques of *Theobroma cacao* L. under Malaysian conditions.** In: Pushparajah E. and Soon Ch. P. (ed). Cocoa and coconuts progress an outlook. Kuala Lumpur, Malaysia. pp: 133-146.