

Ecofisiología del cacao (*Theobroma cacao*): su manejo en el sistema agroforestal. Sugerencias para su mejoramiento en Venezuela

Ecophysiology of cocoa (Theobroma cacao): its management in agro forestry system. Suggestions for improvement in Venezuela

RAMÓN E. JAIMEZ¹,
WILMER TEZARA²,
ILSA CORONEL²
y ROSA URICH²

¹ Universidad de Los Andes. Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales, Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Laboratorio Ecofisiología de Cultivos Mérida, Venezuela, E-mail: rjaimez@ula.ve

² Universidad Central de Venezuela. Facultad de Ciencias, Instituto de Biología Experimental. Caracas, Venezuela

Recibido: 17-07-08 / Aceptado: 30-10-08

Resumen

Se describen los estudios relacionados con los efectos de los factores abióticos sobre el intercambio de gases en cacao. Especialmente se hace referencia a los estudios realizados en Venezuela. En función de los resultados descritos se plantea la importancia y necesidad de establecer plantaciones agroforestales donde el cacao necesariamente esté bajo sombra parcial. Se propone un esquema de las relaciones que se establecen entre los diferentes parámetros microclimáticos y cómo afecta tanto procesos fisiológicos y de producción en un sistema agroforestal con cacao. Finalmente, se plantea la necesidad de seguir con evaluaciones ecofisiológicas de cultivares de cacao venezolanos, los cuales deben ser integrados a estudios de diversidad genética y evaluaciones morfológicas y de producción que se conducen en el país.

Palabras clave: Microclima, factores abióticos, relaciones hídricas, *Theobroma*.

Abstract

Studies related to the effect of abiotic factors on gas exchange in cocoa are described. Studies carried out in Venezuela are mentioned. According to results reported the importance of agroforestry systems is suggested where cacao plants would be growth under partial shade. The relation between some microclimatic variables and its effects on physiological and yield process are proposed. Finally it is important to continue ecophysiological studies of Venezuelan cultivars associated with genetic and morphological evaluations developed in the country

Keys words: Abiotic factors. Water relations, *Theobroma*.

1. Introducción

Theobroma cacao perteneciente a la familia Malvaceae, ha sido la única especie en el género *Theobroma* explotada por siglos comercialmente para la elaboración de chocolates y sus derivados. Hace aproximadamente 15 años, la pulpa del Copoazú (*T. grandiflorum*) también comenzó a explotarse, especialmente en el norte del Brasil para la elaboración de jugos, helados, cremas (Claret de Souza, 1999) y sus semillas también están siendo usadas para la elaboración de finos chocolates (Carvalho *et al.*, 1999). *Theobroma cacao* esta distribuido desde México hasta el Amazonas en una gran diversidad de ambientes que ha propiciado una alta cantidad de tipos o cultivares, producto de procesos de domesticación y adaptación a condiciones

climáticas muy particulares. Esto ha conllevado a que podamos tener una diversidad de cultivares con respuestas o tolerancia a variaciones y fluctuaciones de los parámetros microclimáticos (Almeida y Valle, 2007). Además el hecho de ser una planta poco tolerante a altas exposiciones solares ha conllevado a la propuesta de varios sistemas agroforestales donde las necesidades de fertilización y manejo de luz cambian. Aún es necesario entender como funcionan tales sistemas, por lo que es imperante estudiar la integración de las especies en el sistema. En este sentido este trabajo revisa los trabajos que han evaluado el comportamiento ecofisiológicos de cultivares venezolanos además de establecer las interrelaciones entre los factores abióticos y sus efectos sobre algunos variables ecofisiológicas.

2. Evaluaciones ecofisiológicas con variación de parámetros microclimáticos

Se ha planteado que el cacao proviene de Sur América (Motamayor *et al.*, 2002) y es una especie adaptada a la sombra. Al respecto se ha dicho “El cacao es un árbol tolerante a la sombra pero no es específicamente un árbol de sombra” (comunicación personal Alvim a C.A.S. Souza y L.A.S. Diaz). (Souza y Diaz, 2004). A tal respecto se ha reportado que las plantas de cacao de los dos tipos fundamentales (Criollo y Forastero) y el híbrido entre estas dos tipos (Trinitario) se saturan a densidades de flujo fotónico comprendidas entre 400 a 600 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, intensidades que constituyen entre 25 y 30 % de la radiación máxima en un día despejado (Balasimha *et al.*, 1991; Raja Harun y Hardwick 1987; Barrera, 2006; Vespa, 2008), y donde las tasas máximas de asimilación de CO_2 no sobrepasan entre 6 a 7 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$. Esto comprueba la necesidad de mantener las plantas de cacao bajo sombra parcial tanto en etapa de crecimiento como de producción. Menores tasas han sido reportadas en las variedades Guasare y Porcelana creciendo en altas radiaciones comparadas con las que crecen a bajas radiaciones (Azócar *et al.*, 1999; Gómez, 2002; Barrera, 2006). Un aspecto relevante de la poca tolerancia del cacao a altas radiaciones por parte del cacao, es el tiempo de vida promedio de las hojas que

se ha estimado que es de 450 y 250 días en plantas bajo sombra o a plena exposición solar, respectivamente (Muller *et al.*, 1993). Indudablemente que estos trabajos apoyan e indican la necesidad de cultivar el cacao bajo sombra (Almeida y Valle, 2007).

El punto crucial en sombra es la intensidad que debe haber alrededor de las plantas de cacao y esto es importante ya que afecta otros factores microclimáticos como la temperatura, la humedad relativa, evaporación y disponibilidad de agua en el suelo además de factores que influyen en la fertilidad de la plantación como velocidades de incorporación de hojarasca que sumados afectan tanto el crecimiento del cacao como su producción (Beer *et al.*, 1998). El cuadro 1 describe algunas conclusiones del comportamiento de los diferentes tipos de cacao en varias condiciones de luz, temperatura y agua en el suelo que han sido revisados por Almeida y Valle (2007). Se resalta que necesariamente las plántulas de cacao deben ser sembradas bajo sombra parcial, en la cual las plantas mantienen mayores concentraciones de clorofila que influye en mayores tasas de asimilación de CO_2 . Un aspecto importante, ya descrito para otros cultivos, es la variabilidad de respuestas que se pueden encontrar en los diferentes cultivares ante variaciones de los diferentes parámetros como lo es la temperatura y luz y disponibilidad de agua. Es de resaltar que las plantas de cacao manifiestan ajustes osmóticos

Cuadro 1. Efectos de condiciones de Luz, temperatura y agua en el suelo sobre algunos parámetros fisiológicos de cacao de diferentes edades.

Luz	Temperatura	Agua en el suelo
<p>*La capacidad fotosintética y contenido de clorofila incrementan paralelamente. La actividad de Rubisco aumenta con la cantidad de clorofila y esta última puede ser usada como indicador del desarrollo de cloroplastos (Baker <i>et al.</i>, 1975).</p> <p>*Plántulas crecen lentamente a plena exposición (Almeida y Valle, 2007).</p> <p>*Hojas sombreadas presentan mayores concentraciones de clorofila (Merkel <i>et al.</i>, 1994)</p> <p>*Aumentos de fotosíntesis con aumentos de Radiación (DFF) hasta valores de 400 a 700 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ (Balasimha <i>et al.</i>, 1991; Vespa, 2008).</p> <p>*La capacidad de las accesiones para crecer en diferentes condiciones esta relacionado a factores genéticos (Hutcheon, 1973).</p>	<p>*Existe una variabilidad genética en respuesta a temperatura (Daymon y Hadley, 2004).</p> <p>*Temperaturas entre 20 y 30 °C en el suelo son las óptimas para mayores conductancias estomáticas (Amorin y Valle, 1993).</p> <p>*Se ha obtenido óptimos de temperatura de 33 °C para incremento de peso seco de plántulas (Sena y Kozlowski, 1987).</p>	<p>*La resistencia al déficit de agua se da a través de un ajuste osmótico (Rada <i>et al.</i>, 2005).</p> <p>*Significativos incrementos de K y P se dan en procesos de deshidratación. $\Psi = 1,5 \text{ MPa}$ (Almeida <i>et al.</i>, 2002).</p> <p>*Los genotipos mantienen 90 % de agua a $\Psi = 1,0 \text{ MPa}$ y llegan gradualmente a 50 % a $\Psi = 3,5 \text{ MPa}$ (Almeida <i>et al.</i>, 2002).</p>

en la medida que el déficit de agua es mayor y un aspecto ya evaluado en cultivares venezolanos es la diferencia en las eficiencias de uso de agua que se presentan entre cultivares (Pereyra, 2007; Pereyra *et al.*, 2007). Esto demuestra la imperiosa necesidad de estudios específicos de los cultivares y su relación con la producción de mazorcas, cantidad de semillas y calidad de estas últimas.

Recientemente se han llevado a cabo en el país unas primeras evaluaciones de 53 accesiones de cacao (32 en la estación Padrón, Tapipa, estado Miranda (Pereyra, 2007) y 21 en la Estación Chama, estado Zulia). El promedio general de tasa de asimilación esta entre 4 y 4,4 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ para épocas de lluvias y en épocas de sequía disminuyeron a valores entre 2,4 y 3 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$. Tales disminuciones se deben a cierres estomáticos, los cuales fueron mayores en la estación Padrón que en la estación Chama (Cuadro 2).

Lograr una sombra que sea aproximadamente un 60 % de la luz que llega al dosel del sistema sería quizás lo más apropiado para la mayoría de los cultivares. Experiencias que han evaluado intensidades de luz y el comportamiento fisiológico de cacao criollos (Porcelana y Guasare) y lograr las mayores tasas fotosintéticas permiten recomendar esta cantidad de sombra en este tipo de cacaos (Barrera, 2006). Indudablemente que tal condición puede lograrse con la siembra de árboles que incluso pueda tener otros usos, tales como maderable (Cubillo, 1993), producción de frutos (Alvim y Nair, 1986; Paredes, 1993; Rodríguez, 1993; Jaimez y Franco, 1999) o en el caso de regiones con bosques es usar la misma sombra de los árboles que forman parte del sistema. Hay que tener presente en condiciones de campo, que la variación en la luz influye en cambios de los otros parámetros, lo que implica un manejo en una gama de variación de todos los parámetros.

Se plantea entonces, el manejo del cacao en un sistema agroforestal que pudiera estar dividido en dos o tres estratos en función de los componentes del sistema. Estos sistemas constituyen complejos de interacción y funcionamiento que han demostrado ser una alternativa social, económica y de conservación en el medio tropical y han permitido diversificar la producción (Nair, 1991). En los trópicos se encuentran diferentes combinaciones de sistemas agroforestales que varían de acuerdo a la región, posibilidades económicas y factibilidad de mercado de los componentes del sistema. En la mayoría de las nuevas combinaciones agroforestales el manejo se ha realizado tomando como ejemplo experiencias de los sistemas agroforestales tradicionales, incluyendo la fertilización aplicada. En muchos casos se desconoce si los aportes nutricionales a través de fertilizantes complementan lo faltante, o si, al contrario son sobredosis y gastos innecesarios y para el caso de experiencias con cacao las evaluaciones con diferentes tipos de fertilización ha dado resultados que varían y que pueden ser debido a tipos de suelo, aplicaciones de fertilizaciones en diferentes momentos de disponibilidad de agua entre otros (Souza y Dias, 2005). Se ha planteado que altas fertilizaciones son necesarias en cacaos sin sombra (Murray, 1966; Owusu, 1978,). En todo caso, la diversificación del sistema que incluya algunas especies que dan sombra al cacao y que tradicionalmente se les ha llamado sombra temporal caso de las musáceas, con la combinación de especies maderables o con otro tipo de árbol frutal, además del cacao, son una alternativa económica para pequeños y medianos productores.

Poco se ha evaluado el efecto de la densidad de siembra adecuada de cada especie para dar la sombra requerida para el cacao. Esto va a depender del tamaño de copa, distribución de ramas y hojas

Cuadro 2. Promedios de Asimilación de CO_2 (A), conductancia estomática (gs) y eficiencia de uso de agua (EUA) en accesiones de cacao de los bancos de germoplasma de la estación Padrón, Tapipa y Chama El Vigía en la época de Lluvia (LL) y sequía (S). (Fuente: Pereyra, 2007, modificado).

		A ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)	gs ($\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)	EUA ($\text{mmol CO}_2 \text{ mol H}_2\text{O}^{-1}$)
Tapipa 32 accesiones	LL (n = 192)	3,95 ± 0,19	73,1 ± 5,1	3,72 ± 0,28
	S (n = 192)	2,38 ± 0,16	48,0 ± 2,7	2,53 ± 0,19
Sur del Lago 21 accesiones	LL (n = 192)	4,43 ± 0,24	144,3 ± 16	3,17 ± 0,23
	S (n = 192)	2,98 ± 0,25	134,1 ± 21	2,53 ± 0,28

lo que puede dar diferentes ambientes y duraciones de haces e intensidades de luz. Por tal razón ante tal panorama de diversidad se requiere el esfuerzo de entender el sistema más que sólo un cultivo. La figura 1 es un esquema propuesto que explica las múltiples interacciones (ambiente x respuestas fisiológicas) que podemos encontrar en un sistema agroforestal que incluya el cacao. Se plantean cuatro variables (Densidad de Flujo de fotones fotosintéticos, DFFF, fertilización, temperatura foliar y agua en el suelo) con sus ejes respectivos de variación Tomando como punto central las plantas de cacao encontramos que las intensidades de luz no deben sobrepasar los $1000 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$. Mayores intensidades de luz pueden traer efectos fotoinhibitorios, menor duración de las hojas y en algunos momentos del año problemas de déficit hídricos que aunado a mayores diferencias de presión de vapor de agua entre la hoja y el aire (DPV), pueden producir menores potenciales hídricos, cierres estomáticos y en consecuencia menores tasas de asimilación de CO_2 (A). Si deseamos mayores radiaciones debemos considerar que también tendremos una mayor temperatura foliar (que es cercana a

la temperatura alrededor de ellas) y además implica una mayor fertilización, especialmente de K y como algunas investigaciones han señalado; altas dosis de N que pueden disminuir la fotoinhibición en plantas de sombra (Mohotti y Lawlor, 2002). Cultivar el cacao en ambientes muy sombreados conlleva a menores tasas de asimilación de CO_2 y también a menor producción de frutos. Con respecto a disponibilidades de agua ya existen reportes que tanto por déficit de agua o excesos las plantas de cacao ajustan osmóticamente (Rada *et al.*, 2005, Vespa, 2008). Como se aprecia es un ambiente microclimático complejo de varias variables que interactúan y que influyen además en la dinámica de poblaciones de insectos e incidencia de enfermedades.

3. Perspectivas de mejoramiento: el caso Venezolano

En el caso de Venezuela la evaluación fisiológica de los diferentes cultivares criollos han sido poco estudiado. Un primer trabajo en este aspecto, que abarco el estudio

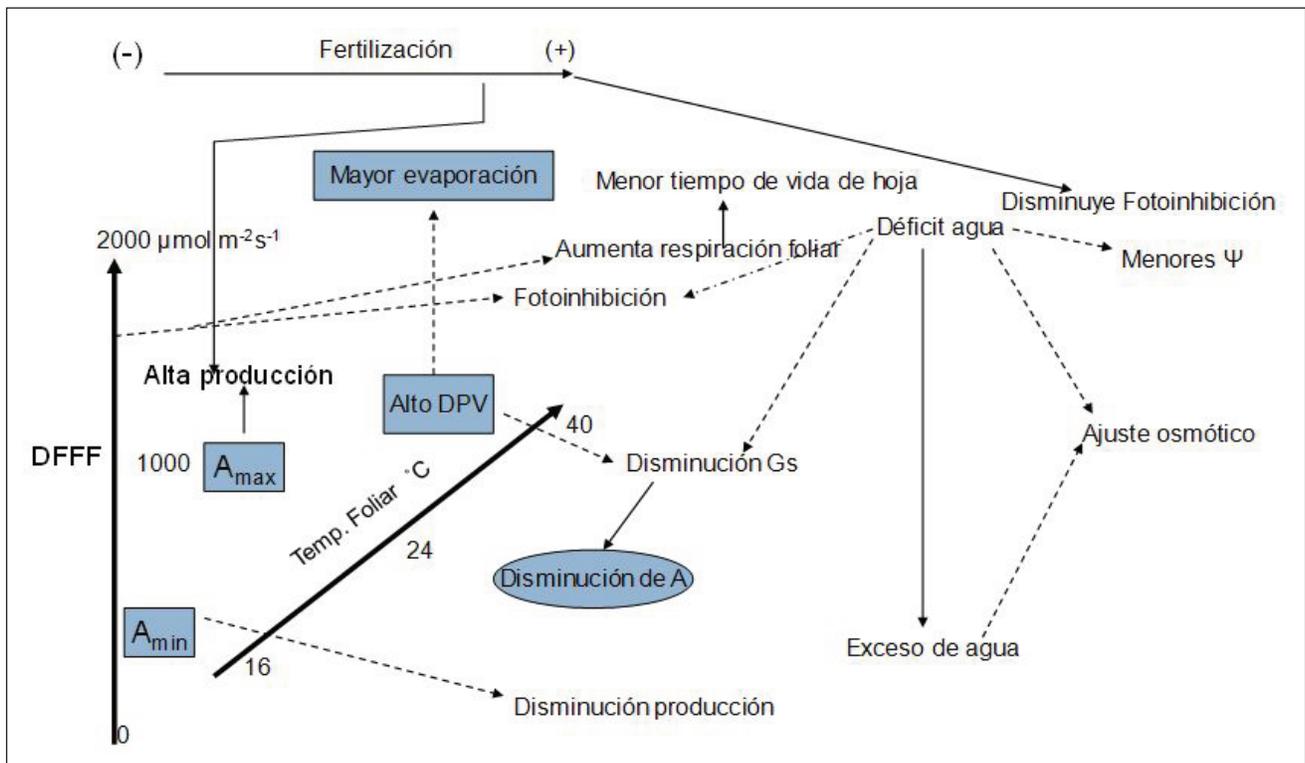


Figura 1. Esquema de las interacciones de algunas variables abióticas (Densidad de flujo de fotones fotosintéticos (DFFF), Fertilización, Disponibilidad de agua) y temperatura foliar y sus efectos sobre la asimilación de CO_2 (A) y producción de cacao en un sistema agroforestal. DPV= Diferencia de presión de vapor de agua entre la hoja y el aire.

de 32 cultivares, encontró una diferenciación notable en las características fisiológicas entre los diferentes cultivares en temporadas de disponibilidad de agua (sequía y lluvias) que indican una alta plasticidad fenotípica y/o fisiológica, los cuales nos permitirían seleccionar algunos cultivares para diferentes ambientes o para maximizar la producción (Pereyra, 2007; Pereyra *et al.*, 2007). Tal trabajo coincide por lo reportado por Barrera (2006) quien encuentra diferencias en las tasas de asimilación de CO₂ tanto en lluvias como en sequías en diferentes condiciones de luz entre los cultivares Porcelana y Guasare además de diferencias en las respuestas de cierre estomático en momentos de poca disponibilidad de agua. Por esta razón uno de las primeras trabajos a realizar es identificar aquellos cultivares como mayor potencial productivos identificados por algunos parámetros de rendimientos (plantas con mayor número de frutos o el peso seco de semilla por fruto) e identificar su relación con algunos parámetros fisiológicos como máxima fotosíntesis, tolerancia a déficit hídrico, y condiciones de luz a fin de tener una mejor caracterización de los cultivares y tener un continuo de cultivares que se adaptan a varias intensidades de luz. Es decir dependiendo del sistema agroforestal propuesto que va a dar rangos de luz variable se pueden proponer cultivares. Este mismo concepto es aplicado para la selección de cultivares tolerantes al déficit hídrico.

Los mecanismos bioquímicos y fisiológicos de resistencia de enfermedades en cacao ha sido poco estudiados (Ríos, 2004). Probablemente en cacaos forasteros tales mecanismos han sido mayormente desarrollados que en cacao criollos. Hay evidencias que algunas sustancias bioquímicas (como fenoles) son parte de mecanismos de defensa contra enfermedades antes o después de la infección. Existen recientes trabajos que las fotoalexinas son marcadores bioquímicos que se pueden usar como mecanismo de defensa (Ríos, 2004). Trabajos en relación a esto debieran comenzarse en los cacaos criollos.

Como se aprecia en lo que respecta a Venezuela y el trabajo futuro orientado a rescatar cacaos criollos es imperante aún lograr entender las diferencias en respuestas de las diferentes cultivares a varias condiciones microambientales además de relacionar esto con variables de rendimiento y así poder tener recomendaciones de uso de cultivares de cacao para las diferentes regiones del país.

4. Agradecimiento

Este trabajo forma parte del Sub Proyecto N° 5 en el Marco Proyecto Ruta del Chocolate N° 200500898 y Proyecto de grupo N° 03-00-6874-2007. CDCHT-UCV.

5. Referencias bibliográficas

- ALMEIDA, A. A. y R. VALLE. 2007. Ecophysiology of the cocoa tree. *Brazilian Journal of Plant Physiology* 19(4): 425-448.
- ALMEIDA, A. A., R. BRITO, M. AGUILAR y R. VALLE. 2002. Water relations aspect of *Theobroma cacao* clones *Agrotropica* 13: 35-44.
- ALVIM, R. y P. NAIR. 1986. Combination of cocoa with other plantation crops: an agroforestry system in southeast Bahia, Brasil. *Agroforestry System* 4: 3-15.
- AMORIN, S. y R. VALLE. 1993. Absorcao e resistencia ao movimento da agua no cacauero. *Acta Botanica Brasileira* 6: 55-64.
- AZOCAR, A., C. GARCÍA-NÚÑEZ, M. HERNÁNDEZ, R. JAIMEZ, F. RADA y M. RAMÍREZ. 1999. Estudio agro ecofisiológico de diferentes alternativas de sombra con especies frutales en cultivos de *Theobroma cacao* variedad Porcelana, en el área al sur del lago de Maracaibo. Resúmenes de las primeras jornadas técnicas del cacao, 3 y 4 de marzo de 1999, Maracay Venezuela.
- BARRERA, G. 2006. *Respuestas de la clorofila a y la fotosíntesis al déficit hídrico y diferentes condiciones de luz en dos variedades de cacao (Theobroma cacao L.)*. Trabajo especial de grado. Universidad de Los Andes. Mérida, Venezuela. 66 p.
- BALASIMHA, D., E. DANIEL y P. BHAT. 1991. Influence of environmental factor on photosynthesis in cocoa trees. *Agricultural and Forest Meteorology* 55: 15-21.
- BAKER, M., K. HARWICK y P. JONES. 1975. Biochemical and physiological aspect of leaf development in cocoa (*Theobroma cacao*) Development of chloroplast ultrastructure and carotenoids. *New Phytol* 75: 513-518.
- BEER, R., R. MUSCHLER, D. KASS y E. SOMARRIBA. 1998. Shade management in coffee and cocoa plantations *Agroforestry Systems* 38: 139-164.
- CARVALHO, J., C. MULLER, R. BENCHIMOL, A. KATO y R. ALVES. 1999. *Coposau: Cultivo e utilização*. EMBRAPA Brasil. 152 p.
- CLARET DE SOUZA A., S. LOPES DA SILVA, A. TAVARES y M. LOBATO. 1999. A cultura do Cupuacu (*Theobroma grandiflorum* (Will ex Spreng.) Schum.) EMBRAPA Circular Técnica 2. Manaus.
- CUBILLO, O. 1993. Desarrollo de un sistema sostenible cacao-plátano-maderables en la región central de Costa Rica. In:

- Seminario Regional "Sombras y cultivos asociados con cacao"* Phillips-Mora. W. (ed) Catie Turrialba. Costa Rica. 176-178 pp.
- DAYMOND, A. y P. HADLEY. 2004. The effect of temperature and light integral on early vegetative growth and chlorophyll fluorescence of four contrasting genotypes of cacao (*Theobroma cacao*). *Annual Applied Biology* 145: 257-262.
- GÓMEZ, A. 2002. *Efecto de diferentes intensidades de luz sobre el intercambio gaseoso y desarrollo del cacao criollo Guasare*. Trabajo de grado. Postgrado de Ecología Tropical, Instituto de Ciencias Ambientales y Ecológicas (ICAE), Universidad de Los Andes, Mérida, Venezuela. 88 p.
- HUTCHEON, W. 1973. Breeding for tolerance of exposure and the ability to respond to increased radiation. In: *Annual Report, Cocoa Res Inst.* Ghana. 203-204 pp.
- JAIMEZ, R. y W. FRANCO. 1999. Producción de hojarasca, aporte de nutrientes y descomposición en sistemas agroforestales de cacao con frutales. *Agrotropica* 11(1): 1-8.
- MERKEL, U., M. MULLER, P. SERRANO-MINAR y P. BIEHL. 1994. Light intensity influence on the characteristic of photosynthetic apparatus of cacao tree during leaf development. In: *Proceeding 11th international cocoa research conference Yamoussoukro, Cote D'Ivoire*.
- MOHOTTI, A. y D. LAWLOR. 2002. Diurnal variation of photosynthesis and photoinhibition in tea: effects of irradiance and nitrogen supply during grown in the field. *Journal of Experimental Botany* 53: 313-322.
- MOTAMAYOR, J., A. RISTERUCCI, P. LOPEZ, C. ORTIZ, A. MORENO y C. LANAUD. 2002. Cacao domestication I, The origin of the cacao cultivated by The Mayas. *Heredity* 89: 380-386.
- MULLER M., P. SERRANO MINAR y B. BIEHL. 1992. Photosynthetic characteristics during development of leaves of *Theobroma cacao* L. *Acta Physiologiae Plantarum* 85(3): 132-140.
- MURRAY, D. 1966. Cacao nutrition In: *Nutrition of fruit crops, tropical, subtropical temperate tree and small fruit*. Norman Franflin Children (ed). 229-251 pp.
- NAIR, P. 1991 State-of-art of agroforestry systems. *Forest Ecology and Management* 45: 5-29.
- OWUZU, J. 1978. Light requirements of cocoa: a review In: *Proceeding international conference of cocoa and coconut*. Kuala Lumpur Malaysia. 112-121 pp.
- PAREDES, A. 1993. Asociación de cacao con Palmáceas. In: *Seminario Regional "Sombras y cultivos asociados con cacao"* Phillips-Mora (ed.) Catie. Turrialba, Costa Rica. 83-90 pp.
- PEREYRA, G. 2007. *Eficiencia de uso de Agua en diferentes cultivares de germoplasma de cacao (Theobroma cacao L.) en Venezuela*. Trabajo especial de grado. Universidad Central de Venezuela. Caracas, Venezuela. 64 p.
- PEREIRA, G., V. VILLALOBOS, O. RONDÓN, I. CHACÓN, R. JAIMEZ y W. TEZARA. 2007. Intercambio gaseoso en diferentes cultivares de cacao. XVII Congreso de Botánica de Venezuela. Maracaibo mayo 21-25. Maracaibo, Venezuela.
- RADA, F., R. JAIMEZ, C. GARCIA-NUÑEZ, A. AZOCAR y M. RAMÍREZ. 2005. Water relations in *Theobroma cacao* var. Guasare under periods of water deficits. *Revista de la Facultad de Agronomía de la Universidad del Zulia* 22(2): 112-120.
- RAJA, H. y K. HARDWICK. 1987. The effect of prolonged exposure to different light intensities on the photosynthesis of cocoa leaves. Proc 10th International Cocoa Research Conference. Santo Domingo, República Dominicana.
- RIOS RUIZ, R. 2004. Breeding for disease resistance. In: *Genetic improvement of cacao*. Dias L.A.S. (ed). FAO. 260 p.
- RODRÍGUEZ, M. 1993. Especies de sombra utilizadas en Nicaragua. In: *Seminario Regional "Sombras y cultivos asociados con cacao"*. Phillips-Mora (ed.) Catie. Turrialba, Costa Rica. 187-189 pp.
- SENA GOMEZ, A. y T. KOZLOWSKI. 1987. Effects of temperature on growth and water relations of cocoa (*Theobroma cacao* var. *comun*) seedlings. *Plant and Soil* 103: 3-11.
- SOUZA, C. y L. DIAS. 2004. Environmental and socio economic improvement. In: *Genetic improvement of cacao*. Dias L.A.S. (ed). FAO. 260 p.
- VESPA, A. 2008. *Relaciones hídricas e intercambio gaseoso en Theobroma cacao en dos tipos de suelos*. Trabajo especial de grado. Universidad de Los Andes. Mérida, Venezuela. 69 p.