

Consumo de agua por la palma de aceite y efectos del riego sobre la producción de racimos, una revisión de literatura

Water consumption by the oil palm and effects of the irrigation on bunch production: A review of literature

Julián Mejía O.*

RESUMEN

Uno de los principales factores limitantes para la producción en el cultivo de la palma de aceite es el agua. Los déficits hídricos afectan el crecimiento vegetativo, la fisiología, la producción de racimos y la tasa de extracción de aceite. Experimentos desarrollados en Malasia, Nigeria, Costa de Marfil, Ecuador, entre otros, han permitido establecer los beneficios del riego para incrementar la producción y mitigar los efectos de la sequía. La respuesta al riego parece estar muy ligada a los déficits hídricos de cada región, de tal forma que en regiones como Costa de Marfil y República de Benin, donde se tienen en promedio 6 meses de sequía durante el año y una precipitación anual de 1.400 mm, se obtuvieron incrementos en producción superiores al 100% por medio del riego, mientras que en Malasia, con déficits de agua de 3 a 5 meses y precipitación de 1.800 a 3.000 mm, los incrementos fueron del 11,3%. La evapotranspiración también ha mostrado gran dependencia de la condición climática y además de la de humedad del suelo; la evapotranspiración potencial, obtenida con las reservas de humedad del suelo en su mayor disponibilidad (capacidad de campo) presentó valores de 5,5 a 6,0 mm/día en edad joven y de 7,0 a 8,0 mm/día en edad adulta, no obstante que se incrementó a valores cercanos a 10,0 durante fuertes sequías. La evapotranspiración real, obtenida en palmas sin riego, presentó valores

SUMMARY

Water deficit is one of the most important limiting factors affecting production in oil palm crops. Water stress affects vegetative growth, physiology, bunch production and oil extraction rates. Experiments conducted in Malasia, Nigeria, Ivory Coast, Ecuador and other places, have established the benefits of irrigation in increasing production and reducing the drought effects. Irrigation benefits are linked to water stress at each site. In Ivory Coast and Republic of Benin, where there are 6 drought months during the year and a total average rain of 1,400 mm, production increments due to irrigation were higher than 100%, while in Malasia, with 3 to 5 drought months and total rain of 1,800 to 3,000 mm, yield improvements were near 11.3%. Evapotranspiration had high dependence on climatic factors and thus, soil moisture. Potential evapotranspiration, obtained with the maximum water availability in the soil (field capacity) had values of 5.5 to 6.0 mm/day at young stage and 7.0 to 8.0 mm/day at mature stage, although it increased to values near 10 mm/day during strong drought. Actual evapotranspiration, measured in non-irrigated palms, had values between 2.5 to 5.0 mm/day.

*Ing. Agrícola. Investigador Auxiliar. Cenipalma, Apartado Aéreo 252171. Santafé de Bogotá, D.C., Colombia.

INTRODUCCIÓN

En la mayoría de las regiones donde se cultiva la palma de aceite (*Elaeis guineensis* Jacq.) se presentan temporadas secas en ciertas épocas del año, las cuales pueden durar de 3 a 8 meses, dependiendo de las condiciones climáticas. En estas épocas, la evapotranspiración es mayor que la precipitación recibida en la superficie del suelo, por lo cual se produce una sequía que afecta el crecimiento y la producción de racimos. Diversos esfuerzos se han hecho para cuantificar los efectos del déficit de agua sobre el crecimiento y producción en palma de aceite y para determinar los efectos del riego aplicado durante los meses de reducida precipitación, para mantener o incrementar la producción de racimos. Algunos trabajos realizados en países con diferentes estaciones climáticas permiten deducir, entre otros aspectos, la alta dependencia de la palma de aceite de las condiciones meteorológicas para que se produzca la evapotranspiración y, por consiguiente, para incrementar o disminuir la capacidad productiva. De otra parte, se observa una elevada producción potencial de la palma de aceite cuando se le dan condiciones adecuadas de fertilización y riego.

En esta revisión de literatura se hace una descripción general de algunas investigaciones, mostrando las ventajas del riego en comparación con áreas no regadas, y se presentan estimaciones del consumo de agua por la planta cuando se tienen condiciones hídricas limitantes y bajo un suministro adecuado de agua.

Efectos de déficit de agua sobre el crecimiento vegetativo y la fisiología en la palma de aceite

Efectos sobre el crecimiento vegetativo

Los efectos de la sequía se presentan hasta dos años después de haberse presentado el estrés

de agua en el cultivo de la palma de aceite (Lubis et al. 1993; Corley y Hong 1981); el efecto en el crecimiento vegetativo se manifiesta en la aparición de flechas (hojas jóvenes sin abrir completamente), sequedad y quebrazón de hojas viejas. La altura del estípote se puede disminuir en un 9 a 15%, principalmente en palmas adultas (Foong 1999). En suelos que presentan agrietamiento, al secarse se producen daños a las raíces superficiales e incluso la muerte (Lubis et al. 1993).

Efecto sobre la fisiología

El efecto del déficit de agua sobre la fisiología de la palma de aceite está bien documentado.

Los estomas se cierran para reducir la transpiración si se pierde agua excesivamente de la hoja o si hay un déficit de agua en la zona de raíces; el cierre de los estomas impide la absorción de CO₂, por lo que se ve afectada la fotosíntesis. Las temperaturas muy altas, así como las radiaciones solares bajas, pueden ocasionar el cierre de estomas aún habiendo buenas condiciones de humedad en el suelo. En condiciones hídricas no limitantes, se considera que a mayor radiación solar aumenta la conductancia en los estomas (Van Bavel, Sceiz y Long, citados por Martín de Santa Olalla y De Juan Valero 1993). Las palmas que cierran sus estomas por un lapso de 40 días al año, podrían reducir su producción en un 10% (Corley 1973, citado por Villalobos et al).

La sequía estimula la formación de flores masculinas e inhibe la formación de femeninas.

El aborto de flores femeninas ocurre principalmente en palmas jóvenes (3 a 5 años), mientras que en palmas adultas este efecto es menos severo. Las flores femeninas que justamente han pasado la antesis, no logran desarrollarse, se secan y mueren (Lubis et al. 1993). Se forman frutos pequeños y livianos, que se caen uno o dos meses antes de su desprendimiento normal, reduciendo el

contenido de aceite en un 17 a 18% (Ochs y Liacopolus 1983, citados por Lubis et al. 1993).

Se reduce el contenido de aceite en el mesocarpio en los racimos madurados normalmente, y en otros casos se impide la completa maduración del racimo, secándose numerosos frutos, lo cual puede reducir la tasa de extracción hasta en un 40% por varias semanas (Udaya 1997).

La ocurrencia de déficits de humedad de variada intensidad implica importantes reducciones en la producción y variaciones en el tiempo de los meses pico de cosecha, entre otros. Las reducciones pueden ser del orden del 10 al 40%, dependiendo del grado de estrés.

Efectos favorables del riego en el cultivo de la palma de aceite

Dadas las consecuencias del déficit de agua en el sistema suelo-planta-atmósfera, cuando éste se da se hace necesario el riego como complemento a la precipitación. Las ventajas del riego en el cultivo de la palma han sido cuantificadas bajo diferentes esquemas, siendo el más común la comparación del crecimiento y la producción en palmas con o sin riego, pero pocos esfuerzos se han hecho por cuantificar sistemáticamente y en diferentes edades y condiciones el consumo de agua por la palma, con fines de definir con más exactitud las cantidades de agua que se deben suplir por medio del riego.

La respuesta de la palma de aceite al riego en climas secos puede ser considerable. Los principales beneficios del riego son el incremento en la velocidad de producción de hojas, reducción en la tasa de abortos, mejor relación de sexos, entre otros, lo cual resulta en un incremento importante en el número de

racimos y otro un tanto menor en el peso de éstos (Ochs y Daniel 1976, citados por Corley y Hong 1981). También se reduce, en alguna forma, la fluctuación de la producción, incrementando el número de racimos durante el periodo de sequía y reduciéndolo en las épocas pico (Corley y Hong 1981).

En la Tabla 1 se presentan los efectos del riego sobre el número y peso de los racimos en algunos experimentos.

AUTOR	SITIO	EXPERIMENTO	% INCREMENTO DEBIDO AL RIEGO	
			NO. DE RACIMOS	PESO DE RACIMOS
Kee y chew (1991)	Malasia	Riego por goteo vs. No riego, con tres niveles de fertilización con NK en palma adulta.	13,8	1,6
Foong (1999)	Malasia	Una palma sembrada en un lisímetro con riego vs. seis palmas sin riego.	11,5(joven) 19,5(adulta)	18,7(joven) 16,9(adulta)
Foong (1999)	Malasia	Palmas adultas en terrazas, con riego por gravedad vs. Palmas sin riego.	53	16

Tabla 1. Efectos del riego sobre el número y peso de los racimos en algunos experimentos.

Otros trabajos indican efectos positivos del riego sobre el incremento del número y peso de los racimos; sin embargo, los efectos del riego parecen ser mayores en el número de racimos, lo cual concuerda con el desarrollo de inflorescencias, la disminución en la tasa de abortos y la mejor relación de sexos (Corley y Hong 1981; Kee y Chew 1991; Mite et al. 1998).

También se han encontrado beneficios en la conformación del racimo y la formación de aceite. Corley y Hong (1981), en Malasia, suministrando una lámina aproximada de 13 mm de agua cada tres días durante la temporada seca, obtuvieron incrementos del 3% en la relación aceite/racimo. Foong (1999), en un extenso estudio lisimétrico en Malasia, obtuvo un rendimiento promedio anual de aceite en mesocarpio de 63,5 kg/palma para la palma sin déficit de humedad, contra 48,1 kg/palma en las palmas no regadas, y el

porcentaje de almendra/racimo se incrementó en un 29,9% para la palma con riego.

Por lo tanto se esperan efectos benéficos del riego sobre la producción de racimos, como resultado del mejoramiento de las condiciones fisiológicas, de crecimiento vegetativo y de formación del racimo, como se mostró anterior-

mente. En la Tabla 2 se presentan los resultados obtenidos en algunos experimentos que muestran incrementos en la producción de racimos de fruta fresca (RFF).

La respuesta de la producción al riego parece estar muy ligada a los déficits hídricos presentados en cada localidad. Evidencia de esto son los resultados observados en Africa

Tabla 2. Efectos del riego sobre la producción de RFF en algunos experimentos

Autor	Sitio	Experimento	Incremento debido al riego	
			%	Ton ha ⁻¹ año ⁻¹
Chan (1979)*	Malasia	Riego por goteo vs. No riego	17	
		Riego por surcos vs. No riego	11	
		Riego por microaspersión (tipo jet) vs. No riego	8	
Corley y Hong (1981)**	Malasia	20 palmas con riego vs. 20 palmas sin riego. (Palma adulta).	5	1,1
Lim (1988)	Malasia	Riego por goteo en palma adulta vs. No riego	11	3,3
Kee y Chew (1991)	Malasia	Riego por goteo vs. No riego, con tres niveles de fertilización con NK (palma adulta).	15	3,1
Lim et al.(1994)	Malasia	Aplicación de 50 mm/año de efluentes con riego vs. Fertilización convencional.	12	
Lim et al (1994)	Malasia	Riego por inundación cada 10 días por medio de canales de drenaje.	-	3
Foong (1999)**	Malasia	Palmas sembradas en terrazas con riego gravedad vs. No riego (palma adulta).	73	12,21
Foong (1999)**	Malasia	Una palma en un lisímetro con riego vs.seis palmas sin riego	41,7 (joven) 35,5 (adulta)	10,44 (joven) 11,48 (adulta)
Taffin y Daniel (1976)*	Rep. de Benin	Riego por goteo vs. No riego (Palma adulta).	140	17,5
Ochs y Daniel (1976)*	Costa de Marfil	***	123	13
Mite et al. (1998)	Ecuador	Palmas con riego vs. Palmas sin riego, con 5 niveles de fertilización. (Palma joven).		5

* Citado por Lim 1988.

** Intencionado para mantenerse con humedad óptima (capacidad de campo).

*** No se tiene descripción del experimento.

Occidental (República de Benin y Costa de Marfil), con incrementos en producción superiores al 100%, los cuales fueron obtenidos en zonas donde predominan condiciones mucho más secas que en las demás regiones.

En Costa de Marfil se tienen seis meses secos durante el año, una precipitación promedio de 1.415 mm (Dufrene et al. 1992), mientras que en la República de Benin se tienen en promedio tres meses secos que representan un déficit entre 500 y 600 mm/año.

En Malasia Occidental, donde se desarrollaron la mayoría de los anteriores trabajos, se presentan déficits de agua durante 3 a 5 meses y se reciben anualmente entre 1.800 y 3.000 mm de agua lluvia. Al utilizar distintos métodos de riego e incluir en algunos casos diferentes tratamientos de fertilización, se obtuvo un incremento cercano al 11,3% en la producción, que correspondió a 2,6 t/ha/año, excluyendo los resultados obtenidos por Foong (1999), por las condiciones muy especiales en las que fueron obtenidos.

El riego, y en general una adecuada alimentación hídrica en el cultivo de la palma de aceite, tienen otros efectos favorables, los cuales se expresan en una reducción de los requerimientos de fertilizantes, mejor aprovechamiento de éstos y mayor resistencia a las enfermedades.

Ensayos con riego por goteo causaron una mayor absorción de potasio (K) por la palma (Taffin y Daniel 1976, citados por Lim 1996); (Kee y Chew 1991) concluyeron que en ausencia de riego se requerían mayores cantidades de fertilizante para alcanzar rendimientos similares a los de palmas regadas.

El riego incrementó significativamente el número de racimos, y junto con la fertilización se incrementó también el peso de éstos.

Mite et al. (1998), en la zona de Quevedo en Ecuador, registraron una reducción de la incidencia de la enfermedad conocida como "amarillamiento" del 29% al 13% en palmas con riego y bajo una fertilización completa.

Consumo de agua por la palma de aceite

La evapotranspiración o consumo diario de agua por la planta, equivale al agua que se pierde por evaporación directa desde la superficie del suelo más el agua que se pierde por transpiración a través del tejido foliar. La evapotranspiración se afecta por factores de clima, suelo, vegetación y prácticas culturales. Determinar la evapotranspiración es de utilidad para el planeamiento y diseño de los almacenamientos de agua y de sistemas de riego, predicción de la frecuencia y severidad de las sequías, estimar los requerimientos de agua del cultivo y efectuar la programación de riegos.

Bajo ciertas condiciones atmosféricas de buena radiación y contenidos altos de humedad en el suelo, las plantas pueden transpirar a su máxima capacidad, y bajo estas circunstancias la evapotranspiración se denomina potencial (ETP); en condiciones normales de campo, la humedad en el suelo es variable y las condiciones atmosféricas fluctúan, en este caso, las plantas transpiran a una tasa inferior a la potencial, conocida como evapotranspiración real o actual (ETa).

Mediciones de evapotranspiración en cultivos de palma, manteniendo las reservas hídricas del suelo en su mayor disponibilidad (capacidad de campo) y una abundante fertilización, permiten interpretar los valores obtenidos como de ETP; de otra parte, las mediciones efectuadas en condiciones normales, con déficits de humedad en el suelo, corresponden a mediciones de evapotranspiración real.

En la Tabla 3 se indican los valores de ETP y ETa encontrados en diferentes localidades para la palma de aceite.

Los resultados indican diferencias importantes, debido principalmente a las condiciones climáticas de cada zona y a los métodos de medición o estimación de la ET. Foong (1991) concluyó, a partir de mediciones en un lisímetro, que la ETP de la palma de aceite dependía más de la demanda atmosférica y menos del cultivo en sí, lo cual explicó las pequeñas diferencias

Tabla 3. Valores de evapotranspiración medidos y estimados en palma de aceite

AUTOR	SITIO	MÉTODO MEDICIÓN - ESTIMULACIÓN	VALORES ET OBTENIDOS (mm/día)		
			PALMA JOVEN	PALMA ADULTA	TEMPORADA LLUVIAS
Foong (1999)	Malasia	Lisimetría (ETP)	5,50-6,50	7,00-8,00	3,00-3,50
Omoti et al. (1987)*	Nigeria	Lisimetría (ETP)	7,00	8,90	
Dufrene et al. (1987)	Costa de Marfil	Penman-Van Bavel (ETP)		3,54	3,14
		Balance hídrico (ETa)		2,19	**
Rey et al. (1987)	Costa de Marfil	Balance hídrico (ETa)		2,50	**
Isemila (1991)	Nigeria	Balance hídrico (ETa)	3,95-5,08		

* Citado por Foong (1999)

** El drenaje y la escorrentía superficial no permitieron calcular la ETa

en los valores de ETP en palma joven y adulta contra las mayores diferencias entre regiones.

Con datos obtenidos en el mismo lisímetro, Foong (1999) encontró valores de ETP en verano entre 8,0 y 8,5 mm/día; sin embargo, durante la influencia del Fenómeno del Niño (marzo-abril de 1998), con vientos extremadamente calientes y clima seco, la ETP alcanzó valores de 10,0 mm/día. Estos valores están lejos de 23 - 30 mm/día, con un promedio de 8.9 mm/día para palmas adultas en el sur de Nigeria, donde la sequía severa indujo estos altos valores.

Los valores de evapotranspiración real para palmas adultas obtenidos en Costa de Marfil por Rey et al. (1988) y Dufrene et al. (1992) corresponden a trabajos efectuados en una misma área experimental, con la diferencia de que en el segundo caso se incluyeron mediciones de ET de tres temporadas secas a

diferencia de una, y se efectuaron estimaciones de evapotranspiración potencial (ETP).

A pesar de que las condiciones climáticas en Costa de Marfil son más secas, los valores obtenidos fueron alterados por la pérdida de agua lluvia por escorrentía y percolación profunda, no obstante de encontrarse en un área plana (Rey et al. 1998). En el método de balance hídrico del suelo para conocer los valores de ET, los términos escorrentía, drenaje y ascenso capilar son difíciles de determinar, por lo que generalmente son despreciados.

De los valores de evapotranspiración potencial (ETP) obtenidos en Malasia y Nigeria se concluye que en condiciones favorables de humedad en el suelo y fertilización, y sin restricciones al desarrollo del cultivo, la palma

de aceite tiene gran potencial de transpiración a través de sus estomas.

Las mediciones de evapotranspiración realizadas por Rey et al. (1988), Isemila (1991) y Dufrene et al. (1992) constituyen mediciones de ET en áreas no regadas, donde la humedad del suelo depende principalmente de la precipitación y se presentan déficits de humedad en las temporadas secas; al compararse con los valores de ETP obtenidos en áreas con riego, se deduce que el efecto del riego sobre la evapotranspiración es importante.

Para una condición no limitante de agua, la evapotranspiración depende en gran parte de las condiciones meteorológicas. La mayoría de las investigaciones acerca del fenómeno de la evapotranspiración indican que la radiación neta (diferencia entre la radiación solar global que llega a la superficie y la reflejada por ésta)

es de alguna manera el motor de los intercambios energéticos, puesto que representa la energía disponible a nivel de las superficies de la hoja y del suelo (Martín de Santa Olalla y De Juan Valero 1993).

Para el caso de la palma de aceite, Foong (1991), en Malasia, encontró mayor correlación con la radiación solar, seguida por la temperatura máxima; la lluvia y la temperatura mínima no se correlacionaron significativamente con la ET.

Producción potencial de la palma de aceite y su relación con el riego

Como con cualquier planta, la máxima producción de materia seca por la palma de aceite se obtiene en un ambiente dado cuando su evapotranspiración real (ETa) es la misma que la evapotranspiración potencial (ETP) durante el mayor tiempo posible; cualquier diferencia entre el suministro y la demanda produce una reducción en la actividad fotosintética y consecuentemente una caída de la producción.

Existen relaciones generalmente lineales que ligan la materia seca total producida al momento de la recolección (G), con la evapotranspiración relativa (ETa/ETP) de una especie dada. Estas relaciones son de la forma:

$$G = a \left[\frac{ETa}{ETp} \right] + b \quad (1)$$

El coeficiente de regresión "a" depende del potencial de producción del material vegetal y del medio pedoclimático, no pudiendo ser generalizado ni a todos los cultivos ni a todas las situaciones. El término "b" corresponde a la materia seca producida cuando la ET se anula, dicho valor puede ser positivo, negativo o cero.

Cuando las condiciones están cerca del óptimo (ETa/ETP = 1), la producción es G = a + b. Cuando las disponibilidades hídricas son

limitantes, todo aumento o mantenimiento del rendimiento puede lograrse aumentando el numerador ETa por medio del riego o disminuyendo el denominador ETP, por ejemplo, mediante el uso de corta vientos o protegiendo el suelo con coberturas vegetales de poca transpiración (Martín de Santa Olalla y de Juan Valero 1993).

Las relaciones, como la anterior, indican una producción potencial, la cual es dependiente de las características de la especie, de los factores de producción y de la demanda climática.

Otras ecuaciones relacionan el déficit de agua (WD) con la producción (Y). Para el caso de la palma de aceite se han establecido relaciones lineales como la siguiente (Coliman 1992, citado por Corley 1996).

$$Y = 22,12 - 0,0213 \text{ WD} \quad (2)$$

La ecuación 2 indica una producción máxima de 22,12 ton/ha sin déficit de agua, un valor muy bajo que pudo estar influenciado por las condiciones del material de estudio. Para un material con una producción potencial de 30 ton/ha la ecuación sería: (Corley, 1996).

$$Y = 30 - 0,0228 \text{ WD} \quad (3)$$

Relaciones como la anterior cuantifican los efectos del déficit de agua sobre la producción. Corley (1996), luego del estudio de 14 experimentos con riego, concluyó que a mayor déficit de agua, la respuesta al riego es mayor, como era de esperarse.

Para el caso del estudio lisimétrico en Malasia, en el cual se ha hecho seguimiento al crecimiento de una palma de aceite en condiciones de producción potencial por 23 años, los resultados indican producciones en el primer año de cosecha de 22,61 t/ha, 44,92

para el tercer año y un máximo de 53,90 en edad adulta, con 12,8 t de aceite/ha/año. Sin embargo, estos niveles de producción no se pueden sostener por estrés fisiológico. El pico de producción real en un cultivo comercial debería estar entre 40 - 45 t/ha/año, si a la palma se le dan el agua y los fertilizantes adecuados (Foong 1991).

BIBLIOGRAFÍA

- CORLEY, R.H.V. 1996. Irrigation of oil palms - A Review. *Journal of Plantations Crops*. 24 (Supplement). p.45 - 52.
- CORLEY, R.H.V.; HONG, T.K. 1981. Irrigation of oil palms in Malaysia. In: (E. Pushparajah; P.S. Cnew, (Eds.)) of the International Conference on the Oil Palm in Agriculture in the Eighties. Proceedings. PORIM, Kuala Lumpur. vol.2, p.343-356.
- DUFRENE, E.; DUBOS, B.; QUENCEZ, P.; SAUGIER, B. 1992. Changes in evapotranspiration from an oil palm stand (*Elaeis guineensis* Jacq) exposed to seasonal soil water deficits. *Acta Ecológica* vol.13 no.3, p.299-314.
- FOONG, S.F. 1993. Potential evapotranspiration, potential yield y leaching losses of oil palm. In: International Palm Oil Congress. Proceedings. PORIM, Kuala Lumpur. p.105-117.
- _____. 1999. Impact of moisture on potential evapotranspiration, growth, y yield of oil palm. International Palm Oil Congress. Proceedings. PORIM, Kuala Lumpur. p.64-86.
- ISENMILA, A.E. 1991. Oil palm growth, water use y yield response to depths of fertilizer placement. In: International Palm Oil Conference. Proceedings. PORIM, Kuala Lumpur. p.312-318.
- KEE, K.K.; CHEW, P.S. 1991. Oil palm responses to nitrogen y drip irrigation in a wet monsoonal climate in Peninsular Malaysia. In: International Oil Palm Conference. Proceedings. PORIM, Kuala Lumpur. p.321-328.
- LIM, K.H. 1988. Drip irrigation y fertigation of mature oil palms: equipment, layout, operation y costs. In: Proceedings of the National Conference on Oil Palm: Kuala Lumpur. Unpublished. p.1-17.
- _____. 1996. Integrated management of soil y water resources for sustainable oil palm production on inland sloping areas. ISOPA-PORIM. International Conference on Sustainability of Oil Palm Plantations. p.1-18.
- _____; J.H. CHUAH; C.Y. HO. 1994. Improving water management practices on oil palm through the water balance concept. Proceedings of International Planters Conference: Kuala Lumpur. Published by ISP p.101-119.
- LUBIS, A.U.; ENDANG, S.; KABUL, P. 1993. Effect of long dry season on oil palm yield at some plantations in Indonesia. In: International Palm Oil Congress, Proceedings. PORIM, Kuala Lumpur. p.253-262.
- MARTÍN DE SANTA OLALLA, F.J y DE JUAN VALERO, J.A. 1993. *Agronomía del riego*. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid. Universidad de Castilla-La Mancha. 732p.
- MITE, F.; CARRILLO, M.; ESPINOZA, J. 1998. Influencia de la fertilización y el riego sobre el desarrollo, nutrición y rendimiento de la palma africana en la zona de Quevedo. *El Palmicultor* (Ecuador) no.12, p.17-23.
- REY, H.; QUENCEZ, P.; DUFRENE, E.; DUBOS, B. 1998. Oil palm water profiles y water supplies in Cote d' Ivore. *Plantations, recherche, developpement* (Francia). Janvier - Février.
- UDAYA, K.B. 1997. Water management of oil palm. *Indian Oil Palm Journal* (India) vol.6 no.36, p.249-252.
- VILLALOBOS, E; CHINCHILLA, C; LEÓN, H y STERLING, F. Efecto de la irrigación y del K₂SO₄ en la conductividad estomática en la palma aceitera (*Elaeis guineensis*) durante la época seca en Quepos, Costa Rica. *Chiquita Brans*, Costa Rica.