FRECUENCIAS DE RIEGO POR ASPERSIÓN

Evaluación agronómica en un cultivo joven de palma de aceite en Colombia

SPRINKLE IRRIGATION FREQUENCIES

Agronomic Evaluation in an Immature Oil Palm Crop in Colombia

AUTORES

Julián Mejía O.
Investigador auxiliar. Centro de Investigación en Palma de Aceite (Cenipalma).

Fernando Munévar M.
Investigador titular. Centro de Investigación en Palma de Aceite (Cenipalma).

Mauricio Rengifo C.
Investigador auxiliar Cenipalma hasta enero 2001.

Robert J. Lascano
Profesor, Texas A&M University, Lubbock, Texas (Estados Unidos)

Palabras CLAVE

Balance hídrico, déficit hídrico, evapotranspiración, frecuencias de riego, palma de aceite, riego por aspersión

Evapotranspiration, irrigation frequency, oil palm, sprinkle irrigation, water balance, water deficit

Recibido: 20 enero 2006
Aprobado: 18 abril 2006

RESUMEN

En la mayor parte del valle del río Cesar (Colombia) el régimen de lluvias determina un período prolongado con déficit hídrico para los cultivos y las fuentes de agua disponibles para regar son limitadas, por lo cual tiene gran importancia buscar por diferentes medios aumentos en la eficiencia del riego. Se evaluaron tres frecuencias de riego por aspersión subfoliar (diario, cada dos días y cada tres días) en un cultivo de palma de aceite (*Elaeis guineensis* Jacq), con el fin de buscar mayor facilidad en la operación del sistema de riego preexistente y evaluar el efecto de la frecuencia de riego en la productividad del cultivo. El experimento se localizó en la finca El Carmen, Municipio de Agustín Codazzi (Cesar), y al iniciarse (octubre de 1988), el cultivo estaba en su primer año de cosecha. La intensidad del riego que se aplicó era tal que se reponía el agua perdida por evapotranspiración, hasta llevar la humedad del suelo a su capacidad de campo. Durante 32 meses se llevaron registros del crecimiento vegetativo, la producción de racimos y el contenido de aceite de los mismos. La disminución de la frecuencia de riego de uno a tres días produjo un incremento del 16% en la producción de racimos y dado que la concentración de aceite no se afectó, se infiere que el rendimiento de aceite aumentó en igual proporción. La frecuencia de riego cada tres días también implicó una mayor operatividad del riego, ya que se disminuyó el número de operaciones de arranque de motores y la utilización de mano de obra. Aparentemente, espaciando la aplicación del agua de uno a tres días, pero aumentando la duración de cada aplicación, se incrementó la eficiencia del riego, porque posiblemente se disminuyeron las pérdidas por evaporación en el aire y en el suelo, por interceptación del agua por la cobertura y por una mayor penetración del agua en el suelo.

SUMMARY

In most of the area of the Cesar Valley (Colombia) many crops suffer water stress due to the low precipitation and the scarcity of water sources for irrigation. Thus, making irrigation more efficient is a need for the area. Due to this, an experiment was carried out to evaluate three sprinkle irrigation frequencies in an oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.) crop in the municipality of Agustín Codazzi (Cesar). The crop was three years old when the experiment started in October of 1998 and three irrigation frequencies were evaluated: daily, every two days, and every three days. The amount of water applied was the same for all treatments and corresponded to the potential evapotranspiration losses. Vegetative growth, fresh fruit bunch yield and oil content were registered throughout a 32 month experimental period. Fresh fruit bunch yield increased 16 % when the irrigation frequency was changed from one to three days. Since the oil extraction rate was not modified by the treatments, it is assumed that oil yield was increased in the same proportion due to the change in irrigation frequency. On the other hand, the operation of the irrigation system was easier with the 3-day frequency due to a decrease in the number of engine ignition operations and labor demand. The results suggest that changing the irrigation frequency from one to three days, although maintaining the total amount of water applied, increases the efficiency of irrigation. This happened probably because of a decrease in evaporation losses from the air and the soil and of the water intercepted by the oil palm and the cover crop canopy and also because a deeper penetration of water in the soil profile.

INTRODUCCIÓN

El déficit de agua es uno de los factores que más afecta la producción en el cultivo de la palma de aceite (*Elaeis guineensis* Jacq) en Colombia. Este factor es generalizado en las principales regiones donde se cultiva la palma de aceite en el mundo, y a él se han atribuido efectos negativos en el desarrollo del cultivo y en la producción y extracción de aceite, por lo cual es un factor importante en la selección de áreas potenciales para el cultivo (Kallarackal, Jeyakumary y George, 2004; Mejía, 2000).

Colombia, a pesar de ser un país con gran riqueza hídrica, tiene regiones donde la baja precipitación y su mala distribución, hacen necesario el riego. La Zona Norte de Colombia, por presentar una precipitación inferior a 2.000 mm anuales, y la Zona Oriental por la mala distribución de ésta durante el año, requieren del riego; para el año 2004 ambas zonas contabilizaban 64% del área sembrada en palma de aceite en Colombia (Fedepalma, 2005). En la Zona Norte el problema se agrava por la progresiva disminución del caudal aprovechable de los ríos y por la deficiente infraestructura de riego, factores que limitan la expansión del cultivo.

A pesar de que la mayoría de las plantaciones de palma que riegan lo hacen por el método de gravedad, existen zonas como el Centro-Norte del Cesar, donde se usan métodos de riego por aspersión, con los cuales en general se obtiene una mayor eficiencia en el uso del agua. En esta región existían en 1998 más de 1.600 hectáreas sembradas con palma de aceite donde se usa el riego por aspersión subfoliar (Fedepalma, 1998). Dada la confluencia de factores adversos, es probable que buena parte de los proyectos palmeros que se establezcan en la Zona Norte de Colombia requieran de la instalación de sistemas de riego por aspersión.

El riego en el cultivo de la palma de aceite ha sido ampliamente reconocido como una práctica económicamente favorable, tanto en Colombia como en los principales países productores en el mundo. Corley y Hong (1981), Kee y Chew (1991), Foong (1993) y Mite, Carrillo y Espinoza (1998), han informado sobre beneficios importantes del riego en palma de aceite, principalmente por el incremento en el número y peso de racimos, mayor aprovechamiento de los nutrientes en el suelo, una mejor conformación del racimo y la estabilización y el incremento en las tasas de extracción de aceite. La

revisión de literatura de Mejía (2000) describe con mayor detalle estos aspectos.

Las consideraciones anteriores motivaron la realización del presente estudio cuyo objetivo principal fue el de comparar tres frecuencias de riego (tiempo transcurrido entre la aplicación de dos riegos consecutivos) en un sistema por aspersión subfoliar en una plantación joven de palma de aceite. Se buscaba un incremento de la productividad, o al menos el mantenimiento de ésta bajo un suministro limitado de agua, y una operación más fácil del sistema de riego.

La hipótesis de la investigación consistió en que al cambiar de uno a tres días el tiempo transcurrido entre dos eventos de riego, pero aplicando una mayor cantidad de agua en cada riego, podría humedecerse una capa de suelo de mayor espesor, se reducirían las pérdidas de agua por interceptación de la cobertura y por evaporación en el aire y en la superficie del suelo, y se facilitaría la operación del sistema. El sistema de riego utilizado comercialmente implicaba una frecuencia de aproximadamente 28 horas y era bastante dispendioso en cuanto a la programación de los turnos de riego.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación y características edafoclimáticas del sitio experimental

El experimento se llevó a cabo en la plantación de palma de aceite El Carmen, ubicada en el municipio de Agustín Codazzi (Cesar). La región se caracteriza por una precipitación promedio anual de 1.462 mm, con una distribución bimodal de dos períodos secos, de junio a agosto y de diciembre a marzo, y dos períodos lluviosos, de abril a junio y de septiembre a noviembre. El promedio mensual multianual de temperaturas máximas es inferior a 31˚C, y el promedio mensual multianual de temperaturas mínimas es superior a 21˚C, con una temperatura media de 28.1˚C.

La evapotranspiración potencial obtenida de una estación meteorológica de referencia fluctúa entre 4 y 7 mm dia^{-1}. En la región se presentan vientos con velocidades altas en los meses de diciembre y enero, lo cual incrementa de forma considerable la evapotranspiración potencial de los cultivos.

El lote experimental tenía suelos neutros de textura franca, con 32% de arenas, 49% de limos y 19% de arcillas. En el momento de realizar este estudio, dichos suelos tenían una densidad aparente en un intervalo entre 1,55 y 1,65 g cm^{-3}, con un promedio de 1,60 g cm^{-3} en los primeros 30 cm del perfil. La capacidad de campo en los primeros 30 cm de suelo era de 35,82% (humedad volumétrica), lo cual se considera como una buena capacidad de retención de humedad. La velocidad de infiltración básica, parámetro de gran importancia para establecer la intensidad de la precipitación aplicada con la aspersión, presentaba diferencias marcadas entre la zona del plato (4,55 mm h^{-1}) y el área bajo cobertura de kudzú (*Pueraria phaseoloides*) (30,46 mm h^{-1}).

Diseño experimental

El experimento constó de tres tratamientos o frecuencias de riego consistentes en: 1) riego diario, 2) riego cada dos días y 3) riego cada tres días. Se tuvieron cuatro repeticiones de los tratamientos en un diseño de bloques completos al azar. Las mediciones se efectuaron entre octubre de 1998 y mayo de 2001 (32 meses), sobre palmas de aceite tipo Ténera de material Dami-Las Flores, sembradas en 1995 y que al inicio del experimento estaban en el primer año de cosecha. El sistema de siembra de las palmas era en triángulo, con una densidad de siembra de 143 palmas ha^{-1}. Cada unidad experimental se componía de 48 palmas que conformaban un paralelogramo de 6 por 8 palmas de lado y se contó con 6 palmas de borde entre tratamientos.

Aplicación del riego

La aplicación del agua se hizo de forma tal que se reponía la lámina de agua perdida por la evapotranspiración del cultivo, asumiendo ésta como el valor de evapotranspiración potencial (ETP) registrado en una estación climática durante el mismo tiempo comprendido entre dos eventos de riego, según el tratamiento (1, 2 o 3 días). Cada evento de riego reponía la lámina de agua hasta obtener la humedad del suelo equivalente a capacidad de campo. Al culminar cada ciclo de riego se tenía la

misma aplicación de agua a los tres tratamientos pero con diferente frecuencia. La Tabla 1 presenta el esquema de programación del riego en el experimento.

Tabla 1: Ejemplo del esquema de programación del riego por balance hídrico en el experimento

Día	Evapotranspiración al final del día (mm día^{-1})	Precipitación (mm día^{-1})	Lámina de agua aplicada (mm)		
			T1	T2	T3
0	5,0	0			
1	4,0	0	5,0	–	–
2	3,0	0	4,0	9,0	–
3	6,0	0	3,0	–	12,0*
4	4,0	0	6,0	9,0	–
5	7,0	0	4,0	–	–
6			7,0	11,0	17,0
Total lámina aplicada			29,0	29,0	29,0

* 12,0 se obtuvo de: 5,0 + 4,0 + 3,0 (ETP de los tres días anteriores).

Para obtener los valores de evapotranspiración real (ETa) del cultivo, y teniendo en cuenta que no se contaba con un método de estimación de ésta en el campo, se asumió como ETa la evapotranspiración potencial (ETP) calculada con base en los datos obtenidos en una estación climática, utilizando el método de Penman van Babel (van Babel, 1996). La estación climática estaba a una altura aproximada de 2 m del suelo, en un área despejada y a una distancia aproximada de 300 m del experimento.

Se reconoce que en la realidad pudo haber diferencia entre la ETa y la ETP del cultivo utilizado en el experimento, pero las condiciones de humedad y nutrición con que se mantuvo el cultivo posiblemente hayan minimizado tal diferencia. Los cálculos de ETP se obtuvieron diariamente. En caso de que hubiera precipitación y esta fuera sustancialmente mayor que la ETP, se suspendían los tratamientos durante tres a cuatro días (dependiendo de la cantidad de precipitación). Con esto se buscaba dar tiempo a la redistribución del agua en el perfil del suelo, para comenzar los ciclos de riego con una humedad en el suelo equivalente a la capacidad de campo. El promedio de precipitación aportada por los aspersores fue de 2,48 mm h^{-1}, valor muy inferior a la velocidad de infiltración básica.

Medición de las variables de respuesta

Para evaluar el crecimiento vegetativo se estimaron las variables largo del raquis, peso seco y área de la hoja No. 17, siguiendo la metodología propuesta por Corley, Hardon y Tang (1971). Las mediciones se tomaron cada seis meses, comenzando a los tres meses de haber iniciado la aplicación de los tratamientos, por lo cual se hizo un total de cinco mediciones.

Los datos se tomaron en 25 palmas seleccionadas al azar en cada unidad experimental. De igual forma se seleccionaron al azar, dentro de cada unidad, cinco palmas para medir mensualmente el número de flechas (hojas nuevas que no se han abierto), cuya acumulación se ha asociado con un posible déficit hídrico en la palma que retarda la apertura foliar (Lubis, Endang y Kabul, 1993).

Durante todo el período experimental se registró el número y el peso de los racimos de todas las palmas de cada unidad experimental, siguiendo el esquema comercial de ciclos de cosecha practicado en la plantación (aproximadamente un pase de cosecha cada 10 días).

Además, en cada unidad experimental se seleccionaron al azar cinco palmas para marcar el desarrollo del racimo desde el momento de la antesis y hacer su análisis físico y de contenido de aceite.

Las variables estimadas en los análisis de racimos fueron la proporción de pulpa en el fruto (pulpa fruto^{-1}), la concentración de aceite en el mesocarpio (aceite mesocarpio^{-1}) y la concentración de aceite en el racimo (aceite racimo^{-1}), medidas que se obtuvieron siguiendo la metodología descrita por Blaak, Sparnaaj y Menéndez (1963) y tomando los racimos maduros que hubiera en cualquiera de las cinco palmas seleccionadas. Por razones de logística dichas mediciones sobre el contenido de aceite en los racimos solamente se obtuvieron durante el período comprendido entre agosto de 1999 y septiembre de 2000 (14 mediciones).

Análisis estadísticos

Los resultados de las diferentes variables de respuesta fueron sometidos a análisis de varianza para el diseño de bloques completos al azar. De manera

complementaria, los datos de rendimiento mensual se dividieron en tres conjuntos dependiendo del rango en el cual hubiera estado la precipitación del correspondiente mes (< 100 mm; de 100 a 200 mm y > 200 mm).

Se realizaron análisis de varianza dentro de dichos rangos, además de un análisis combinado, como se explica con más detalle en la presentación de los resultados. En los casos en los cuales los análisis de varianza permitieron identificar efectos significativos de los tratamientos sobre las variables de rendimiento, se hicieron análisis de regresión lineal y cuadrática para caracterizar mejor las respuestas. Para los análisis se utilizaron los paquetes estadísticos SPSS® y Statistix.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Crecimiento vegetativo

Se observaron leves incrementos en el largo del raquis, el peso seco y el área de la hoja No. 17 en la medida en que disminuyó la frecuencia de riego (figuras 1 a 3), pero dichos efectos no fueron estadísticamente significativos (p > 0,05). Otro tanto sucedió con la tendencia de disminución del número de hojas flechas que se observó al aumentar el espaciamiento entre los riegos (Tabla 2). Como se

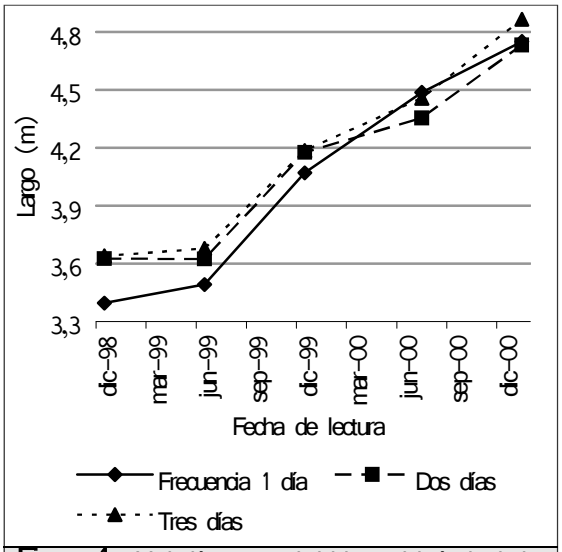

Figura 1: Variación temporal del largo del ráquis de la hoja 17.

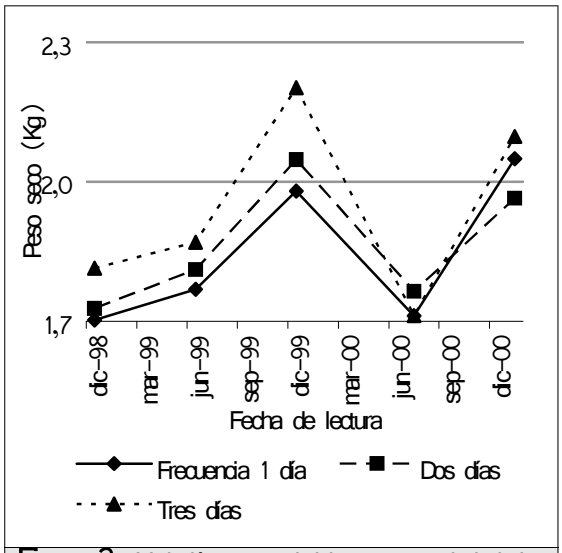

Figura 2: Variación temporal del peso seco de la hoja 17.

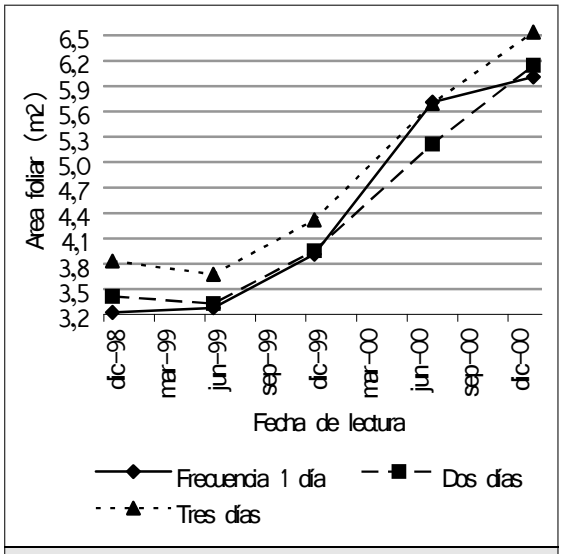

Figura 3: Variación temporal del área foliar de la hoja 17.

Tabla 2: Número de hojas flechas por palma bajo tres frecuencias de riego

Frecuencias de riego (días)	No. de hojas flecha por palma (promedio de cuatro replicaciones)
1	3,18
2	3,11
3	2,84
Nivel de significancia para tratamiento (p)	0,132

indicó, tradicionalmente se ha asociado la presencia de hojas flecha con un estrés de agua o de nutrientes en el suelo.

Rendimiento de racimos de fruta fresca

Se presentaron 10 meses en los cuales, por la baja precipitación, se aplicaron los tratamientos de riego en más del 80% del tiempo, según lo previsto en el diseño de tratamientos. Con la inspección general de los datos mensuales de rendimiento de racimos de fruta fresca (RRFF) durante los 32 meses de observación (Figura 4) se identificó una tendencia a obtener mayores rendimientos al cambiar la frecuencia de riego de uno a tres días, así como también una mayor diferencia entre tratamientos en los meses en los cuales se aplicó riego, por haberse presentado baja o nula precipitación, que en aquellos meses de lluvia más abundante.

Para sustentar en términos estadísticos la anterior observación, se hicieron análisis de varianza para el rendimiento y sus componentes (número de racimos y peso medio de racimos), en forma separada por períodos mensuales agrupados en tres rangos de precipitación mensual. Además se realizó un análisis de varianza con los datos de todo el período experimental.

Los datos de la Tabla 3 muestran que, en efecto, las diferencias entre tratamientos fueron más notorias en los meses con menos de 100 mm de precipitación y que por tanto recibieron riego, que en los meses en los cuales no se regó. Se aplicó un criterio liberal de

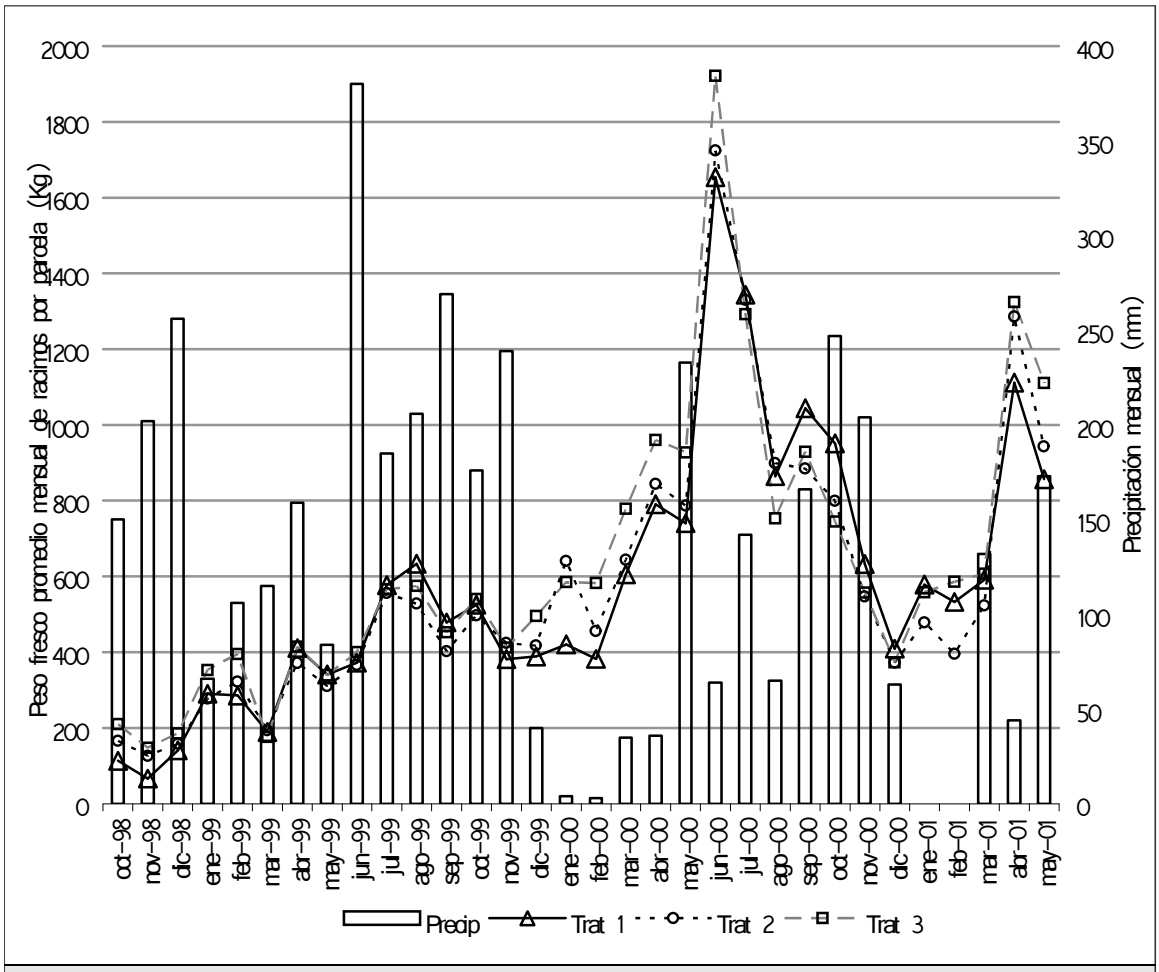

Figura 4: Precipitación y rendimiento de racimos de fruta fresca.

Tabla 3: Efecto de la frecuencia de riego sobre las variables de rendimiento de racimos de fruta fresca (promedio de las cuatro replicaciones) en meses de diferente rango de precipitación y en la totalidad del período experimental

Frecuencia (días)	Rango de precipitación (mm mes^{-1})			
	< 100	100 a 200	> 200	Todos[a]
	No racimos parcela^{-1} mes^{-1}			
1	58,1	59,3	48,8	57,1
2	62,2	58,3	46,7	57,0
3	62,4	57,5	46,3	58,2
Significancia (p)[b]	0,086	ns[c]	ns	ns
	Rendimiento de racimos (kg parcela^{-1} mes^{-1})			
1	614,9	561,3	503,4	584,7
2	658,4	540,1	471,5	583,4
3	714,3	565,5	500,4	633,0
Significancia (p)	0,071	ns	ns	0,083
	Peso promedio de racimos (kg)			
1	10,6	8,5	9,5	9,7
2	10,6	8,5	9,5	9,7
3	11,4	9,3	10,3	10,5
Significancia (p)	ns	ns	0,085	0,0002

a Incluye los 32 meses de observación que comprendió el experimento y un análisis de varianza combinado (rango x tratamiento).
b Nivel de significancia del efecto de tratamientos, con base en el análisis de varianza.
c ns = no significativo.

interpretación, de tal manera que se consideraron efectos estadísticamente significativos hasta un nivel de probabilidad del 10%. De esa forma, la frecuencia de riego tuvo efecto significativo (p = 0,086) sobre el número de racimos parcela^{-1} mes^{-1} y sobre el RRFF medidos en los meses con precipitación menor a 100 mm, más no así en los meses de mayor precipitación. Para el peso promedio de racimos se encontró efecto significativo (p = 0,085) solamente en los meses con más de 200 mm de precipitación. Al considerar la totalidad del período experimental, se encontró efecto significativo (p = 0,083) sobre el RRFF y efecto altamente significativo (p = 0,0002) sobre el peso promedio de los racimos.

Los análisis de regresión mostraron que en los meses con menos de 100 mm de lluvia los aumentos en el número de racimos y en el RRFF asociados al mayor espaciamiento entre los riegos, siguieron una tendencia lineal significativa (p < 0,05), lo cual ratifica que los valores de dichas variables de respuesta aumentaron al espaciarse más el riego, así como la conveniencia de estudiar en el futuro frecuencias menores, de ser ello compatible con otros parámetros del sistema. No se presentó significancia para los modelos de regresión cuadrática.

Al cambiar la frecuencia de riego de uno a tres días, el RRFF aumentó en 16,2 % durante los meses con riego, mientras que para todo el período experimental dicho aumento fue del 8,3%, lo cual indica que el efecto del cambio en la frecuencia de riego no fue anulado completamente por la producción de fruto en los períodos con abundante lluvia y por ende sin irrigación. La tendencia observada en el comportamiento de los componentes de rendimiento insinúa que tanto el número de racimos como su peso medio, contribuyeron a los aumentos en RRFF.

Contenido de aceite

Del periodo de registro de las variables relacionadas con el contenido de aceite (14 meses), siete meses tuvieron una precipitación inferior a 100 mm mes^{-1}. Los resultados obtenidos para las variables aceite mesocarpio^{-1}, aceite racimo^{-1} y pulpa fruto^{-1} (Tabla 4) no mostraron efecto significativo debido a los tratamientos, tanto para los datos de los meses con riego como para todo el período de análisis.

A pesar de que las mediciones de rendimiento de racimos y de contenido de aceite no comprendieron el mismo período total de tiempo, y teniendo en cuenta que los tratamientos no disminuyeron la concentración de aceite en los racimos, se puede

Tabla 4: Comportamiento de las variables relacionadas con el contenido de aceite (promedio de las cuatro replicaciones)

Frecuencia de riego (días)	Aceite mesocarpio^{-1} (%)	Aceite racimo^{-1} (%)	Pulpa fruto^{-1} (%)
	Períodos con riego (7 meses)		
1	47,91	28,45	79,94
2	47,05	28,09	79,33
3	48,29	28,54	81,12
	Períodos con y sin riego (14 meses)		
1	48,67	29,15	80,53
2	48,13	29,48	80,79
3	49,17	29,43	80,99

inferir que el rendimiento de aceite (ton ha^{-1}) aumentó en igual proporción al rendimiento de racimos, como respuesta al cambio de frecuencia de riego de uno a tres días; esto es 16,2% en los meses con riego y 8,3% al considerar la totalidad del período experimental.

Discusión general

En términos generales, se concluyó que cambiar la frecuencia de riego de uno a tres días produjo incrementos en el número de racimos y el RRFF durante los meses en los cuales se regó por ser baja la precipitación. Las diferencias en las variables de rendimiento, debidas a los tratamientos, fueron menores en los meses en los cuales no se regó por haberse presentado una precipitación suficiente, pero al considerar la totalidad del período experimental, se mantuvieron los efectos de los tratamientos, aunque en menor magnitud. Como los tratamientos no causaron cambios significativos en la concentración de aceite de los racimos, se infiere que el cambio en la frecuencia de riego de uno a tres días también aumentó el rendimiento de aceite.

En el año 2000, el RRFF promedio en el tratamiento de riego cada tres días fue de 31 ton ha^{-1} $año^{-1}$. Teniendo en cuenta que en dicho año la productividad de la Zona Norte de Colombia, región donde se ubicó el experimento, fue de 21.5 ton ha^{-1} $año^{-}$1 (Fedepalma, 2001), puede afirmarse que el cultivo experimental presentó una alta productividad. Las condiciones climáticas de la zona, en lo referente a una alta radiación solar, temperaturas máximas y mínimas en los rangos favorables, acompañadas por una adecuada alimentación hídrica, posiblemente permitieron una alta evapotranspiración de la palma y, por ende, una alta producción de materia seca expresada en crecimiento vegetativo y producción de racimos.

Resultados previos en experimentos con riego, principalmente en el continente asiático, han mostrado un efecto mayor del riego sobre el número de racimos que sobre el peso medio de los mismos, lo cual se explica por un efecto directo del riego sobre la disminución de las tasas de abortos de inflorescencias y el aumento de la relación entre inflorescencias femeninas sobre las masculinas (Kee y Chew, 1991; Foong, 1999). No obstante, casi la totalidad de estos estudios han comparado tratamientos con y sin riego, situación muy diferente a la del caso presente donde todos los tratamientos eran regados e intencionados para mantener la humedad del suelo a capacidad de campo.

La elección de las frecuencias de riego utilizadas en el presente trabajo obedeció en parte a la capacidad hidráulica del sistema de riego disponible. Teniendo en cuenta que se obtuvo un mayor rendimiento en la medida en que se distanció más el riego, podría pensarse que se obtendrían aún mayores rendimientos disminuyendo más la frecuencia, de tal forma que se utilizara por mayor tiempo la reserva de humedad disponible en el suelo. Esto sería favorable hasta el punto en que el descenso en la reserva no implicara una disminución de la evapotranspiración real del cultivo. Además de este límite, existe un límite en el diseño operativo de los sistemas de riego, consistente en que la frecuencia de riego no puede superar el período de riego (número de días que se requieren para regar un área determinada), lo cual implicaría un retardo del riego en determinados lotes de cultivo.

Dentro del rango de variación de la frecuencia de riego en el experimento, el resultado es consistente con experimentación previa en sistemas de riego por aspersión en palma de aceite. Prioux (1989) en Costa de Marfil, utilizó dos microaspersores por palma, los cuales tenían un radio de humedecimiento de 2.5 m y concluyó que el diseño más adecuado consistía en una frecuencia de tres días (dicha conclusión fue obtenida por criterios hidráulicos y de evaporación locales, más no de producción de la palma). Tittinutchanon, Smith y Corley (sf) en Tailandia, diseñaron un experimento con tres láminas de agua en cuatro métodos de riego (goteo, microaspersión, aspersión y surcos en contorno), y aunque no indican la razón, el tratamiento de riego por aspersión se hizo con una frecuencia de tres días.

En suma, son muy pocos los esfuerzos que se han hecho para determinar las frecuencias de riego óptimas en palma de aceite. Cabe mencionar un estudio desarrollado por Calvache (2001) en Ecuador donde se estudiaron frecuencias de riego por gravedad de 7, 14 y 21 días, obteniéndose las mayores producciones con frecuencias de siete días.

Los resultados del presente estudio, además de sustentar un beneficio en términos de productividad, implicaron un cambio técnico favorable en términos

de la operatividad del sistema de riego, toda vez que el arranque de motores y bombas hidráulicas y la apertura de válvulas para cada lote se redujo, pasando de hacerlo a diario a hacerlo cada tres días. A pesar de que las consideraciones económicas escapaban a los objetivos del presente trabajo, es evidente que la aplicación de los resultados significa un ahorro en el consumo de energía, en mano de obra para la operación del riego y en la facilidad para programar las demás labores del cultivo.

El experimento ratificó que el cultivo de palma de aceite es altamente sensible a las variables que tienen que ver con el manejo del agua y, en particular, que la elección de las frecuencias de riego más indicadas puede traer beneficios económicos directos como consecuencia de una mayor productividad e indirectamente por una mayor operatividad del sistema de riego.

Se estima que los efectos de los tratamientos de frecuencia de riego hubieran podido ser mayores a los observados si el experimento hubiera coincidido con un período de mayores restricciones en la precipitación pluvial. Por otra parte, con base en los análisis de regresión, se puede inferir que para condiciones similares a las del experimento convendría estudiar frecuencias de riego aún menores (más de tres días entre riegos).

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan sus agradecimientos a la dirección de la Hacienda Las Flores, señores Carlos Murgas G., Carlos Mario Peláez D. y Juan Carlos Castillo T. por su constante apoyo e interés por el buen término de esta investigación, a Ian Henson, asesor de Cenipalma, por sus importantes sugerencias y a Ricardo Martínez B. por su asesoría en análisis estadísticos. La investigación fue cofinanciada por el Fondo de Fomento Palmero.

BIBLIOGRAFIA

Blaak, G; Sparnaaj, LD; Menéndez, T. 1963. Breeding and inheritance in oil palm. Part II. Methods of bunch quality analysis. West African Inst. *Oil Palm Res.* (Nigeria). 4:146-155.

Calvache, UM. 2001. Manejo del agua en el cultivo de la palma aceitera. *El Palmicultor*, (Ecuador)(14). Ancupa, Fedapal.

Corley, RHV; Hardon, JJ; Tang, Y. 1971. Analysis of growth of the oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.). Estimation of growth parameters and application in breeding. *Euphytica* (Holanda) 20:307-315.

Corley, RHV; Hong, TK. 1981. Irrigation of oil palms in Malaysia. p 343 – 356. *In:* Pushparajah, E and Chew, P.S. (eds). Proceedings of the International Conference on the Oil Palm in Agriculture in the Eighties, Vol. 2. Kuala Lumpur (Malaysia).

Fedepalma. 1998. Censo nacional de palma de aceite. Colombia 1997-1998. Federación Nacional de Cultivadores de Palma de Aceite. Bogotá

Fedepalma. 2001. Anuario estadístico 2001. La agroindustria de la palma de aceite en Colombia y el mundo. 1996-2000. Bogotá.

Fedepalma. 2005. Anuario estadístico 2005. La agroindustria de la palma de aceite en Colombia y el mundo. 2000-2004. Bogotá.

Foong, SF. 1993. Potential evapotranspiration, potential yield and leaching losses of oil palm. p 105–117. In: PORIM International Palm Oil Congress.

Foong, SF. 1999. Impact of moisture on potential evapotranspiration, growth, and yield of oil palm. Porim. Proceedings of the International Palm Oil Congress: 64–86.

Kallarackal, J; Jeyakumar, P; George, SJ. 2004. Water use of irrigated oil palm at three different arid locations in peninsular India. J. Oil Palm Research (Malasia) 16(1):45-53.

Kee, KK; Chew, PS. 1991. Oil palm responses to nitrogen and drip irrigation in a wet monsoonal climate in Peninsular Malaysia. *In*: Porim. Proceedings of International Oil Palm Conference: 321 – 328.

Lubis, AU; Endang, S; Kabul, P. 1993. Effect of long dry season on oil palm yield at some plantations in Indonesia. *In*: Porim International Oil Palm Congress: 253-262.

Mejía O, J. 2000. Consumo de agua por la palma de aceite y efectos del riego sobre la producción de racimos. Una revisión de literatura. *Palmas* (Colombia). 21 (1):51-58.

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):17–23.

Prioux, G. 1989. Irrigation du palmier á huile. Choix techniques de la PHCI en matiére d'equipements et méthode de gestion de l'eau. Oleagineux. 44 (7):329–340.

Tittinutchanon, P; Smith, BG; Corley, RHV. (sf). Irrigation of oil palms in Southern Thailand. Sin publicar.

van Babel, CHM. 1996. Potencial evaporation: The combination concept and its experimental verification. *Water Resources Research* (USA) 2:455-467.