

Riego de las palmas de aceite en el sur de Tailandia

Irrigation of oil palms in Southern Thailand

Palat Tittinutchanon ¹, B.G. Smith ² y R.H.V. Corley ³

RESUMEN

El documento analiza los resultados de dos ensayos de riego en el sur de Tailandia. El riego a una tasa equivalente a 4-5 mm de precipitación por día resultó en un aumento significativo en el número de racimos por palma, cambio en el peso medio del racimo. El promedio del aumento en el rendimiento fue de aproximadamente 61 de RFF/ha/año. La respuesta parece no ser lineal, ya que los primeros 2 mm de agua dieron una respuesta mayor que el agua adicional. No se detectaron diferencias entre los distintos métodos de riego. Hubo ciertos indicios de posibles efectos del riego sobre la relación aceite/racimo, pero éstos no fueron consistentes entre los ensayos. El análisis económico demostró que el riego debe ser rentable con precios del aceite de palma por encima de los US\$400/t, y que el método con los costos de capital más bajos (riego por surcos) fue el más rentable. En los casos donde se emplea la mecanización dentro del cultivo, los puentes sobre los surcos aumentan el costo del capital y el riego por goteo sería igualmente rentable, y probablemente más confiable.

SUMMARY

Results of two irrigation trials on Southern Thailand are discussed. Irrigation at the rate of 4-5 mm rainfall equivalent per day gave significant increases in bunch number per palm, without change in mean bunch weight. The yield increase averaged about 6 t FFB/ha/yr. The response appeared to be non-linear, with the first 2 mm of water giving a greater response than additional water. No differences were detected between different methods of irrigation. There were indications of possible effects of irrigation on oil to bunch, but these were not consistent between the trials. Economic analysis showed that irrigation should be profitable at palm oil prices above US\$400/t, and the method with the lowest capital cost (furrow irrigation) was the most profitable. Where infield mechanisation is practised, bridges over the furrows would increase capital cost, and drip irrigation would then be equally profitable, and probably more reliable.

Palabras claves: Riego, Palma de aceite, Tailandia, Análisis económico.

- 1 Univanich Palm Oil Co. Ltd, PO Box 8-9, Aoluk-Laemsak Rd, Aoluk, Krabi 81110. Thailand
- 2 Unilever Research, Port Sunlight, Wirral, UK
- 3 Highlands, New Road, Great Barford, Bedford, UK

INTRODUCCIÓN

El sur de Tailandia, regularmente tiene un período seco de 3 a 4 meses, y por lo tanto los rendimientos de la palma de aceite son menores que en Malasia. El efecto del período seco es aumentar la tasa de aborto de las inflorescencias y reducir la relación de sexos, lo que lleva a una reducción en los números de racimos. En estas circunstancias, el riego se convierte en una alternativa obvia, pero tal como se señala una reciente revisión (Corley 1996), muchas veces los rendimientos con el uso del riego se han quedado cortos en relación con lo que podría lograrse en ambientes mas favorables. Si de hecho se presenta un déficit, este podría ser parcialmente porque los estomas de la palma de aceite se cierran con el aire seco, aun cuando la humedad del suelo no sea una restricción (Smith 1989; Henson 1991). Si este es el caso, entonces el método de riego empleado podría afectar la respuesta.

Ling (1979) midió la evapotranspiración en una población de palmas de hasta 160 mm/mes. Dufrene (1989) encontró cifras máximas entre 4 y 5 mm/día. Así para poder recuperar completamente el agua transpirada, se debe regar a una tasa aproximada de 5 mm/día, o 350 l/palma a una densidad de siembra estándar de 143 palmas/ha. La respuesta al riego raramente es lineal, y por lo tanto, para poder utilizar de manera mas eficiente las fuentes limitadas de agua, es necesario conocer la forma de la curva de respuesta.

En este artículo se describen dos ensayos de riego realizados en el sur de Tailandia, uno con riego por goteo y el otro comparando distintos métodos de riego.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los ensayos se realizaron en la plantación Chean Vanich, cerca de Aoluk (8°27'N, 98°54'E). Los suelos en el área del ensayo son Typica Paleudults. Se estudió la precipitación anual, la evaporación de tanque y el déficit hídrico (precipitación menos evaporación) del sitio del Ensayo 2. Generalmente hay un período seco que va desde diciembre hasta abril, con un déficit hídrico anual acumulado durante los últimos 6 años de 214

mm, en promedio. El promedio diario de la evaporación de tanque fue de 3,9 mm durante la época seca, aunque se tienen registros de cifras máximas hasta de 9 mm/día.

Las palmas en ambos ensayos fueron plántulas comerciales DxP de origen del Congo (material Unipalm), con una densidad de siembra de **143** palmas/ha.

Ensayo 1.- Este ensayo compara dos tasas diferentes de riego por goteo, 150 y 300 l/palma/día o el equivalente a una precipitación de 2,1 a 4,3 mm/día. Se colocaron 4 goteros por palma por encima de la superficie. Los tratamientos de riego se combinaron factorialmente con dos niveles de fertilización, la dosis normal empleada en las plantación y el otro que es el doble de la dosis normal. El ensayo incluyó testigos sin riego, también se incluyeron lotes de testigos adicionales sin riego por fuera del área del ensayo principal. **Las** parcelas fueron de 5x5 palmas, con 3x3 palmas centrales registradas, se tuvieron 6 replicas en un diseño de bloques randomizados. Las palmas fueron sembradas en 1985 y los tratamientos de riego comenzaron en Enero 1991 (parte a través de la época seca 1990-91). El riego fue un poco irregular durante la época seca 1991-92.

Las aplicaciones "normales" de fertilizante consistieron de 3 kg de sulfato de amonio, 3 kg de cloruro de potasio, 1,5 kg de roca fosfórica y 1 kg de dolomita por palma por año. Los fertilizantes nitrogenado y potásico se aplicaron con el agua de riego durante los dos primeros años y de ahí en adelante se hizo manualmente, durante la época de lluvias entre mayo y octubre.

Ensayo 2 .- En este ensayo se compararon cuatro métodos diferentes de riego, cada uno a tres tasas, 120, 240 y 360 l/palma/día (el equivalente a una precipitación de 1,7, 3.4 ó 5,1 mm/día). Los métodos fueron:

- Riego por goteo - 9 goteros/palma por encima de la superficie, funcionando todos los días.
- Aspersores - uno por cada dos palmas (72 por hectárea); humedeció un área corres-

pendiente al 90% del total; funcionó cada tres días.

- Microaspersores - 2 por palma; humedeció un área correspondiente al 28% del total; funcionó cada segundo día.
- Riego por surcos en curvas de nivel - el agua se bombió a la parte superior de la pendiente y se permitió que ésta se distribuyera por encima de la superficie del suelo para que se debordara de un surco al próximo, aplicado cada tercer día.

Las parcelas registradas consistían de 20 palmas generalmente, pero no siempre en dos surcos de 10 palmas; cada parcela estaba rodeada de dos surcos de borde que recibían el mismo tratamiento de riego. Se realizaron dos réplicas en un diseño de bloques randomizados. Las palmas se sembraron en 1986 (réplica 1) o en 1987 (réplica 2); el riego se inició al principio de la época seca 1993-94. Inicialmente se dejó una parcela sin riego como testigo en cada réplica. Los fertilizantes se aplicaron a las mismas dosis, o ligeramente más altas, de los tratamientos "normales" en el Ensayo 1.

Programación del riego - El riego se inició cuando el déficit hídrico acumulado (precipitación menos evaporación, calculado diariamente) excedió los 30 mm, y continuó igual mientras el déficit en las palmas no regadas permaneció superior a los 30 mm. El número de días de riego dependió de la severidad de la época seca, y fluctuó entre 40

en el Ensayo 1 en 1993 y 98 en el Ensayo 2 en 1998.

Mediciones - Se registraron los rendimientos de los racimos de fruta fresca (RFF) pesando todos los racimos inmediatamente después de la cosecha. Debido a que las respuestas al riego se desarrollan aproximadamente a los dos años, se omitió la información correspondiente a los primeros dos años para el cálculo de las respuestas medias.

La conductividad de los estomas se midió con un porosímetro automático Delta-t.

El contenido de aceite en las muestras de racimos se determinó según Rao et al. (1983). En el Ensayo 1 se analizaron entre 13 y 30 racimos por tratamiento cada año; en el Ensayo 2, la cifra osciló entre 7 a 12 racimos por tratamiento. Al tomar muestras de los racimos, las réplicas en el ensayo no se mantuvieron definidas, y por lo tanto, para el análisis estadístico de la información sobre componentes del racimo, los años individuales se tomaron como réplicas.

RESULTADOS

Ensayo 1 - La Tabla 1 muestra los rendimientos de RFF del Ensayo 1 desde 1993 en adelante. En 1993 se observó una respuesta significativa al riego, al igual que en 1996 y 1997; sin embargo, la respuesta no fue muy significativa en 1994, 1995, 1998 y 1999. Promediados en un período

Tabla 1. Rendimientos (t de RFF/ha/año) bajo riego por goteo (Ensayo 1).

Tratamiento	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	Promedio
Testigo sin riego	25,9	15,3	21,4	25,7	16,6	15,8	34,6	22,2
150 l/palma/día	31,3	15,7	19,4	31,0	15,3	14,3	31,4	22,6
300 l/palma/día	33,4	19,6	20,5	30,9	17,4	16,3	33,6	24,5
Error estándar	0,95	1,37	1,36	1,45	1,21	0,93	0,94	0,54
Tasa normal de Fertil,	30,2	15,6	18,3	27,9	16,0	14,8	32,3	22,2
Tasa doble de Fertil,	30,2	18,2	22,6	30,5	16,9	16,0	34,1	24,1
Error estándar	0,77	1,12	1,11	1,18	0,99	0,76	0,73	0,44
Testigo externo	27,2	8,7	17,0	27,3	9,6	9,8	31,4	18,7
Precipit. época seca (mm) 2 años anteriores	277	260	261	341	198	234	465	-

de 7 años, las parcelas regados con 300 l/palma presentaron rendimientos más altos que los tratamientos sin riego y a tasas más bajas.

Duplicar la tasa de fertilización resultó en un rendimiento más alto en la mayoría de los años, promediados en un período de 7 años, el efecto fue altamente significativo. En términos generales no se observó una interacción fertilizante x riego significativa; sin embargo, si fue significativa en tres años individuales.

Tal como se esperaba, la respuesta al riego se observó en el número de racimos, sin cambios significativos en el peso medio del racimo (Tabla 2). El efecto del fertilizante también se observó en el número de racimos, mas no en el peso. Para estos componentes de rendimiento no se encontró una interacción riego x fertilización. Tampoco se encontraron efectos significativos del riego o la fertilización sobre la relación aceite/racimo.

Las parcelas externas como testigos se incluyeron, ya que se temió que un solo surco de borde podría ser insuficiente para evitar que las palmas tomaran o "se apoderaran" del agua de las parcelas vecinas. Los testigos externos presentaron rendimientos muy por debajo de los internos, promediando 18,7 t/ha/año desde 1993 hasta 1999; sin embargo debido a que las parcelas externas no fueron aleatorizadas con el ensayo principal, no se puede atribuir con mucha certeza esta diferencia al efecto del riego.

Las mediciones de la conductividad estomática en las parcelas sin riego durante la época seca de 1991 no mostraron ninguna diferencia entre

Tabla 2. Efecto del riego en los componentes de rendimiento en el Ensayo 1 (promedios para 1993 - 99).

Treatmento	Número de Racimos por palma/año	Peso medio de los Racimos (kg)
Testigo sin riego	7,4	21,0
150 l/palma/día	8,0	19,9
300 l/palma/día	8,4	20,8
Error estándar	0,25	0,52
Tasa normal de fertilización	7,6	20,7
Tasa doble de fertilización	8,2	20,5
Error estándar	0,20	0,42

las palmas centrales y los surcos de borde, mas si una gran diferencia con las palmas vecinas con riego. Esto indica que no existió toma o "apoderamiento" de agua en esta etapa. A lo largo de todo el período, la respuesta al riego de todas las parcelas de palma de 5X5 fue igual que la de las parcelas internas de 3x3, por lo tanto da la impresión que no hubo toma o apoderamiento de agua. El incluir los surcos de borde redujo la respuesta a la fertilización, ésta fue de 1,9 a 0,7 t/ha, lo que indica que los surcos de borde si tomaron nutrientes de las parcelas vecinas. Esto se puede deber a que los fertilizantes se aplicaron durante la época de lluvias, cuando el flujo de escorrentía de la superficie o de la sub-superficie pudo haber distribuido los nutrientes entre las parcelas.

Se puede concluir que la respuesta a 300 l/palma/día fue de por lo menos 2,3 t/ha/año, tal como aparece en la Tabla 1. Sin embargo, más adelante (refiérase a *Forma de la Curva de Respuesta*) se arguye el hecho que las parcelas de los testigos externos podrían dar una mejor indicación del rendimiento sin riego, a pesar de la ausencia aparente de la toma o apoderamiento por parte de los testigos internos. Si esto es así, entonces la respuesta podría ser hasta de 6 t/ha/año.

Variación de **año a año**. Tanto el rendimiento sin riego como la respuesta al riego varió mucho de año a año. Cada tres años aparecen unos picos fuertes, y la mayoría de los tratamientos dieron un rendimiento superior a las 30 t/ha en 1993, 1996 y 1999. El rendimiento de la palma sin riego está correlacionado positivamente con la precipitación en la época seca de los dos años anteriores ($r = 0,91^{**}$, 5 gl), mientras que la respuesta al riego (con relación a los testigos externos) está correlacionada negativamente, aunque no de manera significativa, con la precipitación de la época seca ($r = -0,67$, 5 gl). Estas correlaciones con comprensibles, ya que la sequía afecta la relación de sexos, lo que a la vez afecta el número de racimos, dos años mas tarde (Corley and Hong 1982).

Ensayo 2. - La Tabla 3 resume los resultados de este ensayo. Los análisis de varianza muestran que hubo una respuesta significativa al riego a partir de 1996. Las parcelas que recibieron 240 l/

Tabla 3 Rendimiento (t RFF/ha/año) con diferentes métodos de riego (Ensayo 2).

Método	Tasa l/palma/día	1996	1997	1998	1999	Promedio
Testigo sin riego	0	17,4	12,7	16,0	32,1	19,5
Aspersores	120	23,7	14,2	17,3	34,1	22,3
	240	23,0	14,8	22,6	30,4	22,7
	360	23,4	14,9	18,4	30,2	21,8
Riego por goteo	120	22,4	14,2	18,8	29,2	21,2
	240	23,7	17,4	19,4	33,5	23,5
	360	27,9	25,8	20,3	32,5	26,6
Riego por surcos	120	21,3	16,6	19,1	34,4	22,9
	240	29,5	19,9	20,3	32,8	25,6
	360	22,7	17,3	22,3	31,4	23,4
Microaspersores	120	24,3	17,4	17,8	30,5	22,5
	240	27,1	21,7	19,0	27,0	23,7
	360	23,6	20,9	19,6	26,0	22,5
Error estándar		3,1	3,2	2,1	3,6	1,7
Promedio, todos los métodos	120	22,9	15,6	18,3	32,0	22,2
	240	25,8	18,4	20,3	30,9	23,9
	360	24,4	19,7	20,2	30,1	23,6
Error estándar		1,4	1,6	0,9	1,8	0,9

palma/día produjeron 4,4 t de RFF/ha/año más que los testigos sin riego, entre 1996 y 1999. Igual que en el Ensayo 1, la respuesta se observó en el número de racimos, y no en el peso medio del racimo (no se muestra la información).

No hubo diferencias significativas en el rendimiento o en el número de racimos entre los diferentes métodos de riego empleados, aunque el de los aspersores arrojó unos rendimientos medios ligeramente más bajos que los otros

métodos. La interacción método x tasa no fue significativa; sin embargo, se puede observar en la Tabla 3 que el rendimiento bajo el riego por goteo aumentó más o menos en forma lineal con la tasa, mientras **que con los** otros métodos, los 360 l/palma no dieron un rendimiento mayor que los 240l/palma.

Se observaron diferencias significativas en la relación aceite/racimo **entre** los diferentes métodos de riego; el riego por goteo y los microaspersores resultaron **en** una relación mayor aceite/racimo que el riego por surcos o por aspersores (Tabla 4). Éste es el resultado de una relación más alta fruto/racimo con el riego por goteo o **por** microaspersores; no hubo diferencias significativas entre los otros componentes del racimo. El número de racimos analizado por mes fue insuficiente para permitir la detección de tendencias estacionales.

Forma de la curva de respuesta - No hubo diferencias significativas entre las tasas de riego en el Ensayo 2; sin embargo, 240 y 360 l/día tendieron a dar mayores rendimientos que 120 l/día. El promedio para 120 l/día fue de 22,2 t/ha, comparado con 23,9 y 23,6 t/ha para las dos tasas más altas. Se observó una curva cuadrática que encaja con los rendimientos medios para 1996-1999 (sin embargo el término cuadrático en la regresión no fue significativo al nivel del 5%). La tasa óptima de riego parece ser de aproximadamente 300 l/palma/día; pero también se mostró que hubo una amplia gama de variación entre las parcelas a 360 l/palma y también entre los testigos sin riego.

Tabla 4 Efecto del método de riego sobre la composición del racimo, Ensayo 2.
Promedios para todos los métodos de riego; información para 4 años sucesivos analizados como réplicas

Método	Aceite/ Racimo	Fruto/ Racimo	Mesocarpio/ fruto seca	Mesocarpio/ materia seco	Aceite/ mesocarpio	Palmiste/ racimo	No. analizado
Sin riego	22,7	62,6	73,6	65,6	75,2	6,11	70
Surcos	22,3	60,3	74,2	66,2	75,3	5,81	125
Aspersores	22,1	60,3	75,0	65,0	75,2	5,83	126
Goteo	23,5	62,5	74,5	66,6	75,7	6,23	126
Microaspersor	23,7	62,3	76,1	66,6	74,9	5,72	122
Error estándar	0,42	0,76	0,55	0,58	0,33	0,18	

En el Ensayo 1, la forma de la curva de respuesta depende de si se toman las parcelas de testigos internos o externos para indicar el rendimiento de las palmas sin riego. En la Tabla 5 se comparan las respuestas de los Ensayos 1 y 2. La respuesta al nivel más bajo de riego en el Ensayo 1 comparado con los testigos externos es muy similar a la del Ensayo 2; por eso se cree que los testigos externos probablemente dan un mejor indicio del rendimiento de las palmas sin riego en el Ensayo 1. Las respuestas al segundo nivel son similares en los dos ensayos (y no dependen de cual testigo se tome en el Ensayo 1).

tividades mucho más altas que las esperadas de la tasa de riego. Todos estas parcelas estaban situadas en terrenos parcial o completamente planos cerca del reservorio que suministraba agua al ensayo, y es probable que hubiera un alto nivel freático relacionado con el reservorio, del cual las palmas estaban tomando agua. Sin duda alguna, esto redujo la precisión del Ensayo 2, pero el número de palmas en el terreno plano no probó ser una covariante útil en el análisis del rendimiento. Las parcelas con riego por goteo con una tasa alta no se encontraban en el área afectada, por lo tanto la respuesta lineal mencionada anteriormente no se debió a la interferencia por el nivel freático.

Tabla 5 Respuestas de rendimiento al riego, en kg RFF/palma/año por litro/día

	Ensayo 2		Ensayo 1, testigo externo		Ensayo 1, testigo interno	
	tasa l/día	respuesta kg/palma	tasa l/día	respuesta kg/palma	tasa l/día	respuesta kg/palma
Primer Nivel	120	0,16	150	0,16	150	0,02
Segundo Nivel	240	0,10	300	0,09	300	0,09

DISCUSIÓN

Aunque la interacción método x tasa no fue significativa en el Ensayo 2, vale la pena observar que la respuesta al riego por goteo no se niveló por encima de 240 l/palma. A continuación se pueden observar los resultados del riego por goteo, en kg de RFF/palma por litro/día: 0-120 l/día: 0,10; 120-240 l/día: 0,13; 240-360 l/día: 0,18

Conductividad estomática: En el Ensayo 2 se utilizaron las mediciones del porosímetro para confirmar que los tratamientos de riego son efectivos, cuando es demasiado temprano para ver las respuestas de rendimiento. Durante la época seca de 1994-95 se presentaron diferencias significativas entre las tasas de riego, tal como se puede observar en la tabla 6.

Mientras se estaban haciendo las mediciones, se observó que ciertas parcelas tenían unas conduc-

Tabla 6 Conductividad estomática en el Ensayo 2, Febrero 1995.

Tasa de riego : (l/palma/día)	0	120	240	360	Error estándar
Conductividad estomática (mmol/m ² /s)	190	266	387	409	40

Tal como se esperaba en este ambiente, en ambos ensayos se observaron unas respuestas significativas al riego. La comparación con otros ambientes no puede ser muy confiable, pero el rendimiento medio de 24,5 t/ha/año bajo riego en el Ensayo 1 se encuentra un poco por encima del promedio de 22,9 t/ha citado por Yong y Chan (1992) como típico para los suelos del interior de Malasia; datos más recientes de las plantaciones en el interior de Malasia indican un promedio de rendimiento para las siembras de 1986, entre 1993 y 1998, de 22,4 t/ha. Pudo haber períodos secos, inclusive en Malasia, durante esa época, pero el punto mencionado en la introducción de que los rendimientos bajo riego tienden a quedarse cortos en comparación con lo que se hubiese podido lograr bajo condiciones óptimas, no recibe mucho soporte de este estudio. Como ya se ha mencionado, se han logrado, en algunos años, rendimientos por encima de 30 t/ha.

La respuesta al riego parece ser no lineal, aunque los resultados pueden ser equívocos; tal como aparecen en la Tabla 5, el mejor cálculo de la respuesta parece ser de aproximadamente 0,17 kg de RFF/palma/año, por litro de agua aplicado, hasta 150 l/palma/día, y un poco mas que el doble de esto por agua adicional, hasta 300 l/palma/día. Esto significa que si el suministro de agua es

limitado, sería mas efectivo utilizar el agua para regar un área grande con 150 l/palma/día, que regar totalmente un área mas pequeña. Sin embargo, tal como aparece a continuación, los costos de capital van a estar en contra de esto; el costo para instalar el equipo de riego será casi lo mismo por hectárea, a pesar del volumen de agua que va a pasar por el sistema.

Se tiene menos claridad sobre si verdaderamente el riego tiene un efecto sobre la relación aceite/racimo. No se encontraron diferencias significativas en la relación aceite/racimo, mientras que en el Ensayo 2, el método, y no la tasa de riego, parece haber afectado la relación fruto/racimo. Corley y Hong (1982) observaron el efecto del riego sobre la composición del mesocarpio, con más aceite y menos agua, lo que resultó en un aumento en la relación aceite/racimo. Si de hecho hay un efecto, lo más probable es que sea un aumento en la relación aceite/racimo y no una reducción. Para el análisis económico que presentamos a continuación se asumió que no hay tal efecto.

Uso de las mediciones estomáticas - Varios autores han sugerido que las mediciones de la apertura o conductividad estomática pueden ser empleadas para programar el riego. Se ha encontrado que las mediciones de los porosímetros son de gran utilidad en los ensayos para confirmar que el agua está siendo aplicada dónde y cuándo se necesita, pero el método es muy dispendioso, y además poco preciso para su uso rutinario en riegos comerciales. El aire seco (un déficit de presión de vapor grandes) presenta un problema particular. Se encontró que los estomas tienden a cerrarse cuando el déficit de presión de vapor (DPV) es grande, lo que confirma estudios anteriores (Smith 1989, Henson 1991; Dufrene y Saugier 1993). Las palmas con riego tienen unas conductividades mayores que aquellas sin riego a cualquier nivel de DPV, pero las palmas sin riego en aire seco pueden tener una conductividad menor que las palmas sin riego en aire húmedo (Henson 1991). Así, uno no puede definir un valor absoluto de conductividad al cual debe iniciarse el riego.

La economía del riego - Para calcular los beneficios económicos del riego, se ha asumido

una tasa de extracción de aceite del 20% y de palmiste del 5%. Los costos de cosecha, transporte y procesamiento se calcularon en US\$12/t de RFF. Para el análisis económico no se tuvo en cuenta la diferencia en la relación aceite/racimo entre los métodos de riego indicada en el Ensayo 2. Si de verdad existe una diferencia, el efecto sería que el riego por goteo es ligeramente más rentable que el riego por surcos.

Los costos de capital y operación de los sistemas de riego son aproximadamente los que aparecen en la Tabla 7.

Tabla 7 Costos de capital y de operación de los sistemas de riego (US\$/ha).

Sistema	Costos de Capital	Costos de Operación	
		150 l/palm	300 l/palm
Surcos	750	85	120
Goteo	1300	40	70
Aspersores	1700	40	70
Microaspersores	1700	45	75

Los costos de bombeo para 300 l/palma son aproximadamente de US\$70/ha/año y un poco más de la mitad para 150 l/palma. El riego por surcos necesita trabajo de mantenimiento adicional; el costo de capital adicional del riego por goteo y aspersores se ve compensado por unos costos de operación más bajos. Los microaspersores tienen un costo más alto y la experiencia ha demostrado que también requieren un mantenimiento frecuente para que funcionen efectivamente. El Ensayo 2 no indica una mejor respuesta con los microaspersores que con los aspersores o riego por goteo, por lo tanto en vista de los altos costos, el sistema no es considerado más allá de esto.

Con el riego por surcos se necesitan puentes sobre los surcos cuando las operaciones de campo están mecanizadas. Los costos precisos dependerán de las frecuencia de los puentes requeridos, pero una cifra aproximada sería de US\$400/ha adicionales a los costos de capital.

La rentabilidad depende de los precios del aceite de palma; la Tabla 8 muestra los cálculos para los diferentes sistemas, con dos tasas diferentes de riego y tres precios para el aceite de palma.

Tabla 8 Tasas internas de retorno (% en 10 años) de la inversión en riego.

Supuestos:	Palmiste US\$300/t Tasa de extracción de aceite 20%; tasa de extracción de palmiste 5% Costos de Operación como en la Tabla 7 Cosecha, transporte y procesamiento US\$12/t RFF
Respuesta de rendimiento:	0,17 kg de RFF/palma de los primeros 150 l/palma 0,09 kg de FFF/palma de 150 l/palma adicionales No hay respuesta para el año 1, 50% de respuesta total en el año 2.

Método	Capital US\$/ha	Precio aceite palma: Tasa de riego:		US\$500/l		US\$400/l		US\$300/l	
		150 l/p	300 l/p	150 l/p	300 l/p	150 l/p	300 l/p		
		Tasa Interna de retorno (% en 10 años)							
Surcos	750	20,7	31,4	14,1	23,7	5,9	14,3		
Surcos + puentes	1150	12,1	21,4	6,4	14,9	-0,6	6,9		
Goteo	1300	13,6	22,3	8,7	16,4	2,8	9,5		
Aspersores	1700	8,4	16,4	4,0	11,1	-1,4	4,8		

Tal como se ha mencionado anteriormente, una tasa más alta de aplicación siempre es más rentable que la más baja, debido a que los costos de capital son los mismos y no están relacionados con la tasa de riego. Sólo con el nivel de precios más alto, el riego menos intensivo, más extensivo (150 l/palma) resultaría en un retorno aceptable a la inversión. A una tasa de aplicación más alta, el riego por surcos es rentable, inclusive con un precio del aceite de palma de US \$300/t, pero, a ese precio la necesidad de construir puentes reduce la rentabilidad a un nivel inaceptable. El riego por goteo da una rentabilidad muy similar a la del riego por surcos con puentes, y probablemente sería mas confiable; el riego por surcos requiere un mantenimiento constante de los surcos y si esto no se hace adecuadamente, la distribución de agua sería ineficaz y por lo tanto se reduciría la respuesta al riego. Si la respuesta al riego por goteo fuese lineal, tal como lo sugiere la Tabla 3, se mejoraría la rentabilidad, arrojando una tasa interna de retorno del 16%, inclusive al nivel de precios más bajos para el aceite de palma.

El riego por aspersores tiene un costo de capital más alto que el riego por goteo, pero se espera que pueda dar en una mejor respuesta. Ya se ha mostrado que los estomas de la palma de aceite se cierran con el aire seco, inclusive cuando la

humedad del suelo no es una restricción. Una razón adicional para esperar resultados inadecuados del riego por goteo es la demostración, por Henson *et al.* (1992), que el secar parte del sistema radicular de la palma de aceite puede llevar al cierre de los estomas, aunque se suministre agua adecuadamente al resto del sistema radicular. Por lo tanto, se considera factible que el riego por aspersores pueda dar una mejor respuesta que el riego por goteo, ya que este debe aumentar la humedad atmosférica y también humedece todo el sistema radicular. Sin embargo, contrario a las expectativas, los resultados del Ensayo 2, hasta el momento, indican que no existen diferencias entre los distintos métodos y la tendencia es hacia una mejor respuesta por parte del riego por goteo que de los otros métodos.

CONCLUSIÓN

Se obtuvieron aumentos significativos en el rendimiento como respuesta al riego, y los análisis económicos indican que el riego por goteo o por surcos serían rentables, pero no a los precios más bajos del aceite de palma. La respuesta al riego probablemente no es lineal, pero aunque la respuesta por unidad de volumen de agua es más baja con altas tasas de aplicación,

éstas son más rentables porque el capital es utilizado de manera más eficiente. Existe la posibilidad de que el riego por goteo pueda resultar en respuestas más altas que los otros métodos a altas tasas de aplicación, y la intención es continuar investigando este aspecto en el futuro.

AGRADECIMIENTOS

Los autores desean agradecer a los Directores de Univanish Palm Oil Company Limited por su apoyo a este programa de investigación y por el permiso para publicar estos resultados. También quisiéramos darle un reconocimiento al apoyo y a la asesoría brindada por J.H. Clendon, B.J. Wood y al personal de las Plantaciones Unilever y al Grupo Ciencias de las Plantas.

BIBLIOGRAFÍA

- CORLEY, R.H.V. 1996. Irrigation of oil palms - a review. *Journal of Plantation Crops* (India) n.24 (supl.), p.45-52.
- CORLEY, R.H.V; HONG T.K. 1982. Irrigation of oil palms in Malaysia. in: E. Pushparajah & Chew RS. (Eds.). *Conference "Oil palm in agriculture in the eighties"* Proceedings. Kuala Lumpur: Incorporated Society of Planters. V.2, pp. 343-346.
- DUFRENE, E. 1989. *Photosynthese, consommation en eau et modelisation de la production chez le palmier a huile* (*Elaeis guineensis* Jacq.). University of Pans-Sud, Orsay. 169 p. (Thesis).
- DUFRENE, E.; SAUGIER, B. 1993. Gas exchange of oil palm in relation to light, vapour pressure deficit, temperature and leaf age. *Functional Ecology* v.7, p.97-104.
- HENSON, I. E. 1991. Limitations to gas exchange, growth and yield of young oil palm by soil water supply and atmospheric humidity. *Transactions of the Malaysian Society of Plant Physiology* (Malasia) v.2, p.39-45.
- HENSON, I. E., JAMIL, Z. M.; DOLMAT, M. T. 1992. Regulation of gas exchange and abscisic acid concentrations in young oil palm (*Elaeis guineensis*). *Transactions of the Malaysian Society of Plant Physiology* (Malasia) v,3 p.29-34.
- LING, A.H. 1979. Some lysimetric measurements of evapotranspiration of oil palm in central Peninsular Malaysia. in: E. Pushparajah (Ed.) *Symposium Water in Malaysian Agriculture*. Proceedings. Malaysian Society of Soil Science, Kuala Lumpur. p. 89-101.
- RAO, V; SOH, A.C.; CORLEY, R.H.V; LEE, C.H.; RAJANAIDU, N.; TAN, Y.P.; CHIN, C.W.; LIM, K.C.; TAN, S.T.; LEE, T.P; NGUI, M. 1983. A critical reexamination of the method of bunch quality analysis in oil palm breeding. PORIM, Occasional Papers (Malasia) no.9, 28p.
- SMITH, B.G. 1989. The effects of soil water and atmospheric vapour pressure deficit on stomatal behaviour and photosynthesis in the oil palm. *Journal Experimental Botany* (Reino Unido) v.40. p.647-651.
- YONG, Y. Y.; CHAN, K. W. 1992. Yield performance of Guthrie D x P planting material on inland soils in Malaysia. in: V Rao et al. (Eds.), *Workshop Yield Potential in the Oil Palm*. Proceedings. International Society Oil Palm Breeders, Kuala Lumpur. p. 36-43.