

# EDAD ÓPTIMA DE RENOVACIÓN PARA PALMA DE ACEITE

## OPTIMUM REPLANTING AGE OF OIL PALMS

### AUTORES

#### Ling-Hoak Ooi

Advanced Agricolical Research  
Sdn. Bhd., Locked Bag 212, Sg.  
Buluh Post Office, 47000 Sg.  
Buluh, Selangor, Malaysia.  
aarsb@po.jaring.my

#### Kodiappan P.

Telok Sengat Estate,  
P.O. Box 513,  
81907 Kota Tinggi,  
Johor, Malaysia.

### Palabras CLAVE

Palma de aceite, edad óptima  
de renovación.

Oil palm, optimum replanting  
age.

Publicado en Proc. International  
Palm Oil Congress on Techno-  
logical Breakthroughs and  
Commercialization 2005 -  
The Way Forward (MPOB).

### RESUMEN

La pregunta de cuándo es la mejor época para renovar una plantación vieja de palma de aceite es bastante compleja. Este artículo reporta la edad óptima para renovar un cultivo de palma de aceite calculada a partir de una forma modificada del modelo general de renovación de activos. El principio básico es comparar las ganancias que se obtienen al mantener la plantación actual por otro intervalo de tiempo con la oportunidad de ganancias que se podrían obtener con la renovación de las palmas por el mismo período. El objetivo es lograr la máxima rentabilidad de la inversión. En total, se evaluaron 108 combinaciones, cada una con tres niveles de rendimiento de racimos de fruta fresca, precio y factor de cambio tecnológico, y dos niveles de costo de fertilización y tasa de descuento. La edad óptima de renovación varía inversamente con el nivel de cambio tecnológico, los precios de los productos de la palma y el rendimiento de los racimos de fruta fresca (RFF). Por ejemplo, niveles altos de los tres factores anteriores reducen la edad óptima de renovación. Por otro lado, lo contrario sucede para la tasa de descuento y costo de fertilización. Sin embargo, esto es cierto sólo si los niveles de los diferentes factores supuestos no cambian a lo largo de la vida útil de las palmas. Obviamente, en la práctica este no es el caso, especialmente para factores que están fuera del control de la administración. Por lo tanto, es normal encontrar diversas opiniones sobre cuál es la edad óptima de renovación. Dependiendo de la combinación de estos cinco factores, la edad óptima de renovación del cultivo fluctúa entre 15 años y más de 30 años. Sin mejoras en tecnología que conduzcan a un aumento en los ingresos, la edad óptima de renovación es de más de 25 años para todas las 108 combinaciones de factores analizadas, con excepción de un caso de 24 años en el que se consideró un bajo costo de fertilización, tasa de descuento del 5%, alto rendimiento de RFF y alto precio de los productos de la palma. Aparentemente, sin avances tecnológicos, lo mejor que se puede hacer es seguir cosechando las palmas hasta que estén demasiado altas para que sea económicamente viable hacerlo. Por otro lado, es relativamente seguro considerar la renovación temprana cuando exista una mejora tecnológica que permita un aumento considerable en los ingresos netos. La mejora tecnológica puede ser en términos de mejor material de siembra, o mejores prácticas agronómicas y de manejo. Un ejemplo es la introducción de palmas clonadas con mejor tasa de extracción de aceite y mayor rendimiento de racimos de fruta fresca.



## SUMMARY

The question of when is the best time to replant the old oil palms is a complex issue. This paper reports the optimum replanting age of oil palm computed with a modified form of the general asset replacement model. The basic principle is to compare gains from keeping the current stand of oil palms for another time interval with the opportunity gains which could be realized from the replanted oil palms for the same period. The objective is to achieve maximum returns from investments. A total of 108 combinations comprising 3 levels each of fresh fruit bunch yield, palm product price and technological change factor, and 2 levels each of manuring cost and discounting rate are evaluated. The optimum replanting age varies inversely with the level of technological change, price of palm products and FFB yield i.e. higher levels of the foregoing three factors would reduce the optimum replanting age. On the other hand, the reverse is true for discounting rate and manuring cost. However, this is true only if the levels of the various factors assumed remained the same throughout the lifespan of the palms. This is obviously not the case in practice especially for factors that are beyond management control. It is therefore not unusual to have conflicting opinions on what is the optimum replanting age. Depending on the combination of these five factors, the optimum replanting age varies from 15 years to more than 30 years. Without any improvement in technology that leads to an upward shift of the net revenue, the optimum replanting age is more than 25 years for all the 108 combinations of factors tested except for one case of 24 years at low manuring cost, 5% discounting rate, high FFB yield and price of palm products. It appears that if there is no technological improvement, the best thing to do is to keep harvesting the palms until they are too tall to harvest economically. On the other hand, it is fairly safe to consider early replanting whenever there is an improvement in technology resulting in an upward shift of the net revenue function. Technological improvement could be in the form of better planting material, improved agronomic or management practices. A case in point is the introduction of clonal palms with superior oil extraction rate and fresh fruit bunch yield.



## INTRODUCCIÓN

La renovación de plantaciones viejas de palma de aceite es una decisión importante, y saber cuál es la mejor época para renovar la plantación puede ser un asunto complejo y difícil de resolver. En Malasia, comúnmente se usan los siguientes criterios:

1. Cuando el rendimiento se ha reducido a niveles no rentables. Esto depende de los costos de producción y de los precios vigentes de los productos de la palma.
2. Cuando las palmas son demasiado altas para cosechar.

Adicionalmente, también se toma en cuenta el flujo de caja y otros factores de manejo. Una situación ideal es tener una plantación con un perfil constante de edad. Dicha plantación gozaría de un flujo de caja más constante, y requerimientos más uniformes de mano de obra y producción. Para un ciclo de renovación de 25 años, una tasa de renovación del 4% por año produciría una plantación con un perfil de edad constante. Esto se ilustra en la Figura 1.

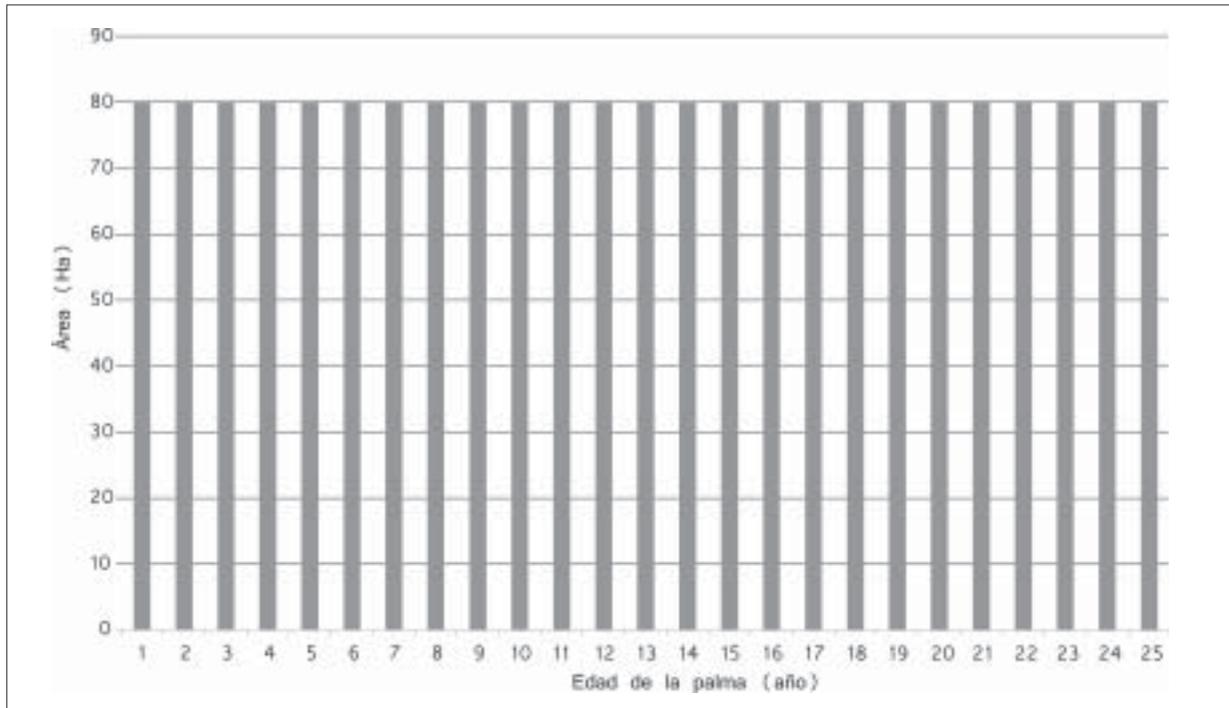
Según Ani (1971), las palmas no se deben mantener por más de 35 años debido a la dificultad de cosechar palmas muy altas y a los rendimientos marginales. Ani recomienda que la renovación de la plantación deba considerarse seriamente cuando las palmas pasan de 30 años de edad.

En la práctica, es muy difícil cosechar eficientemente las plantaciones comerciales actuales con palmas de más de 25 años y alturas de más de 12 metros, con una vara de aluminio y hoz.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Modelo de renovación del cultivo

Faris (1960), Abdul Halim (1969) y Malek (1976), y Ani (1971) usaron una forma modificada del modelo general de renovación de activos para determinar la edad óptima de renovación para durazno, caucho y palma de aceite respectivamente. En este estudio se adoptó el mismo sistema para determinar la edad óptima de renovación para palma de aceite. El principio básico es comparar las ganancias de mantener la



**Figura 1.** Perfil de edad de una plantación de 2000 ha con tasa de resiembra de 4% anual.

plantación actual por otro intervalo de tiempo con la oportunidad de ganancias que se podrían obtener con la renovación de las palmas por el mismo período. El objetivo es lograr la máxima rentabilidad de la inversión.

El modelo de renovación afirma que la edad óptima es “T” cuando el rendimiento neto anual de la plantación actual cambia, más a menos, del valor presente neto amortizado acumulado de la plantación renovada cuando su edad cambia de T a (T + 1). Esto se ilustra en la Tabla 1 y se explica a continuación.

Para determinar la edad óptima de renovación, la rentabilidad neta anual de la plantación actual por cada año se compara con el valor presente neto amortizado acumulado correspondiente de la plantación renovada. En este ejemplo, la edad óptima de renovación se da cuando las palmas llegan a 20 años. A esta edad, la rentabilidad neta anual de RM 3.520/ha (ringgets malayos) es mayor que el valor presente neto amortizado acumulado de RM3.411/ha; mientras

que a la edad de 21 años, la rentabilidad neta anual de RM3.489/ha es menor al valor presente neto amortizado acumulado correspondiente de RM3.494/ha.

Para tomar en cuenta los cambios tecnológicos, Malek (1976) adoptó el modelo de Jayasuria (1973), incorporando un factor de cambio tecnológico “k” a la ecuación  $ACNPV_n$ , para determinar la edad óptima de renovación de 14 clones de caucho. Se asume que el cambio tecnológico resulta en un aumento proporcional de los ingresos netos. El valor presente neto amortizado acumulado con el factor “k” incorporado ( $ACNPV_k$ ) se expresa en la ecuación de abajo.

### Renovación de cultivo y costos de producción

Dependiendo de los factores del sitio y de manejo, los costos de renovación y producción varían entre plantaciones y también entre resiembras dentro de una plantación. Para este estudio, hemos usado como modelo una plantación de 3.700 hectáreas en Johore. El terreno de la plantación es en su mayoría ondulado, Tai

$$ACNPV_k = \sum_{t=0}^n \frac{NR_t}{(1+i)^t} \left( \frac{i(1+i)^t}{(1+i)^t - 1} \right) \left( \frac{1 - (1+i)^{-t} + tk(1+i)^{-t} + tk}{1 - (1+i)^{-t} + tk(1+i)^{-t}} \right)$$

**Tabla 1.** Determinación de la edad óptima de renovación

Edad de la palma (año)	Rentabilidad neta anual (RM/ha)	Valor presente neto descontado a 5% (RM/ha)	Valor presente neto acumulado (RM/ha)	Valor presente neto amortizado acumulado (RM/ha)
	NR	NPV <sup>1</sup>	CNPV <sup>2</sup>	ACNPV <sup>3</sup>
0	-4.374	-4.374	-4.374	-8.532
1	-1.970	-1.876	-6.250	-5.832
2	-2.240	-2.032	-8.282	-3.993
3	44	38	-8.244	.
.	.	.	.	.
.	.	.	.	3.411
20 (1)	3.520	1.326	28.021	3.494
21 (1+1)	3.489	1.252	29.273	

Notas para la Tabla 1. RM = Ringgits malayos

1) NPV<sup>1</sup>

El valor presente neto (NPV<sup>1</sup>) se define como el valor obtenido descontando, separadamente para cada año, la diferencia de todos los ingresos y egresos de caja acumulados a lo largo de la vida de una plantación a una tasa de interés predeterminada fija. Los valores presentes netos (NPVs) obtenidos para los años de la vida de la plantación se suman para obtener el valor presente neto acumulado (CNPV<sup>2</sup>) así:

$$CNPV_n = \sum_{t=0}^n \frac{NR_t}{(1+i)^t}$$

2) ACNPV<sup>3</sup>

Para obtener el valor presente neto amortizado acumulado (ACNPV<sup>3</sup>), el valor presente neto acumulado (CNPV<sup>2</sup>) se multiplica por el siguiente factor de amortización:  $\frac{i(1+i)^t}{(1+i)^t - 1}$

El valor presente neto amortizado acumulado (ACNPV<sub>n</sub>) en el año n se puede expresar con la siguiente ecuación:

$$ACNPV_n = \sum_{t=0}^n \frac{NR_t}{(1+i)^t} \left( \frac{i(1+i)^t}{(1+i)^t - 1} \right)$$

Donde:

NR = Rentabilidad neta anual

t = Edad de la palma en años = 0, 1, ..., n

i = Tasa de descuento (interés)

La tasa de descuento se toma como igual a la tasa de interés real en préstamos a largo plazo en el mercado de capital o la tasa de interés pagada por el prestatario y debe reflejar el costo de oportunidad del capital. El período de descuento se toma como igual a la vida económica de la plantación.

Tak, Lanchang y Harimau son las series de suelos dominantes. La plantación cuenta con una planta de beneficio.

### Costo de renovación

El costo de renovación del cultivo desde preparación de la tierra hasta la madurez (30 meses) es de RM 8.680/ha; los detalles se resumen en la Tabla 2. El alto costo de fertilización se debe al reciente aumento drástico en el precio de casi todos los fertilizantes especialmente N y K. Para tomar en cuenta la alta variación en el precio de fertilizantes, también se evaluó a un costo 50% menor al costo vigente.

### Costo de producción de racimos de fruta fresca (RFF)

El costo de producción de RFF se resume en la Tabla 3. Costos indirectos (RM770/ha incluyendo comisiones de agencia, salarios, bonificaciones, prestaciones,

servicios y bienestar, seguro, impuestos, alojamiento, médicos y hospitales, gastos de seguridad y talleres), costos de mantenimiento (RM430/ha incluyendo control de malezas, plagas y enfermedades, censo y raleo, drenajes, vías y puentes, conservación de suelo/agua, linderos, mediciones, cercas, herramientas, suministros, podas, legumbres de cobertura, ablación), y costos de fertilización (RM960/ha) se consideran como *fixos* (independientemente de rendimiento/ha) y por lo tanto se expresan en RM/ha mientras que los costos de cosecha y recolección (RM25/t RFF) y transporte interno (RM14/t FFB) se incurren únicamente cuando hay rendimiento de RFF.

### Rendimiento de racimos de fruta fresca (RFF)

El rendimiento de RFF (Tabla 4) se basa en la siguiente ecuación polinómica generada con datos tomados

**Tabla 2.** Costo de renovación de cultivo a madurez

Concepto	RM/ha <sup>1</sup>			Total	
	Año 0 2005	Año 1 2006	Año 2 2007	RM/ha	RM/point <sup>2</sup>
Costo indirecto <sup>3</sup>	650	680	710	2.040	15,00
Preparación de tierra y siembra excluyendo material de siembra <sup>3</sup>	1.870			1.870	13,75
Plántulas DxP de 10-12 meses de edad @RM1/semilla más RM3 costo de vivero	540			540	3,97
Costos de mantenimiento excluyendo fertilización <sup>3</sup>	1.110	670	810	2.590	19,04
Fertilización	260	1.100	1.300	2.660	19,56
<b>Total</b>	<b>4.350</b>	<b>1.980</b>	<b>2.350</b>	<b>8.680</b>	<b>63,82</b>
Fertilización a 50% del costo vigente	130	550	650	1.330	9,78

Nota: 1) RM/ha<sup>1</sup> redondeado a la decena más próxima

2) Densidad de siembra de 136 palmas/ha.

3) **Ítems bajo costos indirectos**

- Comisión de agencia
- Salarios, prestaciones
- Beneficios extrasalariales - trabajadores
- Servicios y bienestar
- Seguro
- Impuestos
- Alojamiento
- Médicos y hospitales

- Seguridad
- Talleres

**Ítems bajo preparación de tierras y siembra (excluyendo material de siembra):**

- Tala, desmonte, fumigación y arado
- Alineación/hoyado/siembra
- Terrazas/plataformas

**Ítems bajo costos de mantenimiento excluyendo fertilización)**

- Control de malezas

- Plagas y enfermedades
- Censo y raleo
- Drenajes, vías y puentes
- Conservación de suelo/agua
- Linderos, mediciones, cercas y herramientas
- Suministros
- Podas
- Legumbres
- Ablación

de dos plantaciones con aproximadamente 150.000 hectáreas de palma de aceite sembradas entre 1967 y 1989 en Malasia Peninsular y Sabah (no publicados). La mayor edad para renovación de cultivo disponible es de 30 años. Los rendimientos para el año 31 en adelante se extrapolaron.

$$Y = 7.3720X - 0.5946X^2 + 0.0201X^3 - 0.0003X^4 - 8.5469$$

$$R^2 = 0.92$$

Donde: Y = rendimiento de RFF en t/ha, y

X = edad de la palma después de la siembra en campo.

Los rendimientos de RFF generados con la ecuación anterior, y redondeados a la unidad de tonelada más próxima, y los rendimientos de más y menos 30% de las cifras generadas por la ecuación polinómica están tabulados en la Tabla 4.

### Costo de procesamiento, despacho y otros

El costo de procesamiento, despacho de aceite de palma crudo (APC) y de palmiste (PK), contribución

al fondo de investigación de la Junta de Aceite de Palma de Malasia (MPOB) e impuestos están tabulados en la Tabla 5.

### Tasa de extracción de aceite y de palmiste

La proporción aceite/racimo (A/R) para palmas de 3 a 16 años de edad reportada por Rao *et al.* (2001) se usó para generar la siguiente ecuación polinómica:

$$Y = 2.1756x - 0.1019x^2 + 10.478 \quad (R^2 = 0.5627)$$

Donde: Y = tasa de extracción de aceite en %, y

X = edad de la palma después de siembra en campo.

La ecuación polinómica se usó luego para generar la tasa de extracción de aceite (TEA) hasta el año 16 para este estudio. De allí en adelante, las cifras de TEA se redujeron arbitrariamente a razón de 0,1% por año para tomar en cuenta la disminución gradual en TEA con el aumento en peso de racimo e ineficiencia de cosecha a medida que las plantas se hacen más viejas. La tasa de extracción de aceite de palmiste (KER) se asume en 5,5% a lo largo del estudio. Estas cifras están tabuladas en la Tabla 6.

**Tabla 3.** Costos de producción de racimos de fruta fresca (RFF)

Concepto	RM/ha <sup>1</sup>	RM/t <sup>2</sup>
Costos indirectos <sup>3</sup>	770	
Costos de mantenimiento excluyendo fertilización <sup>3</sup>	430	
Fertilización	960	
Cosecha y recolección		25
Transporte a planta de beneficio (interno)		14
Depreciación	70	
<b>Total</b>	<b>2.230</b>	
Fertilización a 50% del costo actual	480	

Nota:

1) RM/ha redondeado a la decena más próxima

2) RM/t redondeado a la unidad más próxima

3) **Ítems bajo costos indirectos**

- Comisión de agencia
- Salarios, prestaciones
- Beneficios extrasalariales – trabajadores
- Servicios y bienestar
- Seguro
- Impuestos
- Alojamiento
- Médicos y hospitales
- Seguridad
- Talleres

**Ítems bajo costos de mantenimiento (excluyendo fertilización)**

- Control de malezas
- Plagas y enfermedades
- Censo y raleo
- Drenajes, vías y puentes
- Conservación de suelo/agua
- Linderos, mediciones, cercas y herramientas
- Suministros
- Podas
- Legumbres
- Ablación

## Precios

Los precios de los aceites de palma crudo y de palmiste son muy volátiles y por lo tanto es difícil decidir el precio adecuado que se debe usar. Para este estudio se analizaron datos publicados por la Junta de Aceite de Palma de Malasia ([www.mpob.gov.my/statistics2003](http://www.mpob.gov.my/statistics2003)) de 1980 a 2003. El precio del APC fluctuó drásticamente entre RM579/t en 1986 y RM2.378/t en 1998. Los precios correspondientes para aceite de palmiste (PK) fueron RM323/t y RM1.116/t respectivamente. En promedio, el precio del aceite de palmiste fue aproximadamente 59% del precio de APC.

Para efectos de este estudio se probaron tres niveles de precios de APC: medio (precio promedio entre

**Tabla 4.** Evaluación del rendimiento de RFF

Edad (después de siembra en campo)	Rendimiento de RFF (t/ha)		
	Medio (de ecuación)	Alto (Medio + 30%)	Bajo (Medio - 30%)
3	9	12	6
4	13	17	9
5	16	21	11
6	18	23	13
7	20	26	14
8	22	29	15
9	23	30	16
10	23	30	16
11	24	31	17
12	24	31	17
13	24	31	17
14	24	31	17
15	23	30	16
16	23	30	16
17	23	30	16
18	23	30	16
19	22	29	15
20	22	29	15
21	22	29	15
22	21	27	15
23	21	27	15
24	21	27	15
25	21	27	15
26	20	26	14
27	20	26	14
28	19	25	13
29	19	25	13
30	18	23	13
<b>31</b>	<b>16</b>	<b>21</b>	<b>11</b>
<b>32</b>	<b>15</b>	<b>20</b>	<b>11</b>
<b>33</b>	<b>13</b>	<b>17</b>	<b>9</b>
<b>34</b>	<b>10</b>	<b>13</b>	<b>7</b>

Nota: Todos los rendimientos se han redondeado a la unidad de tonelada más próxima. Los rendimientos generados para el año 31 en adelante (en negrita) son extrapolados.

**Tabla 5.** Costo de procesamiento, despacho, contribución al fondo de investigación de MPOB e impuestos

Concepto	RM
Procesamiento (por tonelada de racimos)	30
Despacho (por tonelada de aceite de palma crudo)	15
Despacho (por tonelada de aceite de palmiste)	15
Contribución al fondo de investigación de MPOB (por tonelada de aceite de palma crudo)	4
Impuesto (por tonelada de aceite de palma crudo)	11



**Tabla 6.** Tasa de extracción de aceite (TEA) y tasa de extracción de aceite de palmiste (TEAP)

Edad (año)	TEA (%)	TEAP (%)	Edad (año)	TEA' (%)	TEAP (%)
3	16,1	5,5	17	<b>19,3</b>	5,5
4	19,2	5,5	18	<b>19,2</b>	5,5
5	20,9	5,5	19	<b>19,1</b>	5,5
6	21,2	5,5	20	<b>19,0</b>	5,5
7	21,2	5,5	21	<b>18,9</b>	5,5
8	21,6	5,5	22	<b>18,8</b>	5,5
9	21,6	5,5	23	<b>18,7</b>	5,5
10	21,8	5,5	24	<b>18,6</b>	5,5
11	20,9	5,5	25	<b>18,5</b>	5,5
12	20,9	5,5	26	<b>18,4</b>	5,5
13	20,3	5,5	27	<b>18,3</b>	5,5
14	20,1	5,5	28	<b>18,2</b>	5,5
15	19,5	5,5	29	<b>18,1</b>	5,5
16	19,4	5,5	30	<b>18,0</b>	5,5
			31	<b>17,9</b>	5,5
			32	<b>17,8</b>	5,5
			33	<b>17,7</b>	5,5
			34	<b>17,6</b>	5,5

Nota: Todas las cifras se han aproximado a la décima más próxima TEA' para el año 17 en adelante (en negrita) se redujo arbitrariamente a la tasa de 0,1% por año para tomar en cuenta la disminución gradual en TEA con el aumento en el peso de racimo e ineficiencia de cosecha a medida que las palmas se hacen más viejas.

1980 y 2003), alto (medio más 30%) y bajo (medio menos 30%). El precio de PK se asume a 60% del precio de APC. El precio de APC se ha redondeado a la centena más próxima y el precio de PK se ha redondeado a la decena más próxima. Los precios de APC y PK entre 1980 y 2003, y los que se asumen para este estudio están tabulados en la Tabla 7.

### Combinaciones de factores evaluados

Se evaluó un total de 108 combinaciones de tres niveles de rendimiento de RFF, tres niveles de precios, dos niveles de costo de fertilización, dos niveles de tasa de descuento (tasa de interés) y tres niveles de factor de cambio tecnológico "k" (Tabla 8).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La edad óptima de renovación y el rendimiento de RFF correspondiente, la rentabilidad neta anual y el valor presente neto amortizado acumulado (ACNPV) en varias combinaciones de rendimiento de RFF, precio, costo de fertilización, tasa de descuento y nivel

**Tabla 7.** Precios (RM/t) de aceite de palma crudo (APC) y aceite de palmiste (PK)

Año	APC (entrega local)	PK (Ex-mill)	PK/APC (%)
1980	919	571	62
1981	964	534	55
1982	829	427	51
1983	991	678	68
1984	1.408	918	65
1985	1.046	534	51
1986	579	323	56
1987	773	463	60
1988	1.029	621	60
1989	822	550	67
1990	701	395	56
1991	837	511	61
1992	917	658	72
1993	890	463	52
1994	1.284	717	56
1995	1.473	737	50
1996	1.192	807	68
1997	1.358	757	56
1998	2.378	1.116	47
1999	1.450	1.070	74
2000	997	707	71
2001	895	448	50
2002	1.364	661	48
2003	1.544	732	47
Promedio	1.110	641	59

Fuente: www.mpob.gov.my

**Precios para entrega local de APC y PK supuestos para este estudio (RM/t)**

Concepto	APC	PK
Medio	1.100	660
Alto (medio + 30%)	1.400	840
Bajo (medio - 30%)	800	480

**Tabla 8.** Combinaciones de factores a varios niveles evaluados

Factor	Nivel		
	1	2	3
Rendimiento RFF	Bajo	Medio	Alto
Aceite de palma crudo (RM/t)	800	1.100	1.400
Aceite de palmiste (RM/t)	480	660	840
Costo fertilización	Bajo	Alto (costo actual)	
Tasa de descuento (%)	5	10	
Factor de cambio tecnológico k	0	0,02	0,04

de cambio tecnológico se encuentran tabulados en los Apéndices 1, 2 y 3 y se resumen en la Tabla 9.

<b>Tabla 9. Edad óptima de renovación (año)</b>					
Costo de fertilización	Tasa descuento (%)	Precio producto de palma	Factor de cambio tecnológico k		
			0	0.02	0.04
			<b>Rendimiento alto de RFF (Medio + 30%)</b>		
Alto	10	Medio -30%	32		
		Medio	31	29	26
		Medio +30%	31	26	21
	5	Medio -30%	29	29	29
		Medio	29	21	20
		Medio +30%	29	19	16
Bajo	10	Medio -30%	32	31	30
		Medio	32	27	25
		Medio +30%	31	22	20
	5	Medio -30%	29	29	29
		Medio	27	21	18
		Medio +30%	<b>24</b>	18	<b>15</b>
			<b>Rendimiento medio de RFF</b>		
Alto	10	Medio -30%	32		
		Medio	32	31	31
		Medio +30%	31	29	25
	5	Medio -30%	30	33	
		Medio	30	27	25
		Medio +30%	29	21	18
Bajo	10	Medio -30%	32	33	
		Medio	31	30	28
		Medio +30%	31	27	22
	5	Medio -30%	30	30	30
		Medio	30	24	21
		Medio +30%	29	20	17
			<b>Rendimiento bajo de RFF (Medio - 30%)</b>		
Alto	10	Medio -30%	<b>33</b>	32	32
		Medio			32
		Medio +30%			32
	5	Medio -30%	31	30	30
		Medio	30	32	32
		Medio +30%	30	27	25
Bajo	10	Medio -30%	33		
		Medio	32	33	32
		Medio +30%	32	30	30
	5	Medio -30%	30		
		Medio	30	30	28
		Medio +30%	30	25	21

Dependiendo de los supuestos, la edad óptima de renovación de cultivo fluctúa entre 15 años y más de 30 años. Los efectos de cambios tecnológicos, precios, tasa de descuento, rendimiento de RFF y costo de fertilización en la edad óptima de renovación se discuten separadamente a continuación:

### Cambio tecnológico

El cambio tecnológico que resulta en un aumento de los ingresos netos, disminuye considerablemente la edad óptima de renovación del cultivo. Por ejemplo,

con un costo bajo de fertilización, tasa de descuento de 5%, precios medios y rendimiento medio de RFF, la edad óptima de renovación se reduce de 30 años (rendimiento de RFF de 18t/ha) a 24 años (rendimiento de RFF en 21t/ha) sin ningún cambio tecnológico (Ej.  $k = 0$ ) con un factor de cambio tecnológico  $k$  igual a 0,02. Esto se reduce aún más a 21 años (rendimiento de RFF en 22t/ha) con un factor  $k$  igual a 0,04 (Tabla 10). El cambio tecnológico puede estar expresado en mejor material de siembra o mejores prácticas agronómicas y de manejo.



Por lo tanto, vale la pena considerar una renovación temprana del cultivo siempre y cuando haya mejoras en tecnología que conduzcan a un aumento significativo de ingresos, aun cuando el rendimiento de las palmas existentes sea todavía bueno. Un ejemplo es la introducción de palmas clonadas con mejor TEA y rendimiento de RFF.

Sin cambios tecnológicos, por ejemplo  $k = 0$ , la edad óptima de renovación del cultivo es más de 25 años para todas las 108 combinaciones de factores analizadas con excepción de un caso de 24 años con costos bajos de fertilización, tasa de descuento de 5%, alto rendimiento de RFF y altos precios (Tabla 9). Apparently, si no hay mejoras tecnológicas, lo mejor que se puede hacer es seguir cosechando las palmas hasta que sean demasiado altas para hacerlo.

### Precios de los productos de la palma

El precio de los productos de la palma también tiene un gran impacto en la edad óptima de renovación del cultivo. Por ejemplo, a costos bajos de fertilización, tasa de descuento de 5%, factor de cambio tecnológico  $k$  igual a 0,02, rendimiento medio de RFF, la edad óptima de renovación se reduce de 30 años

(rendimiento de RFF en 18t/ha) a precios bajos a 24 años (rendimiento de RFF en 21t/ha) a precios medios. Esto se reduce aún más a 20 años (rendimiento de RFF en 22t/ha) a precios altos (Tabla 11).

Lo anterior es cierto únicamente si los precios de los productos de la palma permanecen altos a lo largo de la vida útil de las palmas. Obviamente, en la práctica este no es el caso ya que se sabe que los precios fluctúan ampliamente aún en el corto plazo. Está bien demorar la renovación del cultivo durante cortos episodios de precios excepcionalmente altos para aprovechar la bonanza.

### Tasa de descuento

En comparación con los precios del producto, la tasa de descuento tiene el efecto contrario. Una alta tasa de descuento aumenta la edad óptima de renovación del cultivo. Por ejemplo, con bajo costo de fertilización, factor de cambio tecnológico  $k$  igual a 0,02, rendimiento medio de RFF y precios medios, la edad óptima de renovación aumenta de 24 años (rendimiento de RFF en 21t/ha) a tasa de descuento de 5% a 30 años (rendimiento de RFF en 18t/ha) cuando la tasa de descuento aumenta a 10% (Tabla 12).

**Tabla 10.** Impacto del cambio tecnológico en la edad óptima de renovación (año)

Costo de fertilización	Tasa de descuento (%)	Precio medio del producto (RM/t)		Particular	Rendimiento medio de RFF		
					Factor de cambio tecnológico $k$		
					0	0,02	0,04
Bajo	5	APC	PK	Edad (año)	30	24	21
				RFF (t/ha)	18	21	22
		1.100	660	NR (RM)	1.162	1.784	2.024
				ACNPV (RM)	1.155	1.759	2.016

Nota: NR = Rentabilidad neta anual      PK = Aceite de palmiste  
 ACNPV = Valor presente neto amortizado acumulado      RFF = Racimo de fruta fresca  
 APC = Aceite de palma crudo

**Tabla 11.** Impacto del precio de los productos de la palma en la edad óptima de renovación (año)

Costo de fertilización	Tasa de descuento (%)	Factor de cambio tecnológico $k$	Particular	Rendimiento medio de RFF		
				Precio producto de palma		
				Bajo	Medio	Alto
Bajo	5	0,02	Edad (año)	30	24	20
			RFF (t/ha)	18	21	22
			NR (RM)	12	1.784	3.520
			ACNPV (RM)	-130	1.759	3.411

Nota: NR = Rentabilidad neta anual      PK = Aceite de palmiste  
 ACNPV = Valor presente neto amortizado acumulado      RFF = Racimo de fruta fresca  
 APC = Aceite de palma crudo

## Rendimiento de RFF

El rendimiento de RFF también tiene un gran impacto en la edad óptima de renovación. Por ejemplo, con costos bajos de fertilización, tasa de descuento de 5%, factor de cambio tecnológico  $k$  igual a 0,02 y precios medios, la edad óptima de renovación de cultivo se reduce de 30 años (rendimiento de RFF en 13t/ha) con bajo rendimiento de RFF a 24 años (rendimiento de RFF en 21t/ha) a rendimiento medio de RFF. Esto se reduce aún más a 21 años (rendimiento de RFF en 29t/ha) con alto rendimiento de RFF (Tabla 13).

## Costo de fertilización

El costo de fertilización también afecta la edad óptima de renovación aunque en menor grado. Por ejemplo,

con una tasa de descuento del 5%, factor de cambio tecnológico  $k$  igual a 0,02, rendimiento medio de RFF y precios medios, la edad óptima de renovación se reduce de 27 años (rendimiento de RFF en 20t/ha) a altos costos de fertilización a 24 años (rendimiento de RFF en 21t/ha) a bajo costos de fertilización (Tabla 14).

## CONCLUSIONES

Dependiendo de la combinación del nivel de cambio tecnológico, precio, tasa de descuento, rendimiento de RFF y costo de fertilización, la edad óptima de renovación puede fluctuar entre 15 años y más de 30 años. La edad óptima de renovación varía inversamente con el nivel de cambio tecnológico, precio y rendimiento de RFF. Por ejemplo, niveles altos de

**Tabla 12.** Impacto de la tasa de descuento en la edad óptima de renovación (año)

Costo de fertilización	Tasa de descuento (%)	Factor de cambio tecnológico $k$		Particular	Rendimiento medio de RFF	
					Tasa de descuento (%)	
					5	10
Bajo	0,02	APC	PK	Edad (año)	24	30
				RFF (t/ha)	21	18
		1.100	660	NR (RM)	1.784	1.162
				ACNPV (RM)	1.759	1.039

Nota: NR = Rentabilidad neta anual  
 ACNPV = Valor presente neto amortizado acumulado  
 APC = Aceite de palma crudo  
 PK = Aceite de palmiste  
 RFF = Racimo de fruta fresca

**Tabla 13.** Impacto del rendimiento de RFF en la edad óptima de renovación (año)

Costo de fertilización	Tasa de descuento (%)	Factor de cambio tecnológico $k$		Particular	Precio producto de palma		
					Rendimiento medio de RFF		
					Bajo	Medio	Alto
Bajo	5	0,02		Edad (año)	30	24	21
				RFF (t/ha)	13	21	29
				NR (RM)	353	1.784	3.225
				ACNPV (RM)	300	1.759	31.20

Nota: NR = Rentabilidad neta anual  
 ACNPV = Valor presente neto amortizado acumulado  
 APC = Aceite de palma crudo  
 PK = Aceite de palmiste  
 RFF = Racimo de fruta fresca

**Tabla 14.** Impacto del costo de fertilización en la edad óptima de renovación (año)

Tasa de descuento (%)	Factor de cambio tecnológico $k$		Precio medio de producto (RM/t)	Particular	Rendimiento medio de RFF	
					Costo de fertilización	
					Bajo	Alto
5%	0,02	APC	PK	Edad (año)	24	27
				RFF (t/ha)	21	20
		1.100	660	NR (RM)	1.784	1.071
				ACNPV (RM)	1.759	1.041

Nota: NR = Rentabilidad neta anual  
 ACNPV = Valor presente neto amortizado acumulado  
 APC = Aceite de palma crudo  
 PK = Aceite de palmiste  
 RFF = Racimo de fruta fresca



los tres factores anteriores reducirían la edad óptima de renovación. Por otro lado, lo contrario es cierto para la tasa de descuento y costos de fertilización. Por ejemplo, niveles altos de estos dos factores aumentarían la edad óptima de renovación.

Lo anterior es cierto únicamente si los niveles de los diferentes factores supuestos permanecen igual a lo largo de la vida útil de las palmas. Obviamente, en la práctica este no es el caso, especialmente para factores que están fuera del control de la administración. Por ejemplo, los precios de los productos de la palma son muy volátiles aún en el corto plazo. La tasa de descuento y el costo de producción aunque no son tan volátiles como los precios de los productos, no son fijos. Adicionalmente, el mejoramiento del rendimiento mediante cambios tecnológicos puede no cumplir con las expectativas. Por lo tanto, es común tener opiniones diversas sobre la edad óptima

de renovación del cultivo. Sin embargo, es relativamente seguro considerar la renovación temprana del cultivo siempre y cuando exista una mejora en tecnología que conduzca a un aumento en los ingresos netos. Un ejemplo es la introducción de palmas clonadas con mejor tasa de extracción de aceite y más altos rendimientos de RFF.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a los señores de Investigación Agro-ecológica Avanzada (AAR) Sdn. Bhd. y a los señores de Boustead Holdings Bhd y Kuala Lumpur Kepong Bhd. por su permiso para presentar este artículo. Gracias también al Dr. Soh Aik Chin, Jefe de Investigación Agrícola, AAR y a mis colegas Gan Huang Huang y Heng Yong Choon por su invaluable contribución.

## REFERENCIAS

- Abdul Halim, I. 1969. Some considerations regarding the optimum ages for replanting rubber trees on smallholdings in Malaya. *Malayan Econ. Rev.* 14(2) : 55 - 78.
- Ani, A. 1971. Economic considerations regarding the determination of optimum ages for oil palm replanting in Malaysia. *Agr. Econ. Bull MARDI*, 1(3).
- Faris, JE. 1960a. Analytical techniques used in determining the optimal replacement pattern. *Journal of Farm Economics*, 42 (4) : 755 - 766.
- Faris, JE. 1960b. Economics of replanting cling peach trees, California. *Agr. Exp. Stat. Mimeo*. Report No. 232.
- Jayasuria, SWK. 1973. Dynamic replacement problem in the rubber industry of Sri Lanka. Thesis submitted for the degree of Master of Agricultural Development Economics, Australian National University.
- Malek, M. 1976. Some economic aspects of optimal replacement ages of rubber trees with references to the RRIM Estate in Pahang Tenggara. Thesis submitted for the degree of Master in Agricultural Development, University of Ghent.
- Malaysian Palm Oil Board. ([www.mpob.gov.my/statistics2003](http://www.mpob.gov.my/statistics2003))
- Rao, V; Gómez, M; Chayawat, N; Chia, CC; Lim, CC. 2001. Some factors influencing oil/bunch, OER and KER. Proc. International Palm Oil Congress on cutting-edge technologies for sustained competitiveness. Malaysian Palm Oil Board, Bangi: 167-191.



Apéndice 1. Edad óptima de renovación de cultivo con rendimiento medio de RFF									
Costo de fertilización	Tasa descuento (%)	Precio producto de palma	Particular	Factor de cambio tecnológico k					
				0	0,02	0,04			
Alto	10	Medio -30%	Edad (año)	32	33				
			RFF (t/ha)	15	13				
			NR (RM)	-785	-988				
			ACNPV(RM)	-980	-980				
		Medio	Edad (año)	32	33	31	32	31	32
			RFF (t/ha)	15	13	16	15	16	15
			NR (RM)	164	-169	341	164	341	164
			ACNPV(RM)	130	128	211	214	288	293
		Medio +30%	Edad (año)	31	32	29	30	25	26
			RFF (t/ha)	16	15	19	18	21	20
			NR (RM)	1.359	1.114	2.084	1.832	2.655	2.394
			ACNPV(RM)	1.240	1.239	1.972	2.000	2.406	2.472
	5	Medio -30%	Edad (año)	30	31	33	34		
			RFF (t/ha)	18	16	13	10		
			NR (RM)	-468	-677	-988	-1.283		
			ACNPV(RM)	-581	-582	-1.008	-1.031		
		Medio	Edad (año)	30	31	27	28	25	26
			RFF (t/ha)	18	16	20	19	21	20
			NR (RM)	682	341	1.071	885	1.281	1.092
			ACNPV(RM)	652	648	1.041	1.057	1.254	1.290
		Medio +30%	Edad (año)	29	30	21	22	18	19
			RFF (t/ha)	19	18	22	21	23	22
			NR (RM)	2.084	1.832	3.009	2.742	3.343	3.070
			ACNPV(RM)						
Bajo	10	Medio -30%	Edad (año)						
			RFF (t/ha)						
			NR (RM)	32	33	33	34		
			ACNPV(RM)	15	13	13	10		
		Medio	Edad (año)	-305	-508	-508	-803		
			RFF (t/ha)	-465	-465	-777	-788		
			NR (RM)	31	32	30	31	28	29
			ACNPV(RM)	16	15	18	16	19	19
		Medio +30%	Edad (año)	821	644	1.162	821	1.365	1.344
			RFF (t/ha)	645	645	1.039	1.052	1.342	1.376
			NR (RM)	31	32	27	28	22	23
			ACNPV(RM)	16	15	20	19	21	21
	5	Medio -30%	Edad (año)	1.839	1.594	2.847	2.590	3.222	31.93
			RFF (t/ha)	1.755	1.754	2.713	2.754	3.160	3.256
			NR (RM)	30	31	30	31	30	31
			ACNPV(RM)	18	16	18	16	18	16
		Medio	Edad (año)	12	-197	12	-197	12	-197
			RFF (t/ha)	-78	-80	-130	-134	-168	-174
			NR (RM)	30	31	24	25	21	22
			ACNPV(RM)	18	16	21	21	22	21
		Medio +30%	Edad (año)	1.162	821	1.784	1.761	2.024	1.830
			RFF (t/ha)	1.155	1.150	1.759	1.796	2.016	2.082
			NR (RM)	29	30	20	21	17	18
			ACNPV(RM)	19	18	22	22	23	23
			2.564	2.312	3.520	3.489	3.855	3.823	
			2.389	2.388	3.411	3.494	3.764	3.926	


**Apéndice 2.** Edad óptima de renovación con con rendimiento alto de RFF (Medio + 30%)

Costo de fertilización	Tasa descuento (%)	Precio producto de palma	Particular	Factor de cambio tecnológico k					
				0		0,02		0,04	
Alto	10	Medio -30%	Edad (año)	32	33				
			RFF (t/ha)	20	17				
			NR (RM)	-304	-606				
			ACNPV(RM)	-434	-434				
		Medio	Edad (año)	31	32	29	30	26	27
			RFF (t/ha)	21	20	25	23	26	26
			NR (RM)	1.144	962	1.842	1.491	2.089	2.061
			ACNPV(RM)	1.012	1.011	1.609	1.632	2.010	2.065
		Medio +30%	Edad (año)	31	32	26	27	21	22
			RFF (t/ha)	21	20	26	26	29	27
			NR (RM)	2.480	2.228	3.782	3.746	4.676	4.162
			ACNPV(RM)	2.458	2.457	3.745	3.806	4.336	4.465
	5	Medio -30%	Edad (año)	29	30	29	30	29	30
			RFF (t/ha)	25	23	25	23	25	23
			NR (RM)	237	21	1.842	1.491	2.447	2.961
			ACNPV(RM)	22	22	1.629	1.627	3.236	3.232
		Medio	Edad (año)	29	30	21	22	20	21
			RFF (t/ha)	25	23	29	27	29	29
			NR (RM)	237	21	2.745	2.372	4.716	4.676
			ACNPV(RM)	36	36	2.343	2.398	4.661	4.771
		Medio +30%	Edad (año)	29	30	19	20	16	17
			RFF (t/ha)	25	23	29	29	30	30
			NR (RM)	237	21	2.808	2.776	5.122	5.080
			ACNPV(RM)	46	47	2.679	2.791	4.942	5.167
Bajo	10	Medio -30%	Edad (año)	32	33	31	32	30	31
			RFF (t/ha)	20	17	21	20	23	21
			NR (RM)	176	-126	1.624	1.442	3.441	2.960
			ACNPV(RM)	81	81	1.527	1.527	2.973	2.973
		Medio	Edad (año)	32	33	27	28	25	26
			RFF (t/ha)	20	17	26	25	27	26
			NR (RM)	176	-126	2.541	2.349	4.530	4.262
			ACNPV(RM)	135	134	2.358	2.395	4.471	4.542
		Medio +30%	Edad (año)	31	32	22	21	20	21
			RFF (t/ha)	21	20	27	29	29	29
			NR (RM)	289	176	2.852	2.823	5.196	5.156
			ACNPV(RM)	180	184	2.742	2.826	5.136	5.300
	5	Medio -30%	Edad (año)	29	30	29	30	29	30
			RFF (t/ha)	25	23	25	23	25	23
			NR (RM)	717	501	2.322	1.971	3.927	3.441
			ACNPV(RM)	525	525	2.132	2.129	2.729	2.734
		Medio	Edad (año)	27	28	21	22	18	19
			RFF (t/ha)	26	25	29	27	30	29
			NR (RM)	856	736	3.225	2.852	5.519	5.236
			ACNPV(RM)	837	851	3.120	3.181	5.176	5.308
		Medio +30%	Edad (año)	24	25	18	19	15	16
			RFF (t/ha)	27	27	30	29	30	30
			NR (RM)	1.020	999	3.494	3.288	5.644	5.602
			ACNPV(RM)	974	1.009	3.485	3.616	5.593	5.847

Apéndice 3. Edad óptima de renovación con rendimiento bajo de RFF (Medio -30%)									
Costo de fertili- zación	Tasa descuento (%)	Precio producto de palma	Particular	Factor de cambio tecnológico k					
				0		0,02		0,04	
Alto	10	Medio -30%	Edad (año)	33	34	32	33	32	33
			RFF (t/ha)	9	7	11	9	11	9
			NR (RM)	-1.370	-1.567	-474	-803	222	-236
			ACNPV(RM)	-1.525	-1.525	-751	-752	23	22
		Medio	Edad (año)					32	33
			RFF (t/ha)					11	9
			NR (RM)					222	-236
			ACNPV(RM)					23	22
		Medio +30%	Edad (año)					32	33
			RFF (t/ha)					11	9
			NR (RM)					222	-236
			ACNPV(RM)					52	50
	5	Medio -30%	Edad (año)	31	32	30	31	30	31
			RFF (t/ha)	11	11	13	11	13	11
			NR (RM)	-1.162	-1.171	-127	-462	704	237
			ACNPV(RM)	-1.183	-1.183	-322	-324	539	535
		Medio	Edad (año)	30	31	32	33	32	33
			RFF (t/ha)	13	11	11	9	11	9
			NR (RM)	-127	-462	-474	-803	-474	-803
			ACNPV(RM)	-322	-324	-552	-332	-721	-744
		Medio +30%	Edad (año)	30	31	27	28	25	26
			RFF (t/ha)	13	11	14	13	15	14
			NR (RM)	704	237	988	740	1.259	1.007
			ACNPV(RM)	539	535	856	870	1.023	1.057
Bajo	10	Medio -30%	Edad (año)	33	34				
			RFF (t/ha)	9	7				
			NR (RM)	-890	-1.087				
			ACNPV(RM)	-1.010	-1.010				
		Medio	Edad (año)	32	33	33	34	32	33
			RFF (t/ha)	11	9	9	7	11	9
			NR (RM)	6	-323	-323	-648	702	244
			ACNPV(RM)	-236	-237	-395	-403	538	537
		Medio +30%	Edad (año)	32	33	30	31	30	31
			RFF (t/ha)	11	9	13	11	13	11
			NR (RM)	702	244	1.184	717	1.184	717
			ACNPV(RM)	538	537	866	877	1.173	1.195
	5	Medio -30%	Edad (año)	30	31				
			RFF (t/ha)	13	11				
			NR (RM)	-478	-682				
			ACNPV(RM)	-681	-681				
		Medio	Edad (año)	30	31	30	31	28	29
			RFF (t/ha)	13	11	13	11	13	13
			NR (RM)	353	18	353	18	381	367
			ACNPV(RM)	181	178	300	299	365	377
		Medio +30%	Edad (año)	30	31	25	26	21	22
			RFF (t/ha)	13	11	15	14	15	15
			NR (RM)	1.184	717	1.739	1.487	1.822	1.801
			ACNPV(RM)	1.042	1.037	1.613	1.642	1.781	1.848