

# Evaluación de racimos vacíos: de suelo en plantaciones vs combustible para generación de electricidad\*

## Empty Fruit Bunches Evaluation: Mulch in Plantation vs. Fuel for Electricity Generation

N Ravi Menon,  
Zulkifli Ab Rahman,  
Nasrin Abu Bakar<sup>1</sup>

### Palabras Clave

Palma de aceite, Racimos vacíos, combustible, fertilización orgánica.

### Resumen

Este artículo presenta un análisis económico de la utilización de racimos vacíos como cobertura de suelo o como combustible, sin tomar en cuenta la inversión de capital en el proyecto de producción de electricidad a partir de energía renovable.

### Summary

**A deeper insight into the mechanism of EFB utilization with the financial analysis. if used as a mulch or fuel, is presented in this paper, without taking into account the capital investment involved in the UK power project.**

### Introducción

Existen razones importantes que apoyan el uso de racimos vacíos (RV) como fuente de energía renovable (ER) para generación de electricidad. Aunque el uso actual de RV como cobertura del suelo no tiene beneficios económicos, existen otros usos que representan ganancias económicas y otras ventajas cuando se usa como fuente de energía renovable para generación de electricidad.

Con la rápida disminución de los combustibles fósiles es necesario encontrar una alternativa. La mayoría de los países industrializados están tratando de desarrollar la biomasa como un método alternativo para generación de electricidad. Malasia tiene una fuente abundante y disponible de biomasa representada en racimos vacíos de palma de aceite. Este recurso está recogido y disponible de manera conve-

\* Tomado de Oil Palm Industry Journal v.3 no. 2. 2003. Traducido por Fedepalma.  
1. Malaysian Palm Oil Board, P.O. Box 10620,50720 Kuala Lumpur, Malaysia

niente en todas las plantas de beneficio. Todo lo que hay que hacer es convertirla en energía en la forma más eficiente y el país está listo para explotar esta importante y sostenible fuente de energía renovable para el futuro.

Debido a que el país tiene que cumplir el objetivo de obtener con este recurso 5% de la energía proveniente de la red eléctrica nacional en el 2005, debe actuar rápido. El mayor logro será la reducción en emisiones de gases de invernadero generando electricidad con base en biomasa renovable donde exista una ganancia considerable en créditos de carbono. Este factor por si solo constituye una razón importante para intentarlo.

### Metodología

La metodología usada consiste en la comparación de los beneficios económicos obtenidos por la reducción de costos de fertilizantes usando racimos vacíos con los ingresos obtenidos por la venta de la electricidad generada a Tenaga National Berhad. En esta evaluación se toman en cuenta todos los beneficios económicos, incluyendo un incremento de rendimiento de RFF de 15% cuando se usan racimos vacíos como fertilizante complementario. Para generación eléctrica, esta evaluación considera los cálculos termodinámicos de alta eficiencia térmica con el uso de una caldera de alta presión y un condensador de baja presión.

### Revisión

#### Evaluación como cobertura de suelo (mulch)

Los racimos vacíos como cobertura del suelo y distribuidos de manera uniforme en el campo actúan como fertilizante. Existen tres componentes de costo cuando se usan racimos vacíos en el campo (Gurmit *et al.*, 1999):

- Costo de cargue de RV. Los racimos vacíos que salen de la planta de beneficio se transportan a las tolvas, que por lo general están relativamente distantes
- Transporte de la planta de beneficio a la plantación. De las tolvas se cargan en remolques o camiones para llevarlos a las diferentes parcelas de la plantación.
- Distribución en el campo. Los racimos vacíos se cargan manual o mecánicamente en remolques tirados por minittractores para distribución en el campo.

### *Cantidades aplicadas.*

Las siguientes cantidades se pueden usar como guía:

- Cobertura en círculo alrededor de palmas inmaduras y recién sembradas (75 a 25 t/ha/año)
- Palmas maduras en suelos costeros (25 a 40 t/ha/año)
- Palmas maduras en suelos del interior (35 a 70 t/ha/año).

Para obtener los mejores beneficios de la aplicación de racimos vacíos al campo, también se requiere la aplicación de suplementos inorgánicos para los estados inmaduros y maduros de las palmas, como se muestra en las Tablas 1 y 2 (Gurmit *et al.*, 1999).

Sin embargo, existen innumerables problemas asociados con la aplicación de racimos vacíos como cobertura del suelo:

- Distancia de la planta de beneficio al campo
- Condiciones de campo desfavorables como áreas montañosas, terreno blando *etc.*, que obstaculizan la operación de vehículos
- Tráfico pesado que daña las vías y los caminos de cosecha requiriendo arreglos frecuentes que pueden ser costosos

- Difícil acceso de vehículos durante los meses de lluvia
- Proliferación de moscas en campos cubiertos de racimos vacíos cerca de las barracas de trabajadores. Cuando se amontonan al lado de las vías, además de facilitar la proliferación de escarabajos rinoce- ronte, causan lixiviación de potasio
- Número insuficiente de vehículos durante los meses de alta cosecha que causa el descuido de la evacuación de racimos vacíos para dar prioridad a la evacuación de RFF
- En el caso de programas gubernamentales, a los colonos no se les paga por usar racimos vacíos para cobertura de suelo.

Además, muchas plantas de beneficio no tienen plantaciones y tienen que correr con el costo de transporte para evacuación de racimos vacíos. Se obtuvieron datos detallados (Hoong y Nadaraja, 1988) de años de ensayos de campo realizados por Sabah Land Development Board (SLDB) y Kum- pulan Guthrie y otras plantaciones. En la actualidad, la mayoría de los raci- mos vacíos se usan para cobertura de suelo en plantaciones y sólo unas pocas plantaciones usan incineración. El análisis de composición de racimos vacíos se muestra en la Tabla 3.

La cantidad usual de racimos va- cíos aplicada es de 35 a 70 t/ha. Los resultados de los ensayos realizados por la SLDB sobre contenido de nutrientes en 1 tonelada de RV se muestran en la Tabla 4.

Según estos resultados, el valor económico de una tonelada de racimos vacíos como fertilizantes es de RM 11,47, con base en los precios de fertilizante a diciembre de 2002.

Sin embargo, de acuerdo con los hallazgos de Loong *et al.* (1987) el contenido de nutrientes es variable,

Tabla

1

Tasa de aplicación de fertilizantes inorgánicos en palmas inmaduras

Palmas inmaduras: suelos del interior		Palmas inmaduras: suelos costeros	
Fertilizante inorgánico	Aplicación (Kg/ha)	Fertilizante inorgánico	Aplicación (Kg/ha)
Sulfato de amonio	148	Urea	102
		Roca fosfórica	34

Tabla

2

Tasa de aplicación de fertilizantes inorgánicos en palmas maduras

Palmas maduras: suelos del interior		Palmas maduras: suelos costeros	
Fertilizante inorgánico	Aplicación (Kg/ha)	Fertilizante inorgánico	Aplicación (Kg/ha)
Sulfato de amonio	148-144	Urea	102-136
Muriato de potasa	0-148	Roca fosfórica	34-136

Tabla

3

Contenido de nutrientes de racimos vacíos

Composición como porcentaje de materia seca				
Nitrógeno (N)	Fósforo (P)	Potasio (K)	Magnesio (Mg)	Calcio (Ca)
0,44	0,144	2,24	0,36	0,36

el valor obtenido puede ser menor. Los valores se muestran en la Tabla 5.

En ambos casos (Tablas 4 y 5), el incremento de 15 - 20% en rendimiento, que afirman algunos inves- tigadores no se ha tomado en cuenta. Este punto se discute más adelante en este artículo.

Además de proveer nutrientes a las palmas a través de un proceso de liberación lenta, se sabe que los racimos vacíos como cobertura orgánica mejoran la estructura y retención de humedad del suelo y estimulan el crecimiento radical para mejor absor- ción de agua y nutrientes. Su efecto protector minimiza la lixiviación y la erosión del suelo especialmente en zonas muy pendientes bajo condi- ciones de intensas lluvias.

**Tabla 4** Contenido de fertilizante de racimos vacíos (RV) (l t)

Componente	Cantidad equivalente de nutriente (kg)	Precio fertilizante (RM/t)	Precio fertilizante (RM)	Valor real de nutriente como fertilizante (RM)
Urea	3,8	540-580	0,54	2,05
Roca fosfórica	3,9	545	0,55	2,15
Muriato de potasa	18,0	230-250	0,23	4,14
Kieserite	9,2	340-400	0,34	3,13
Valor total como fertilizante /t RV				11,47

**Tabla 5** Contenido de nutriente de racimos vacíos (rv) (l t) y su valor como fertilizante

Componente	Cantidad Equivalente Nutriente (Kg)	Precio fertilizante (RM/T)	Precio fertilizante (RM)	Valor real como fertiliz. (RM)
Urea	3,0	540-580	0,54	1,62
Roca fosfórica	0,6	545	0,55	0,33
Muriato de potasa	12,0	230-250	0,23	2,76
Kieserite	2,0	340-400	0,34	0,68
Valor total como fertilizante/t RV				5,39

**Tabla 6** Valor de racimos vacíos (rv) comparado con fertilizante inorgánico

(t/ha)	Cantidad aplicada (kg/ha)		Valor de nutriente		
	Urea	MP	Roca fosfórica	Kieserite	(RM/ha)
40	152	702	156	368	601,60
70	266	1.260	273	644	1.052,8

Los racimos vacíos como cobertura del suelo por lo general se usan dentro de un radio de 5 km. de distancia de las plantas de beneficio y no hay disponibilidad para toda la plantación. También se necesitará nutrición suplementaria ya que los racimos vacíos por sí solos no pueden satisfacer por completo los requerimientos

nutritivos de las palmas. La Tabla 6 muestra los nutrientes suministrados por dos cantidades diferentes de aplicación de racimos vacíos.

**Otros ensayos en plantaciones.**

Las Tablas 7 y 8, muestran el cálculo de los efectos benéficos de la aplicación de RV a razón de 25 t/ha/año.

Los precios de la mayoría de los componentes de los fertilizantes inorgánicos, excepto muriato de potasa (MP), han subido, como se muestra en la Tabla 9.

**Otros factores de costo y beneficio**

La aplicación de RV como cobertura del suelo en plantaciones de palma de aceite involucra otros factores de costo y beneficio, como se muestra en la Tabla 10. Los valores se dan por hectárea con un rendimiento de RV de 22 t/ha.

Es importante anotar que las cifras en la Tabla 10 se obtuvieron en condiciones de estricto control y monitoreo. En condiciones más reales, es muy dudoso que sea posible lograr una distribución uniforme de RV en el campo. Además, los racimos vacíos generados en las plantas de beneficio sólo podrían cubrir una pequeña parte de la plantación debido a los altos costos de transporte involucrados. Durante los periodos de alta cosecha, la tendencia es dar mayor prioridad a los racimos de fruta fresca que a los racimos vacíos, descuidando las labores de evacuación y aplicación de los vacíos. Estos puntos se deben tomar en cuenta cuando se le da demasiada importancia a los beneficios de la aplicación de RV.

**Evaluación de racimos vacíos (RV) como combustible para generación de electricidad**

Con un contenido de humedad de 65%, los racimos vacíos tienen un valor calorífico de 6.028 kJ/kg (= CV). El contenido de calor de 1 tonelada de RV = 6.028 x 1.000 kJ = 6.028 000 kJ.

Tabla  
7

Ahorro potencial por aplicación de racimos vacíos en plantaciones (ha/año)

	Nitrógeno	Fósforo	Potasio	Magnesio	Ahorro (RM)
RV (25 t/ha)	80	10	241	18	
Tipo fertilizante	S/A	CIRP	MOP	Kieserite	392
	N=21%	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> =35%	K <sub>2</sub> O=60%	MgO=26%	con base en precios de aceite de palma = 1.050 y palmiste = 700
Equivalente (kg/ha)	381	64	484	115	
Valor monetario (RM)	153	17	187	35	
Incremento de 50% para precios actuales de productos de palma, RM 1.575					588

Una caldera generando vapor a 42 bar absoluto con una temperatura de 500° C y una turbina de condensación operando a una presión entre 42 bar y 0,035 bar puede dar una eficiencia de ciclo de Rankine de 39,8%. La eficiencia térmica real es por lo general 84% de esto. Aún si se asume un ciclo de eficiencia Rankine de 80%, la térmica es 32%. Sin embargo, en este análisis, la eficiencia térmica general se asume en 25%. Por tanto, 1 t de RV con 65% de humedad debe producir  $6.028.000 \times 0,25 \text{ kJ} = 1.507.000 \text{ kJ}$  de energía.

$1.507.000 \text{ kJ} = 1.507.000/3.600 \text{ kWh} = 418,6 \text{ kWh}$  (Ej.: unidades de electricidad).

Al asumir que el precio mínimo ofrecido por TNB por unidad de electricidad es 17 centavos (todavía bajo negociación). El ingreso bruto sería de RM 71,16.

Al asumir 30% en costos operacionales y de mantenimiento, el ingreso sería de RM 49,81.

### Análisis

Una tonelada de RV usada como cobertura de suelo tendría un valor de RM 14,40 (Tabla 10). Esta cifra incluye los beneficios como fertilizante y el incremento de rendimiento de RFF por el uso de RV como fertilizante suplementario.

En el caso de generación de electricidad usando RV como combustible,

Tabla  
8

Costo de fertilizantes inorgánicos usados para el cálculo anterior a 1989

Sulfato de amonio (S/A)	CIRP (roca fosfórica)	Muriato de potasa	Kieserite
RM 401	RM 61	RM 386	RM 298

Tabla  
9

Costo de fertilizante inorgánico a diciembre de 2002

Sulfato de amonio (S/A)	Roca fosfórica	Muriato de potasa	Kieserite
RM 540-580	RM 545	RM 230-250	RM 340 - 400

aún cuando los cálculos termodinámicos indican una eficiencia de ciclo de Rankine de 39,8%, en este ejercicio se consideró una cifra conservadora de 25% para producción de energía. Además, la tarifa de TNB usada para este análisis fue de 17 centavos pero es muy posible que suba con base en la solicitud de la MPOB en cuyo caso la ganancia neta sería en lo sustancial más alta que la mostrada en este ejercicio.

### Discusión y Conclusiones

El valor económico de 1 tonelada de RV como cobertura es tan sólo de RM 14,40, mientras que como combustible para generación de electricidad es de RM 49,81. El rendimiento es 3,5 veces mayor - indicando sin lugar a dudas que existe una ganancia

**Tabla 10** Factores de costo asociados con racimos vacíos aplicados al suelo

	Productos	Cantidad	Valor (RM)
(a) Mayor rendimiento que en fertilización normal	Rendimiento RFF @15% x 22 t	3,3 t	-
	Ganancia correspondiente en aceite	0,66 t	-
	Ganancia correspondiente en palmiste	0,20 t	-
(b) Ingresos adicionales	Valor bruto aceite @ RM 850/t	0,66 t	561,00
	Valor bruto palmiste @ RM 450/t	0,20 t	90,00
	Total valor bruto de productos		651,00
(c) Costo aplicación RV NPK suplementario	RV @37 t x RM S/t	37 t	185
	Sulfato amonio	136 kg	37,40
	Roca fosfórica	204 kg	41,80
	Muriato de potasa	136 kg	47,60
	Costo aplicación-3 ciclos	RM 5/ciclo	15,00
	Costo total aplicación		326,80
(d) Costo fertilización normal normal (FN)	Sulfato de amonio: 408 kg	RM 275/t	112,20
	Roca fosfórica: 204 kg	RM 205/t	41,80
	Muriato de potasa: 408	RM 350/t	142,80
	Kieserite: 136 kg	RM 300/t	40,80
	Borato 48:14 kg	RM 260/t	17,60
	Costo aplicación-7 ciclos	RM 5/ciclo	35,00
	Costo total		390,20
(e) Ahorros sobre FN	(d - c)	390,20 - 326,80	63,40
(f) Costo adicional	Cosecha, recolección y transporte @RM 27/ t RFF	3,3 t	89,10
	Procesamiento @ RM 28/t RFF	3,3 t	92,40
	Total		181,50
(g) Rendimiento neto de 37 t de RV aplicados a 1 t	(b + e -f)		532,90
(h) Rendimiento neto de 1t RV usado como cobertura	(g) / 37		14,40

Fuente: Gurmit *et al.*, (1999) Chan (1996)

económica significativa en el uso de RV para generación de electricidad.

La ganancia sería sustancialmente más alta si la tarifa eléctrica usada para este cálculo es de 20 centavos en vez de 17. Además de la ganancia económica, el ahorro en combustibles fósiles y el posible uso de créditos de

carbono justifican el uso de recursos renovables para generar electricidad.

Además, Malasia será visto como el país que da el primer paso serio para cumplir con su obligación con el mundo de reducir las emisiones de gases de invernadero, que de por sí es una noble acción que vale la pena considerar.

## Agradecimientos

Los autores desean expresar su gratitud por la asistencia técnica suministrada por el Dr Chan Kook Weng, y el Dr Rajanaidu y también por el apoyo recibido del Director de la División de Ingeniería y Procesamiento y el Director-General de la MPOB.

## Bibliografía

- CHAN, K.W. 1996. Economics of environmental protection and sustainable crop management practices in the oil palm industry Proceedings of the 1996 Porim International Palm Oil Congress. Kuala Lumpur. p.181.
- CHAN, K.W.; CHOW, M.C.; MA, A.N.; YUSOF BASIRON. 2002. The global challenge of GHG emission on carbon reduction: palm oil industry. Paper presented at the 2002 National Seminar on Palm Oil Milling, Refining Technology, Quality & Environment. 19-20 August 2002, Magellan Sutura Hotel, Kota Kínabalu, Sabah. 12 pp.
- GURMIT, S.; KOW, D.L.; LEE, K.H.; LIM, K.C.; LOONG, S.G. 1999. Empty fruit bunches as mulch. The Oil Palm and the Environment - a Malasyan Perspective Gurmit, S.; Lim K.H.; Teo, L.; David, L.K., Kuala Lumpur. p. 171-181.
- HOONG, H.W.; NADARAJA, M.N. 1988. Mulching of empty fruit bunches of oil palm. SLD/Porim Wokshop on Palm Oil Milling Tecnhnology. Kotya Kinabalu, Sabah. p.38-50
- LOONG, S.G.; MOHD NAZEEB; LETCHUMANAN; WOOD, B.J. 1990. Under planting as a means to shorten the non-productive period of oil palm. Proceedings of the 1989 Porim International Palm O-1 Congress (Jalani, B.S; Zin, Z. Z.; Paranjothy, K.; Ariffin, D.; Rajanaidu, N.; Cheah, S. C; Mohd Basri, W.; Henson, I. E.; Mohd Tayeb, D. eds.). Kuala Lumpur. p. 159-168.

## TARIFAS DE SUSCRIPCIÓN 2004

Publicación	Periodicidad	Colombia	Exterior
Revista Palmas	Trimestral (4)	\$ 150.000	US\$ 85
El Palmicultor y Ceniavances	Mensual (12)	\$ 105.000	US\$ 75
Tarifa Palmera (Palmas, El Palmicultor, Ceniavances, Alerta y Calendario)	Oferta sólo para palmicultores colombianos	\$ 100.000	--

### Informes:

Fedepalma. Tel. 3210300, ext 113 - Fax (57) (1) 2113508  
www.fedepalma.org /e-mail ci@fedepalma.org

Tarifa regular por un año (incluye parte de correo)

## Fondo de Fomento Palmero

### *Apoyo para el sector palmicultor*

Su cuota de Fomento Palmero está apoyando:

- Investigación, difusión y promoción de tecnologías
- Estudios de comercialización
- Información económica y estadística
- Competitividad
- Gestión ambiental
- Capacitación
- Difusión

**De los palmicultores y  
para los palmicultores**

**La palma de aceite, una agroindustria eficiente  
y competitiva internacionalmente**