

# Proyecto comercial de compostaje de los desechos agroindustriales de la palma aceitera

## Oil Palm Agroindustrial Residues Composting Project

**Randall Torres<sup>1</sup>**  
**Álvaro Acosta**  
**Carlos Chinchilla**

### Resumen

Se presentan los resultados de un proyecto comercial, cuyo objetivo es transformar la fibra del raquis de los racimos y los efluentes, principales residuos de la Agroindustria de la Palma de Aceite, en abono orgánico, dado que las características físicas y químicas de esta materia prima son ideales para obtener un compost de alta calidad. Se construyó un patio de compostaje en 4 hectáreas, en donde la mecanización del transporte de la materia prima, la aplicación de los efluentes y el procesamiento puede realizarse con tres obreros, bajo el mando de un coordinador general. El ensacado y la aplicación de compost al campo (24-30 t/día) se hace con cinco personas y un equipo mecánico de transporte. Por cada tonelada de fibra de raquis procesada, se obtienen 560 kg de compost, el cual tiene una densidad de 417 kg/m<sup>3</sup>, lo que implica un ahorro considerable en transporte, respecto a aplicarlo como fibra (250 kg/m<sup>3</sup>). En promedio, tanto para condiciones experimentales como comerciales, se ha obtenido un compost con las siguientes características químicas (% sobre base seca): N (2.88-4.50), P (1.50-2.52), K (4.40-5.01), Ca (4.33-4.59), Mg (0.73-0.84). La humedad final del producto oscila entre 45 y 55%. La planta extractora de aceite en donde se encuentra el proyecto, procesará durante el año 2003 un estimado de 91,500 t de racimos frescos, los cuales generarán unas 13,100 t de fibra de racimos, y unos 73.200 m<sup>3</sup> de efluentes (de los cuales se utilizará aproximadamente un 40% en el proceso de compostaje). La producción de compost para este periodo se estima en 6,577 t, la cual será aplicada en aproximadamente 1,000 ha de plantación, con un costo total de proceso y aplicación en el campo de \$ 18,34/t. Si se compara el aporte nutricional del compost con el de un fertilizante químico, el proyecto de compostaje puede generar un ahorro de \$46,282/año, con lo cual la inversión en equipos e infraestructura se pagaría en cuatro años. Finalmente, se presentan otros aspectos técnicos (obras civiles, equipo, etc.), y financieros del proyecto en progreso en la región de Quepos, Costa Rica.

### Palabras Clave

Abono orgánico,  
Raquis,  
Compostaje,  
Uso de residuos,  
Efluentes.

### Summary

The results of this commercial project, which objective is to transform the empty bunches fiber and the effluents, main residues of the oil palm agroindustry, in organic fertilizer since the physical and chemical characteristics of this raw material are ideal to obtain a high quality compost, are herein presented. A composting yard was built in 4 ha, where the raw material transportation

1 . Palma Tica S. A. - ASD de Costa Rica, P.O. Box 30-1000 San José, Costa Rica.

Nota: Este artículo se publica "sin editar", la responsabilidad de los textos es de los autores.

mechanization, the application of effluents and the processing may be done with three workers, under the orders of a general coordinator. The bagging and compost application to the field (24-30 t/day) is carried out with five people and a transportation mechanical equipment. For each ton of processed empty bunch fiber, 560 kg of compost are obtained, which have a density of 417 kg/m<sup>3</sup> that implies considerable savings in transportation, compared to applying it as fiber (250 kg/m<sup>3</sup>). As an average, both for experimental and commercial conditions, a compost with the following chemical characteristics (% over dry base): N (2.88-4.50), P (1.50-2.52), K (4.40-5.01), Ca (4.33-4.59), Mg (0.73-0.84) has been obtained. Final moisture of the product oscillates between 45 and 55%. The palm oil mill where the project is located, will process during the year 2003, an estimate of 91,500 t of fresh bunches, which will generate some 13,100 t of empty bunch fiber and some 73,200 m<sup>3</sup> of effluents (of which approximately a 40% will be used in the composting process). The compost production for that year is estimated to be of 6,577 t, which will be applied to approximately 1.000 ha of crops, with a total process and application cost of \$ 18,34/ton Colombian pesos. If the compost nutritional contribution is compared to the chemical fertilizers, the composting Project may generate savings of \$46,282/year, with which the investment in equipment and infrastructure would be paid up in 4 years. Finally, there are other technical aspects of the project in progress in the region of Quepos, Costa Rica.

## Introducción

Los suelos en que se ha sembrado la palma aceitera en América tropical, en general, han sufrido un manejo deficiente que ha afectado desfavorablemente sus características físicas, químicas y biológicas a través de los años.

Las prácticas agrícolas inadecuadas provocan una reducción en los rendimientos potenciales del cultivo, y los suelos "enfermos y agotados" se han asociado con una mayor incidencia de diversos problemas fitosanitarios (Chinchilla, 1997).

La recuperación de los suelos agrícolas implica entre otras cosas, aumentar el contenido de materia orgánica, para mejorar las características físicas y biológicas. Por otra parte, los desechos del procesamiento de los frutos de la palma aceitera (racimos vacíos, efluentes, lodos, etc.) pueden ser fuentes importantes de contaminación ambiental. Su aplicación directa al campo además de un problema económico, debido a los volúmenes altos de material que deben ser movilizados para su aplicación, pueden provocar inmovilizaciones de nutrientes y anaerobiosis si se hace formando capas gruesas de material. Por último, las capas de racimos vacíos pueden constituir un sustrato para diferentes plagas como ratas, *Stomoxys calcitrans* y *Musca domestica* entre otros, poniendo en peligro la salud de animales y personas.

El proceso de compostaje de estos desechos y su conversión en un abono orgánico, tiene el potencial de solucionar tanto el problema ambiental, como el de degradación de los suelos, sin dejar de lado la interesante propuesta de

rentabilidad económica que justifica su ejecución en escala comercial.

### Papel de los abonos orgánicos en los suelos

La función de los abonos orgánicos en la recuperación de los suelos se resume en los siguientes puntos, según Vandevivere y Ramírez (1998):

*Pega.* Los coloides orgánicos se asocian con las partículas del suelo y ayudan a mejorar su estructura.

*Esponja.* La materia orgánica tiene una alta capacidad de retención de humedad, lo cual ayuda a reducir el déficit hídrico.

*Fertilizante y bodega.* La liberación de los elementos en un abono orgánico es más lenta que en el caso de un fertilizante químico.

*Bioestimulante.* El compost estimula el desarrollo de la microflora y microfauna en el suelo y el crecimiento radical.

El objetivo del proyecto de compostaje es producir, a partir de residuos del proceso de extracción del aceite, un abono orgánico de alta calidad, a través de un proceso que pueda repetirse y que sea económicamente viable.

## Etapa experimental

### Características físicas y químicas de la materia prima

Los racimos vacíos y las aguas lodosas (efluentes) son los principales subproductos del proceso de extracción del aceite. En la planta extractora en donde se realiza este proyecto, aproximadamente

el 22% de la fruta fresca corresponde a racimos vacíos, los mismos son cortados y prensados para recuperar parte del aceite que absorben durante el cocinado (aproximadamente un 0.4% cuando la extracción es mayor que 22.5%). El producto resultante es denominado fibra de racimos vacíos (12-15% del peso de la fruta fresca), por su apariencia desmenuzada y fibrosa (Torres 1998). Los números presentados y los métodos descritos en este trabajo se basan en el procesamiento de este material. Adicionalmente se producen entre 800 y 900 litros de efluente por tonelada de fruta fresca procesada. Las principales propiedades físicas y químicas de ambas materias primas se aprecian en las Tablas 1 y 2.

La información anterior nos indica que si la extractora Palo Seco procesa aproximadamente 100,000 toneladas de fruta fresca al año, tenemos la posibilidad teórica de recuperar importantes cantidades de elementos de los residuos agroindustriales, en las cantidades siguientes: 90 ton de nitrógeno, 43 ton de fósforo y 146 ton de potasio, las cuales convertidas a materias primas, significaría desechar 154 ton de nitrato de amonio, 214 ton de fosfato diamónico y 287 ton de cloruro de potasio respectivamente, todo con un valor aproximado en el mercado costarricense de \$124 000 (Torres, 2002).

La alta demanda bioquímica de oxígeno, junto con las grasas y aceites que contiene el efluente (Tabla 1), hacen que sea de lenta degradación. De igual manera, la degradación natural del pinzote es lenta debido a los altos contenidos de fibra y lignina (Tabla 2). La digestibilidad de este material es de sólo 35%, comparado con un 60-70% de la mayoría de los pastos. La alta capacidad calórica (energía bruta 4570 Kcal/Kg) del sustrato, provoca temperaturas entre 70 y 75 °C cuando se hacen capas de fibra de 1.2 a 1.4 m., altura necesaria cuando se desea manejar comercialmente grandes volúmenes en patios de compostaje, las altas temperaturas limitan el uso y desarrollo de microorganismos descomponedores importantes durante el proceso de compostaje. La inoculación con microorganismos provenientes de los lodos de las lagunas donde se depositan los efluentes, da una solución económica al problema.

Una vez definidas las características químicas de la materia prima se realizaron diferentes

Características químicas del efluente antes de llegar a las lagunas de oxidación, planta procesadora Palo Seco, División Quepos, Costa Rica

Tabla 1

Demanda química de oxígeno (mg/l)	39 650
Demanda bioquímica de oxígeno (mg/l)	20 040
Sólidos totales (mg/l)	31 306
Sólidos suspendidos (mg/l)	10 500
Sólidos sedimentales (mg/l)	950
Grasas y aceites (mg/l)	4 196
Nitrógeno total (mg/l)	494
Fosfato (mg/l)	368
Hierro (mg/l)	76
Cobre (mg/l)	2.7
Magnesio (mg/l)	244
Manganeso (mg/l)	2.9
Zinc (mg/l)	4.2
Calcio (mg/l)	149.6
Potasio (mg/l)	1 350
pH (unidades de pH)	4.5

experimentos con el objetivo de producir compost de alta calidad en el menor tiempo posible y con el mejor rendimiento económico por tonelada producida.

Resultado de estas pruebas fundamentaron la importancia de enriquecer la fibra de racimos vacíos al inicio de su procesamiento con nitrógeno (10 kg urea/ton fibra) y fósforo (2.5 kg fosfato diamónico/ton fibra).

La humedad ideal del sustrato se determinó entre 65 y 80%, una humedad inferior a 55% puede causar la muerte de los microorganismos descomponedores, por lo que será necesario reaplicar lodos de las lagunas. Esta baja humedad también provoca una pérdida acelerada de nitrógeno. Por otro lado, si la humedad es excesiva (mayor a 85%) puede causar la muerte de los microorganismos por anaerobiosis, hace el proceso más lento y se corre el riesgo de perder nutrientes por lavado.

El control de la temperatura es fundamental durante la evolución del proceso de compostaje, durante las primeras 6-8 semanas es común obtener entre 60 y 70°C, la temperatura descende paulatinamente en las semanas posteriores hasta situarse entre 40-45°C cuando se alcanza la madurez del compost.

**Tabla 2** Características químicas y físicas de la fibra de pinzote, planta procesadora Palo Seco, División Quepos, Costa Rica

Composición química	%					ppm			
	N	P	Ca	Mg	K	Fe	Cu	Zn	Mn
	0.73	0.18	0.29	0.18	0.49	1440	27	21	42
Fibra neutro detergente	70.0 %								
Fibra ácido detergente	54.2 %								
Lignina	20.0 %								
Sílice	4.1 %								
Hemicelulosa	16.2 %								
Celulosa	28.5 %								
Digestibilidad in vitro	35.0 %								
Extracto etéreo	8.0 %								
Energía bruta (kcal/kg)	4,570								
Densidad kg/m <sup>3</sup>	250								

El uso de estos dos parámetros definen la aplicación de efluentes y la aireación de la materia prima, por lo que se hace necesario medir ambas cada dos días, esta medición se hace en el centro vertical de la cama de compostaje. En general la aireación y aplicación de efluentes dos veces por semana es suficiente para mantener condiciones apropiadas a los microorganismos que convierten la fibra en compost, obteniéndose un producto final de alta calidad y con las características presentadas en la Tabla 3 en doce semanas.

Actualmente se tienen proyectos evaluando los beneficios de la aplicación del compost en palma joven, aumentos en la densidad, vigor y fitosanidad del sistema radical han sido

documentados por Albertazi (2002). También se estudia cambios en la estructura del suelo en zonas compactadas y respuestas en producción.

### Proyecto comercial

Definido el manejo de la materia prima durante la etapa experimental se decidió llevar los resultados obtenidos a escala comercial, a continuación una secuencia cronológica del proceso de construcción y puesta en marcha del proyecto. Un diagrama de la distribución del patio de compostaje se anexa al final de este artículo.

### Selección del área para construir el patio de compost

Debe tener las siguientes características básicas:

- Sin problemas de inundación
- Cerca de la planta procesadora pero alejado de centros de población
- Topografía adecuada para proyecto
- Suelo con textura media a moderadamente pesada
- Nuestro diseño necesitó de 4 ha para procesar los residuos de una extractora que procesa 100 000 ton/año.

**Tabla 3** Características químicas (% sobre la base de materia seca) y físicas del compost obtenido a partir de desechos agroindustriales de la palma aceitera, Planta Palo Seco, Quepos, Costa Rica

Características Químicas		Características Físicas	
N	2.88 – 4.50 %	Fibra remanente	5.8 – 8.9 %
P	1.50 – 2.52 %	Humedad final	45 – 55 %
K	4.40 – 5.01 %	Reducción en volumen Fibra/Compost	65 %
Ca	4.33 – 4.59 %	Reducción en peso Fibra/Compost	44 %
Mg	0.73 – 0.84 %	Densidad de compost al 50% humedad	417 kg/m <sup>3</sup>
S	0.23 %		
Zn	455 ppm		
B	32 ppm		
Fe	4 126 ppm		



Figuras  
1,2,3

Proceso de construcción de la infraestructura básica del patio de compostaje. De izquierda a derecha, colocación de tubería de alimentación de efluentes, construcción de lagunas de reserva de efluentes y vista panorámica del patio listo para recibir fibra

### Preparación del área seleccionada

Se debe limpiar las malezas o cultivos presentes, inclusive remover las primeras capas de suelo si la cantidad de raíces o materia orgánica es excesiva, esto dará soporte a la infraestructura de caminos que se debe construir y facilitará las etapas de nivelación y compactación del terreno. La nivelación debe ser precisa, de la misma dependerá la vida útil de los caminos y canales que se construyan.

### Construcción de infraestructura

En esta etapa se construyen las lagunas receptoras del efluente proveniente de la extractora y los canales donde irán las tuberías que alimenten los canales de cada cama de compost; un estudio topográfico detallado definirá los lugares idóneos donde colocar cada estructura con el fin que el movimiento de efluente se haga por gravedad en su totalidad, ahorrándonos la necesidad de sistemas de bombeo que encarecen la obra (Fig. 1 y 2).

Seguidamente se conforman los caminos y canales que definen las diferentes camas de compost, se compactan y es en este momento cuando tenemos lista la infraestructura básica para recibir fibra de racimos vacíos (Fig. 3). Es necesaria la construcción de una bodega para el resguardo de equipos y materiales usados en el proceso.

### Adquisición de equipos

Para este proyecto fue necesaria la adquisición de los siguientes equipos:

### *Equipo de volteo para la fibra de racimos vacíos*

El proceso de compostaje utilizado es aeróbico, por lo tanto la oxigenación del sustrato es fundamental para la supervivencia y multiplicación de hongos y bacterias que transforman la materia prima en compost. Con este objetivo se adquirió la máquina de volteo que se presenta en las Figuras 4 y 5. Diversos diseños, empresas suplidoras y precios están a disposición de cada necesidad.

### *Sistemas de bombeo de efluente*

Después de analizar varios sistemas de aplicación del efluente sobre la cama de compostaje, se optó por el que se presenta en las Figuras 4 y 5. Hasta el momento es el más eficiente, versátil y barato al no requerir de fuentes adicionales de energía y mano de obra. Este se compone de una bomba especialmente diseñada para soportar los diferentes ácidos del efluente, cuya capacidad es de 200-250 galones por minuto, reguladores de presión hidráulica, una tubería de entrada que alimenta la bomba y dos salidas para un humedecimiento homogéneo del sustrato. Todos estos componentes se han instalado sobre el equipo de volteo y usan la energía hidráulica del tractor para operar.

### *Tractor y accesorios utilizados en la operación de equipos del patio de compostaje (Fig. 6 y 7)*

El tamaño y la capacidad del tractor dependerá de los requisitos que tengan el resto de los equipos adquiridos. En general, se tiene que tener especial cuidado en los siguientes aspectos:



**Figuras 4,5** Equipo utilizado para volteo de la fibra de racimos vacíos, obsérvese el detalle del sistema de bombeo ubicado a un costado del equipo

- Capacidad de HP necesarios en la toma de fuerza para mover el equipo volteador adquirido, hay que presupuestar al menos un 30% de potencia adicional para otros equipos y accesorios que se utilizarán.
- Potencia hidráulica del tractor apropiada para la operación del sistema de bombeo, pistones hidráulicos del equipo de volteo y pala mecánica del tractor. En general capacidades entre 25 y 30 gpm son suficientes para el tipo de equipos utilizados.
- Todo tractor usado con equipos de volteo debe contar con super reductor en la caja de velocidad, para permitir baja velocidad de avance a altas revoluciones del motor, usadas



**Figuras 6,7** Arriba, tractor de 130 HP utilizado para operar los equipos de compostaje en plena labor. Abajo, pala hidráulica utilizada junto con el tractor para reacomodar fibra y compost en el patio

durante el proceso de volteo del sustrato y aplicación de efluentes.

#### Otros accesorios

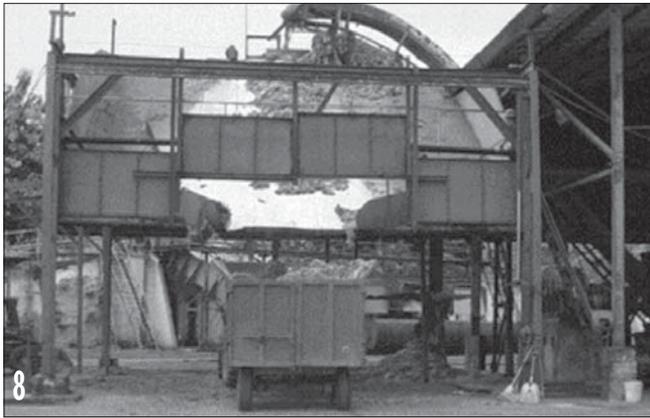
Como se comentó anteriormente, el mantenimiento de la humedad es fundamental para obtener un compost de alta calidad, por este motivo en época lluviosa se deben utilizar lonas o carpas plásticas para proteger del exceso de lluvia al sustrato.

#### Operación del proyecto de compostaje

Diferentes etapas intervienen en la operación de este proyecto, una cronología de las mismas se detalla a continuación.

#### Transporte de la materia prima de la planta extractora al patio de compostaje

Utilizando un tractor y una carreta de volteo hidráulica se transporta la totalidad de la fibra de racimos vacíos proveniente de la planta extractora hacia el patio de compost (Fig. 8). La misma se deposita formando líneas de material a lo largo de



**Figuras 8,9** Izquierda, área de picado, molido y transporte de racimos vacíos en planta extractora Palo Seco. Derecha, equipos de transporte acomodando la fibra de racimos vacíos en el patio de compost

las camas de compostaje, el diseño de la carreta de transporte debe estar acorde a la capacidad de los equipos de volteo y el tractor adquirido, ya que la altura y ancho de esa fila de material debe acomodarse a los tamaños de éstos (Fig. 9).

#### *Aplicación de fertilizantes*

Conformada la cama de fibra de racimos vacíos, se procede a aplicar 10 kg de urea y 2.5 kg de fosfato diamónico por ton de fibra, la aplicación se hace por encima (lomo de la cama) e inmediatamente se debe proceder con la etapa siguiente de aplicación de efluentes y volteo de la fibra, para evitar volatilización o lixiviados del fertilizante aplicado.

#### *Aplicación de efluentes y volteo (aireación) de la fibra*

En este proceso intervienen el tractor, el sistema de bombas y el equipo de volteo. Los canales de las camas de compostaje se llenan con efluente y se utilizan los equipos para voltear el sustrato y humedecerlo con efluente (Fig. 10). Durante esta labor se utilizan velocidades de avance entre 1 y 3 m. por minuto al inicio del mismo, luego aumenta hasta 6 m. por minuto conforme el sustrato se suaviza. Terminado este proceso se tapa la cama con los manteados plásticos o lona. Esta etapa se repite según los datos de humedad y temperatura tomados regularmente por el



**Figuras 10,11** Izquierda, máquina de volteo y sistema de bombas aireando y humedeciendo la fibra de racimos vacíos. Derecha, personal midiendo temperatura de la cama de compost



Figuras  
12,13

Pruebas comerciales de aplicación de compost semimaduro utilizando equipos mecánicos

personal a cargo de la compostera (Fig.11), generalmente 2 veces por semana por cama de compostaje es suficiente para lograr un compost de calidad a las 12 semanas de iniciado el proceso.

#### *Transporte del compost*

Una vez finalizado el proceso de compostaje, se debe empacar, transportar y aplicar en la plantación. Todavía se analizan diferentes formas de hacerlo, ya que esta etapa significa cerca del 40 % de los costos totales de operación del proyecto. Aunque se ha estudiado, la aplicación mecanizada es poco eficiente en nuestro caso particular debido al diseño e intensidad de la

red de drenaje de la plantación, que imposibilita el movimiento en la interlínea de los diferentes equipos aplicadores estudiados (Fig. 12 y 13).

Por el momento se optó por hacer el llenado de sacos y la aplicación en el campo manualmente. Para el llenado de los sacos se utilizan ganchos para fibra y soportes, ambos construidos con varilla de construcción como se ilustra en la Figura 14. Se realizan muestreos aleatorios con el fin de tener un control del peso de los mismos (Fig. 15) ya que su costo es una labor pagada por contrato, cada saco debe pesar entre 35 y 40 kg. Un rendimiento normal es de 150 sacos por persona por jornada de ocho horas. Finalmente



Figuras  
14,15

Proceso de llenado manual de sacos con compost y control de peso de los mismos



**Figuras 16,17** Izquierda, equipos utilizados en el transporte y aplicación del compost en plantaciones jóvenes. Derecha, palma aplicada con compost

se amarran y se cargan a las carretas para ser transportados a los puntos de aplicación en la plantación.

#### *Aplicación del compost en la plantación*

Actualmente todo el compost producido se utiliza en las plantaciones en desarrollo que tiene la compañía Palma Tica S.A. en Quepos, Costa Rica. Su aplicación se hace utilizando carretas de transporte y tractores de 50-60 HP, ubicados en caminos fruteros donde el acarreo carreta-palma se hace con personal que camina una distancia máxima de 24 m. La dosis usada en palma joven es dos sacos por planta, obteniéndose un total de 9.5 ton de compost/ha (Fig. 16 y 17). Cada persona mantiene un rendimiento por jornada entre 80 y 100 palmas aplicadas. Controles de calidad de aplicación y distribución son necesarios durante esta y todas las etapas antes mencionadas.

#### **Inversión y rentabilidad económica del proyecto de compostaje**

Detalles de la inversión económica en este proyecto se presentan en la Tabla 4. En infraestructura y adquisición de equipos se han invertido \$190.000, el costo operativo global del año 2003 está proyectado para \$131.000.

Sin embargo, al compararse el aporte nutricional del compost con respecto a la misma cantidad de fertilizante en forma química (Tabla 5), se obtiene un ahorro neto anual entre sistemas de \$46.600. Lo anterior es altamente rentable aún dejando de lado los beneficios físicos y biológicos que posee el compost sobre el suelo y los costos adicionales que tienen las extractoras a la hora de aplicar en campo o simplemente deshacerse de los grandes volúmenes de fibra de racimos vacíos que producen. Los parámetros de rentabilidad del proyecto son los siguientes:

Tasa interna de retorno:	21%
Valor presente neto (al 19% en \$000's):	12.0
Periodo de pago:	4.0

#### **Agradecimientos**

Se agradece a Compañía Palma Tica, especialmente al Sr. Rodolfo Castro, Gerente de División Quepos, por el apoyo recibido y el permiso para publicar estos resultados. Extensivo también es el agradecimiento a los diferentes departamentos de Investigación, Ingeniería, Agricultura y Plantas Extractoras de Palma Tica S.A. en Quepos por su esfuerzo conjunto para la realización exitosa de este proyecto. ☼

**Tabla 4** Detalle de los costos operativos del proyecto de compostaje ubicado en la extractora Planta Palo Seco, Quepos, Costa Rica

Año 2003	Año Cero	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Totales
<b>Información general</b>														
Ton fruta fresca planta Palo Seco 2003		6.053	6.336	8.278	7.901	9.662	9.661	8.969	9.186	8.292	9.375	7.969	6.971	98.653
Ton de fibra/mes patio de compost	13%	787	824	1.076	1.027	1.256	1.256	1.166	1.194	1.078	1.219	1.036	906	12.825
Ton de compost producido	56%	441	461	603	575	703	703	653	669	604	683	580	507	7.182
Ha fertilizadas con compost	9,5 ton/ha	46	49	63	61	74	74	69	70	64	72	61	53	756
<b>Costos Sistema compost</b>														
Infraestructura y equipo	181.400													
Costos de operación														
Insumos de fertilizante		1.900	1.989	2.599	2.481	3.034	3.033	2.816	2.884	2.603	2.943	2.502	2.188	30.972
Personal patio compost (43% CS)		1.550	1.240	1.240	1.240	1.550	1.240	1.550	1.240	1.240	1.550	1.240	1.240	16.116
Mantenimiento y operación de equipos		1.897	1.742	1.742	1.742	1.897	1.742	1.897	1.742	1.742	1.897	1.742	1.742	21.522
Mantenimiento canales y caminos		1.975				1.975				1.975				5.925
Transporte y aplicación		3.387	3.545	4.632	4.421	5.407	5.406	5.018	5.140	4.640	5.246	4.459	3.901	54.638
Costo Total sistema compost		10.708	8.516	10.213	9.883	13.862	11.420	11.281	11.005	12.200	11.636	9.942	9.070	131.736

COSTO POR TONELADA 18,34 \$/TON COMPOST

En Costa Rica:

Salario mínimo + Cargas Sociales + Beneficios = \$1.45/hora

Cargas Sociales + Beneficios = 43%

## Bibliografía

- ALBERTAZI, H. 2002. Efecto del compost producido de fibra racimos vacíos sobre la densidad, vigor y fitosanidad del sistema radical en plantaciones jóvenes de palma en Compañía Palma Tica, Quepos. Informe interno, Programa de Investigaciones en Palma Aceitera.
- CHINCHILLA, C.; DURÁN, N. 1997. Manejo de problemas fitosanitarios en palma aceitera. Una perspectiva agronómica. Palmas (Colombia). 19 (número especial): 242- 256.
- TORRES, R. 1998. Proyecto de compostaje de la fibra de pinzote en planta Palo Seco, Quepos. Informe interno, Programa de Investigaciones en Palma Aceitera.

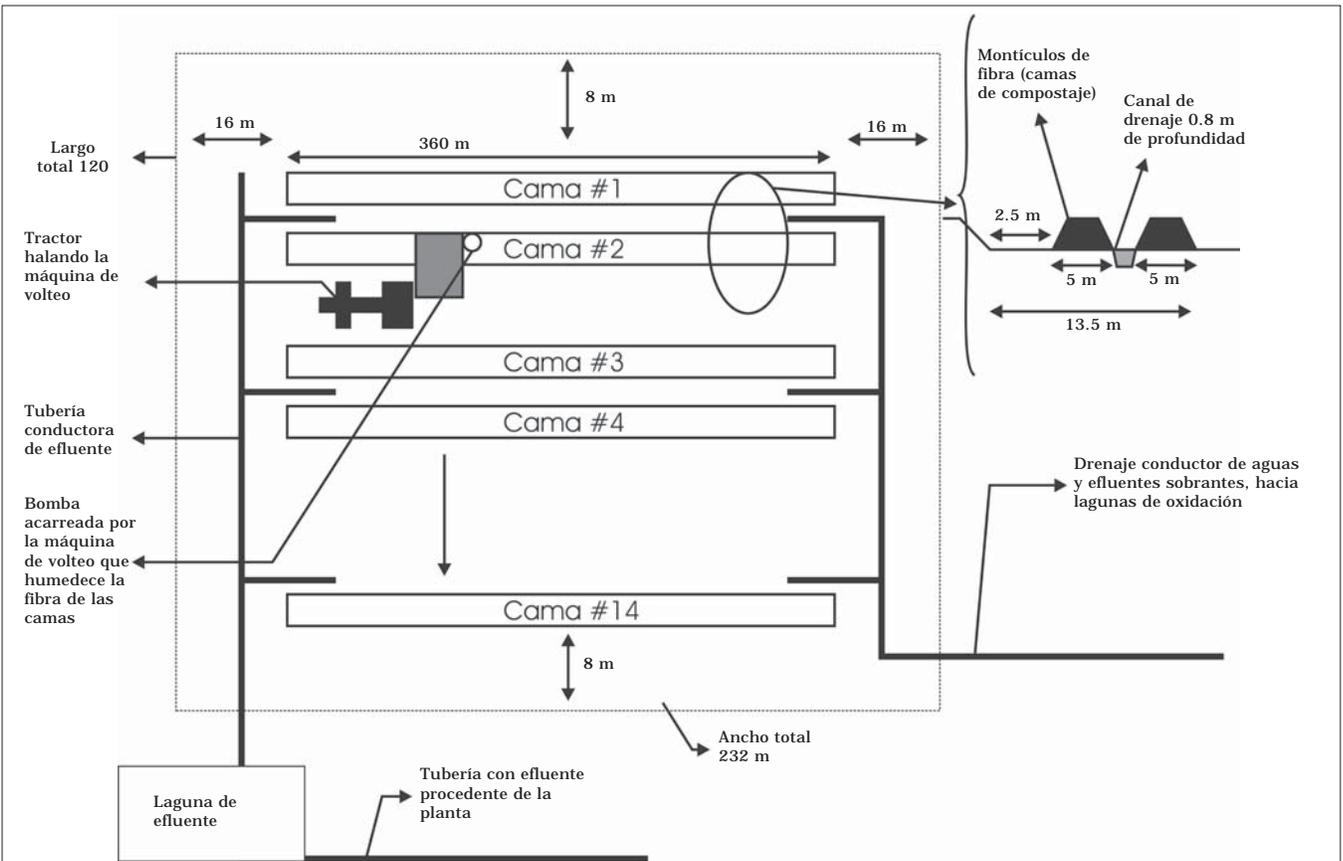
**Tabla 5**

Resumen del análisis económico realizado comparando los sistemas de fertilización utilizando compost y fertilizante químico

Sistema de compost	N	P	K
Aporte por ton de compost como elemento puro (% base humedad)	1,50	0,94	2,25
Elemento puro aportado por 9,5 ton compost/ha (kg)	143	89	214
Costo total operativo y de aplicación del sistema compost		\$ 131.736	
Área que se fertilizarán con compost durante el 2003		756 has	

Sistema fertilizante químico			
Costo del fertilizante químico para suplir el aportado por 9,5 ton de compost			
Fuentes	NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub>	DAP	KCL
Cantidad necesaria kg/ha	189	440	429
Costo por TM fuente (\$)	160	240	170
Costo total materias primas de fertilizante químico y aplicación (13% del costo de la materia prima)		\$ 178.345	

Ahorro neto	
Compost vs. fertilizante químico	\$ 46.609



**Figura 18**

Diagrama de distribución del patio de compostaje, Palo Seco, Costa Rica (no está a escala)