

Las condiciones de la sostenibilidad de un cultivo energético

El debido manejo de los subproductos

The Terms of the Sustainability of an Energy Crop
Proper Handling of Byproducts



Philippe Conil

Bioingeniero, Biotec. Bélgica
philippe.conil@bio-tec.net

Edwin Lugo

Ingeniero Agroecólogo, Biotec.
Colombia
edwin.lugo@bio-tec.net

Palabras CLAVE

Palma de aceite, sostenibilidad,
material orgánica, nutrientes,
efluents, RFF, abono
balanceado, metano.

Palm oil, sustainability, organic matter,
nutrients, effluents, EFB, mass
balance, methane.



Resumen

La palma, como cultivo forestal tropical de alta producción que solo exporta aceite, a saber C, H y O, y no exporta nutrientes, tiene especificidades que facilitan su sostenibilidad comparado con los cultivos alimenticios y anuales.

Entre los riesgos y desafíos del cultivo en materia de sostenibilidad, figuran la captación del biogás de las lagunas de efluentes y la devolución al campo de los subproductos generados por la planta de beneficio (materia orgánica y nutrientes), en particular el raquis y los efluentes. En ambos casos los avances conceptuales y técnicos de los últimos años han sido espectaculares, hasta llegar a soluciones sencillas y rentables.

Sobre la base de una docena de proyectos operativos de manejo de efluentes, con monitoreo diario, implementados y operados por Biotec, y en particular de un “Proyecto de fertilización líquida con efluentes tratados” en Honduras (Exportadora del Atlántico, Grupo Dinant), los autores exponen el balance de masa y de nutrientes de los sistemas de tratamiento de efluentes (Palm Oil Mill Effluent - POME), así como de los sistemas de cocompostaje de raquis con lodos de purga de lagunas.

Por tonelada de racimo de fruto fresco (RFF), se genera en promedio 1 m³ de efluente (POME), 0,2 m³ de lodo de purga de lagunas (al 2,25% de

ST, sólidos totales), y 15 m³ de metano-equivalente. Los efluentes tratados y el compost de raquis permiten fertilizar respectivamente 60 y 40 m² de plantación por tonelada de fruto procesado (RFF). El compostaje de raquis permite asimilar la totalidad del lodo de purga de las lagunas de tratamiento (0,2 m³/t) y generar un abono balanceado.

Abstract

A Palm oil plantation is a tropical forestry crop that only exports oil, what means C, H and O, and no nutrient. As a consequence it has specificities that eases its sustainability compared with edible and annual crops.

Among this crop sustainability risks and challenges stand the biogas capture from the effluent ponds and the mill by-products devolution to the plantations (= organic matter + nutrients), specifically the Empty Fruit Bunches and the effluents. In both cases, last year's conceptual and technical developments have been impressive, leading to simple and profitable solutions.

Based on a dozen of operative effluent treatment projects, with daily monitoring, implemented and operated by the company Biotec (www.bio-tec.net), and in particular a liquid fertilization project with treated effluents in Honduras (Exportadora del Atlántico, Grupo Dinant), the authors present the mass and the nutrients balance of POME treatment systems, as well as EFB (Empty Fruit Bunch) co-composting with pond sludge.

Productions are 1 m³ POME, 0,2 m³ ponds purged sludge (2,25% DM) and 15 m³ CH₄ per ton of fresh fruit bunch. Treated effluent and EFB compost can fertilize respectively 60 m² and 40 m² per ton of RFF. EFB composting process can assimilate the total amount of pond purged sludge (0,2 m³/t RFF) and generate a balanced fertilizer. In no case it can absorb all the POME (1 m³/t RFF).



Introducción

El cultivo de la palma de aceite cubre 12 millones de hectáreas en el mundo, principalmente en Asia (casi 10 millones de hectáreas), lo que es una superficie muy pequeña comparada con los cultivos de granos (trigo 225 millones de hectáreas, maíz 175 millones de hectáreas, sorgo 160 millones de hectáreas, arroz 159 millones de hectáreas, soya 106 millones de hectáreas, colza 34 millones de hectáreas).

Su importancia económica es mucho mayor que su superficie cultivada: produce 50 millones de toneladas de aceite por año versus solo 44 millones para la soya.

Su principal especificidad reside en ser un cultivo forestal en clima tropical, con un ciclo de vida de unos 25 años, con un rendimiento excepcional en aceite por hectárea por año (4,25 t aceite/ha-año en promedio versus 1

tonelada de aceite/ha-año o menos para los demás cultivos de oleaginosas).

Por esta especificidad, y su bajo impacto ambiental comparado con los cultivos anuales, la palma de aceite es llamada a volverse el cultivo energético por esencia para producción de biodiésel. Al volverse un cultivo energético, tal como ya lo es en parte la caña en Brasil, las áreas sembradas pueden incrementar y multiplicarse por diez o veinte, sin afectar el precio de venta del aceite (relacionado al precio de la energía, precio de mercado o precio negociado con el Gobierno), volviéndose algún día la palma un cultivo con extensiones similares al trigo, maíz, arroz o sorgo.

La sustitución de diésel por biodiésel en el mundo puede parecer remota: Colombia, que es líder en la materia, solo tiene 10% de biodié-



sel en su diésel carburante y mantiene un consumo anual de combustible diésel del orden de 5,5 millones de toneladas al año (40 millones de barriles por año). Sin embargo esta sustitución no es tan difícil como parece: con solo 1.500.000 hectáreas de palma, el país puede sustituir el 100% de sus consumos de diésel (y con una superficie equivalente en caña podría sustituir el 100% de sus consumos de gasolina).

Esta superficie no representa sino el 1,3% de la del país, el 4% de su superficie ganadera, o el 30% de su superficie agrícola. Y esta extensión sigue siendo tres veces inferior a la superficie de palma de Malasia (4 millones de hectáreas), un país mucho más pequeño que Colombia.

La transformación en palma de parte de la altillanura colombiana (una sabana tropical de suelos pobres que tiene cerca de 15 millones de hectáreas de pasturas que se queman cada año) podría ser el reto ambiental del siglo para Colombia. Un bosque de palma de 1,5 millones de hectáreas representaría además un almacenamiento de carbono “en pie” en la superficie del globo de unas 50 millones de toneladas, lo que es menos por hectárea que el carbono almacenado en un bosque primario, pero más de diez veces el carbono almacenado en un cultivo anual.

El país deberá hacer sus cálculos y definir sus estrategias. Además del precio del aceite por tonelada, también deberá poner en competencia las ventajas y desventajas sociales y ambientales de la agroenergía renovable versus las energías fósiles (tipo de economía, distribución de los ingresos, generación de empleos, efecto sobre el efecto invernadero, etcétera).

En todo caso, el futuro del cultivo y de la economía rural de una parte importante del país, dependerá de la sostenibilidad agrícola y ambiental del negocio, y esta sostenibilidad a su vez depende en parte del buen manejo de los subproductos de la planta de beneficio, objeto de este artículo.

Riesgos y desafíos en materia de sostenibilidad

Por ser un cultivo forestal, los riesgos en materia de sostenibilidad se asocian más a las posibles plagas y enfermedades masivas (tipo

Putridión del cogollo, (PC) que al manejo mismo de los suelos, aunque las buenas prácticas agrícolas (BPA) en palma son iguales de importantes que en los demás cultivos.

En forma general es un cultivo con mucho menos impacto ambiental que un cultivo anual: el trabajo del suelo se hace solo cada 25 o 50 años, no se degrada el suelo gracias al reciclaje de las hojas (14 t de MS/ha-año, 140 kg de N/ha-año), hay biodiversidad animal como vegetal entre el cultivo, y hay bajos requerimientos de fertilización química.

Esta necesidad baja o nula de fertilización química es propia de un cultivo “energético” bien manejado, que solo exporta carbono, hidrógeno y oxígeno (en forma de aceite), provenientes de la atmósfera mediante la fotosíntesis, y no exporta nutrientes, provenientes del suelo, a diferencia de un cultivo alimenticio. Si bien el fruto de palma contiene nutrientes, el aceite no los contiene, y los nutrientes se quedan en la planta de beneficio, en forma de raquis, efluentes, fibras y cascarilla. Su debido manejo y devolución a los suelos de las plantaciones aledañas permite evitar toda “pérdida” de nutrientes y de materia orgánica, y por tanto mantener la fertilidad de los suelos (en suelos ricos) o incrementarla (en suelos pobres).

Los principales impactos ambientales de un cultivo de palma pueden ser:

- a. Abrir la frontera agrícola en regiones tropicales, lo que ocurre en los países que no tienen sabanas disponibles, o áreas abiertas previamente por la ganadería. No es el caso de Colombia que cuenta con 38 millones de hectáreas “improductivas” en ganadería, una frontera agrícola abierta en tiempos anteriores cuando arrasar el bosque era considerado como una “mejora” y daba al colono derecho a propiedad del suelo. El término “productivo e improductivo” debe ser cuantificado. Usualmente se expresa según los ingresos (\$) por hectárea por año o según la generación de empleo por hectárea por año. La destrucción de la selva, al abrir la frontera agrícola, conlleva a una disminución drástica de la biodiversidad y a una emisión brusca de CO₂ (gas de efecto invernadero) a la atmósfera.

- b. Emitir gases de efecto invernadero a través del tratamiento de los efluentes (POME) en lagunas abiertas. Un sistema de tratamiento tradicional (lagunas abiertas) emite del orden de 0,23 tonelada de CO₂ por tonelada de fruto debido el metano emitido.
- c. Empobrecer los suelos en materia orgánica por falta de devolución al campo de los subproductos del cultivo. Es un impacto más lento e insidioso, pero igual o más grave, pues casi irremediable.

El primer impacto es grave a la luz del conocimiento y de la percepción del siglo XXI, pero relativo en comparación con la destrucción de las selvas vírgenes de continentes enteros en siglos anteriores, por la ganadería y los cultivos de granos. Poco aplica para Colombia que tiene más de la mitad de su territorio en selva primaria, y el 20% en forma de sabanas.

El segundo impacto potencial, por su lado, es fácilmente solucionable, con alternativas técnicas a la mano, que además son rentables *per se*, gracias al aprovechamiento del metano (biogás) captado de las lagunas. Hoy se pueden aún recibir certificados de carbono al captar este metano, aunque el precio actual de mercado no justifique la inversión. Es de prever que en unos diez años esta captación será obligatoria.

El tercer impacto potencial merece un cuidado especial, por ser el menos aparente y el más insidioso. Afortunadamente, gracias a las bondades propias de este cultivo tropical, la devolución al campo de la materia orgánica y de los nutrientes exportados por la fruta es posible; y a la fecha existen las técnicas para hacerlo a costos razonables, en forma sólida o en forma líquida.

Manejo de los subproductos, esencia de la sostenibilidad

El contenido de nutrientes de los efluentes y del raquis (*tusa*) corresponde al 20 a 25% de las necesidades de fertilización del cultivo.

Si además de recuperar, como BPA, el valor fertilizante de estos dos subproductos, se logra extraerles energía por fermentación a través del biogás, se pueden recuperar aproximada-

mente 20 m³ de CH₄ (metano) por tonelada de fruto (15 m³/t con el efluente y 5 m³/t con el raquis). La pertinencia de esta recuperación de energía depende caso por caso de las necesidades energéticas de la planta de beneficio o de sus posibilidades de comercialización.

Efluente (POME)

Energía

La captación del biogás de las lagunas de tratamiento es una necesidad ambiental que permite evitar la emisión de 0,23 t CO₂ por tonelada de fruto (RFF). Esta captación es en promedio de 15 m³/t RFF. Permite generar 50 Kwh/ t RFF o economizar 15 litros de *fueloil* (4 galones) por t RFF en las plantas de beneficio asociadas a refinadoras de aceite o a plantas de biodiésel. Esta producción de electricidad es dos o tres veces mayor al consumo normal de una planta de beneficio (20 Kwh/t).

De contar la planta de beneficio con turbina de vapor, y no tener refinadora, no existiría necesidad para el gas, caso en el cual el uso más obvio del biogás es quemarlo en la caldera, sustituyendo 2,2 kilos de cascarilla por m³ de metano, a saber 33 kilos de cascarilla por tonelada de fruto, 60% de la cascarilla. En Malasia esta cascarilla tiene mercado como combustible sólido, parcialmente exportado a Tailandia, con precios del orden de \$US 50/t, mientras en Colombia los precios de la cascarilla varían mucho según la región y son en promedio de US\$ 25/t.

La sustitución de parte de la cascarilla en la caldera de biomasa mejora la combustión y reduce sustancialmente las emisiones de partículas por la chimenea, lo que facilita el cumplimiento de las normas ambientales relacionadas a emisiones por chimeneas. Previo al Pipoc 2011, Biotec invitó a un grupo de palmicultores colombianos, liderados por Fedepalma a conocer su planta en Ulu Kanchong cerca de Kuala Lumpur, donde la totalidad del biogás alimenta las calderas de biomasa y los humos de chimenea son casi imperceptibles al ojo humano. En estas calderas se logra economizar el 100% de la cascarilla y (una pequeña) parte de la fibra.



De no contar con un mercado para la cascarilla, sería más lógico sustituir fibras que cascarilla, y utilizarlas de materia prima para una planta de compostaje, pues las fibras tienen más nutrientes que la cascarilla.

Nutrientes

El aprovechamiento de los nutrientes de los efluentes para la fertilización de la palma no es sencillo por tratarse de un líquido. En los años 1980, el Malasyan Palm Oil Board (MPOB) en Malasia había aún evaluado la aplicación directa del POME al suelo, pero los resultados fueron negativos (taponamiento de los poros del suelo con el aceite residual, olores, zonas anóxicas). A inicios de los años 1990, la Extractora Palmar Santa Elena (Tumaco, Colombia) implementó un sistema piloto de fertirrigación de los efluentes de sus biodigestores por microaspersión sobre la palma de la finca La Italia, con un seguimiento agronómico de Corpoica. Los resultados agrícolas fueron espectaculares (incrementos de producción de 30 a 40% comparado con el resto de la finca), aunque el caso no era del todo representativo ya que esta finca había sido previamente infectada por *Sagalassa valida*. El sistema de fertirrigación implementado por Palmar Santa Elena era eficiente pero de manejo engorroso, debido al taponamiento frecuente de los microaspersores con sólidos y grasas, y a la pérdida recurrente de los aspersores o destrucción de las mangueras.

En el año 2009, Biotec diseñó un sistema de fertirrigación específico para la aplicación de efluentes tratados sobre plantaciones de palma. Se trata del sistema Forlim (Fertilización Orgánica Líquida Monitoreada). Consta de una red de tuberías enterradas, hidrantes, unas pocas tuberías móviles y unas mangueras perforadas (macrogoteros) que aplican el fertilizante líquido sobre la palma. El sistema cuenta con la instrumentación necesaria para poder medir caudales, presiones y posiciones, y las señales están conectadas al PLC de los biodigestores para monitoreo desde la sala de control y monitoreo remoto. Se montó un sistema piloto sobre 200 hectáreas de Ex-

portadora del Atlántico en Aguan (Honduras) (Grupo Dinant), que cuenta con un seguimiento técnico y agronómico desde abril de 2010.

Un Forlim tiene un costo aproximado de 1.500 dólares por hectárea, y un costo de O&M aproximado de US\$ 325/ha-año, que consta básicamente de la mano de obra para la aplicación diaria y de la electricidad requerida por el bombeo. Permite eliminar totalmente la fertilización química, mejorar los suelos, e incrementar la resistencia del cultivo al parasitismo.

La operación diaria durante dos años y medio ha mostrado que el sistema tiene la capacidad de asimilar y aplicar partículas gruesas, fibras y cascarillas que siempre se encuentran presentes en los lodos de purga. Por tanto un sistema Forlim puede aplicar indiferentemente efluente tratado, lodo de purga o una mezcla de ambos.

Los primeros cuatro años de seguimiento del Biodigestor RAC y dos años del Forlim han permitido a Biotec y al Grupo Dinant llegar a un conocimiento detallado del balance de materia y de nutrientes (Figura 1) del sistema de tratamiento de los efluentes, y en la Tabla 1, en la que se aprecia la composición media del suelo y análisis foliares de las muestras.

Conclusiones

- El lodo de purga representa el 16% del caudal de POME y tiene un 2,25% de ST (sólidos totales).
- El nitrógeno (25%) y el fósforo (42%) se concentran en los lodos de purga.

En Exportadora del Atlántico se tomó la decisión inicial de utilizar el Forlim exclusivamente como un sistema de disposición de los lodos de purga.

Para una planta de beneficio de 250.000 t/año, la superficie ideal para fertilización líquida es:

- Con lodos: 400 ha.
- Con efluente tratado: 1.100 ha.
- Con ambos: 1.500 ha.

Durante los primeros dos años, se aconseja trabajar solo con la mitad de esta superficie mientras se desarrollen las raíces terciarias alrededor de los puntos de aplicación.

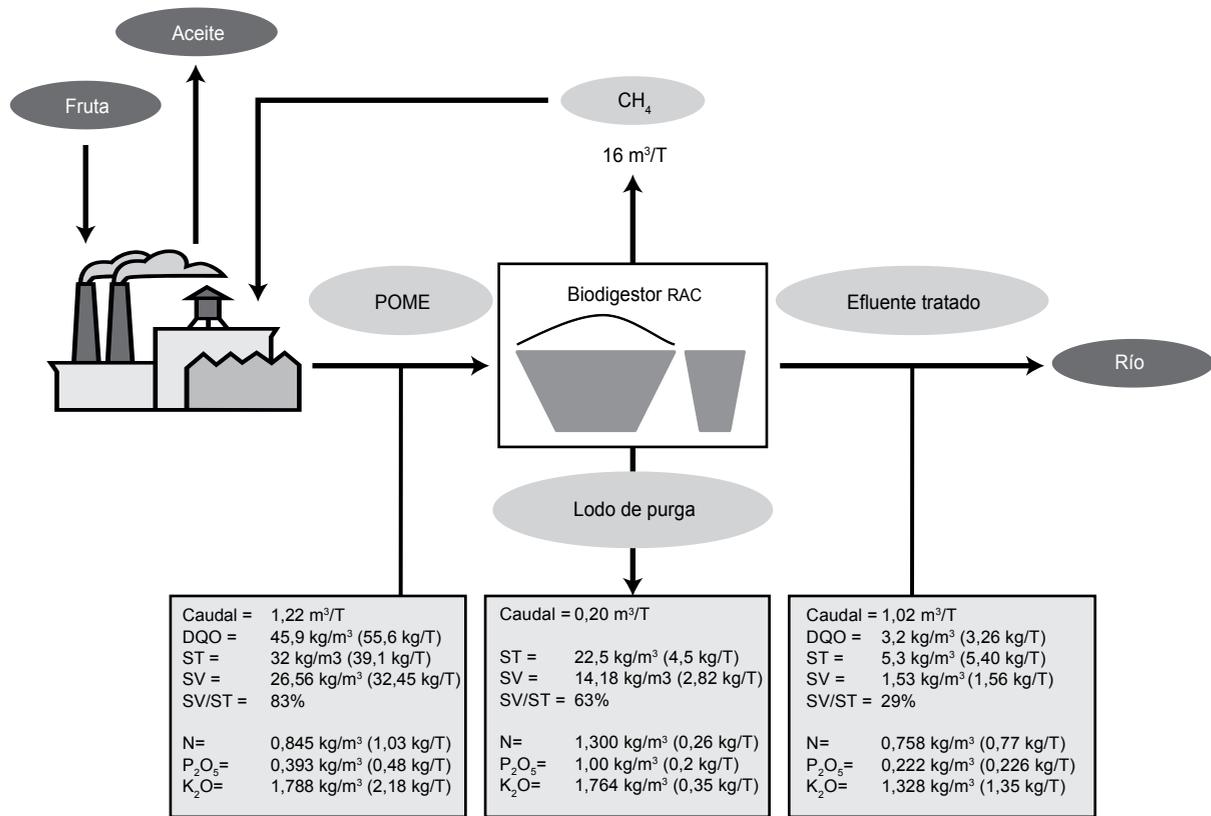


Figura 1. POME, Balance de masa (datos expresados por tonelada de fruto fresco).

Tabla 1. Datos del suelo y del cultivo (análisis foliares) en los lotes fertilizados con efluentes tratados por medio del sistema Forlim, después de dos años.

Promedio de nutrientes en suelos bajo sistema Forlim

Elemento	Textura	PROF	PH	M.O.	N. asim	Cationes de cambio			Elementos menores						
						P	S	Ca	Mg	K	Fe	Cu	Mn	Zn	B
Unidad	-	(cm)	-	(%)	(%)	ppm									
Promedio	F-A-AR	0-20	5,74	2,01	0,0020	6	6,45	941,00	171,40	105,60	64,63	2,81	27,58	2,13	0,25

Promedio de nutrientes en hoja de palma de aceite (siembra 1999) bajo sistema Forlim

Unidad	% de MS						ppm					
	Elemento	N	P	K	Ca	Mg	S	Fe	Mn	Cu	Zn	B
Promedio		2,47	0,18	0,88	0,77	0,30	0,31	94	218	10	25	67

El concepto de fertilización del Forlim es diametralmente opuesto al concepto tradicional de la fertilización química (FQ):

- En el caso de FQ se aplican los nutrientes en el platillo alrededor de la palma. En el caso del Forlim se distribuyen los nutrientes en la calle de tránsito, buscando las raíces terciarias, con el inconveniente de tener que esperar su desarrollo entre uno y dos años, por su suelo más compactado.
- Al aplicar NPK + los demás macronutrientes (Ca, Mg, S) + todos los micronutrientes + la materia orgánica estabilizada (que terminan en ácidos húmicos y fúlvicos), el Forlim



nutre el suelo (en forma completa) antes de nutrir la planta, y asegura la sostenibilidad del suelo y del cultivo a largo plazo.

Durante los dos primeros años de seguimiento del Forlim en la plantación de 200 hectáreas, sobre once parcelas, y con los debidos testigos, se ha mostrado que se logra eliminar del todo la fertilización química.

Raquis (tusa)

El raquis empieza a utilizarse como combustible para generación de vapor y de electricidad en algunos países con mayores dificultades energéticas, donde el precio de venta a la red es mayor a US\$ 0,1/Kwh. Este beneficio energético debe sin embargo ser comparado con su impacto negativo sobre el suelo (pérdida de la materia orgánica).

La vía de mayor sostenibilidad para el manejo del raquis sigue siendo su aplicación agrícola, directa o posterior a un proceso de compostaje o de biodigestión, que reduce el impacto ambiental de la aplicación directa (moscas) y reduce a la tercera o cuarta parte los volúmenes a transportar y a aplicar.

Si bien la aplicación de los lodos de purga sobre el cultivo por Forlim es un método lógico, productivo, fiable, probado y rentable, su uso para cocompostaje de raquis es también una opción valedera: para compostar el raquis se requiere agua (mínimo 0,5 m³/t de raquis) así como nutrientes de complementación. El lodo de purga reúne estas dos necesidades en un solo producto. No importa que estos lodos de purga provengan de lagunas abiertas o de lagunas cubiertas (biodigestores).

En promedio, en América Latina, se genera 1 m³ de efluente (POME) y 0,2 t de raquis por tonelada de fruto. Al procesar el efluente en biodigestores eficientes, se genera aproximadamente 0,2 m³ de lodo de purga con 2,25% de materia seca (ST). Al tener lagunas abiertas se genera la misma cantidad de ST expresada en kg/t de fruto, en mayor área, y posiblemente un poco menos aguados (ejemplo: 0,1 m³/t al 4,5% de ST, según la forma de extracción).

El compostaje es un sistema de fermentación aerobia de la materia orgánica (SV) que

es exotérmico y actúa en consecuencia como un gran “evaporador biológico”. Por esta razón es necesario añadir agua para mantener constante la humedad del compost durante su proceso (aproximadamente 50%). El proceso de compostaje durante sus primeros 45 días logra evaporar aproximadamente 1 m³ de agua por tonelada de raquis. Por esta razón es factible aplicar la totalidad de los lodos de purga (0,2 m³/t) sobre la totalidad del raquis (0,2 t/t), manteniendo proporciones de 1:1. Se resalta que no se puede aplicar 100% del POME (1 m³/t) sobre el raquis (0,2 t/t) so pena de tener una relación de 5 a 1 entre el agua y el raquis, y hacer una gran “sopa anaerobia” en vez de un compost aerobio. Con una alta tecnicidad (y mayores costos) se puede aplicar hasta 1,5 m³ de agua por tonelada de raquis. Al aplicar más agua por tonelada de raquis se empiecen a generar lixiviados y olores.

El lodo de purga (altamente concentrado en nutrientes) facilita y acelera el compostaje del raquis (muy pobre en nutrientes) y permite generar un abono orgánico relativamente balanceado (Figura 2).

El compostaje de raquis con lodo de purga de lagunas permite reducir a su tercera o cuarta parte el volumen de material a transportar y a aplicar sobre la plantación y equilibrar su contenido.

Una planta de beneficio de 250.000 t/año genera aprox. 20.000 t de compost al año, para fertilizar 1.000 hectáreas.

En el caso del raquis, el sistema tradicional de compostaje (montones alargados con volteo rutinario para asegurar una buena aireación) tiene sus limitaciones por la naturaleza misma de la materia prima (fibrosa y silíceas) y por la alta pluviometría de las zonas palmeras, a menos de estar ubicadas en zonas de baja pluviometría como la Costa Atlántica colombiana. El sistema tradicional sigue siendo factible bajo techo, pero implica áreas muy grandes y costos altos.

Biotec iniciará en 2013 la comercialización en Colombia de un sistema de compostaje específico para raquis de palma que combine las metas requeridas por el sector: menor área

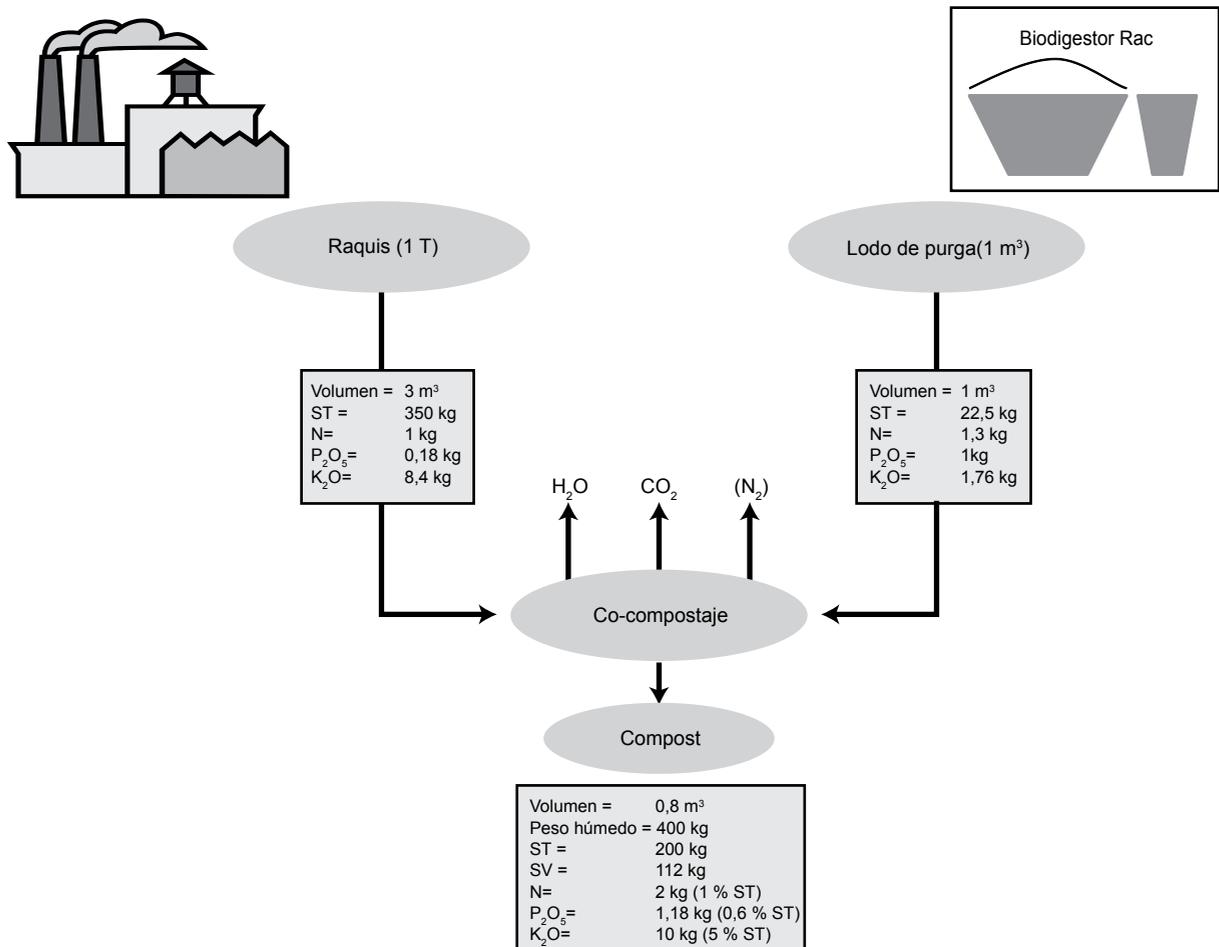


Figura 2. Cocompostaje de raquis y lodos de purga, balance de masa.

/ mayor capacidad de evaporación de agua / control estricto de lixiviados y de olores / abono final balanceado y suficientemente seco para aplicación por voleo / menor costo de inversión que los sistemas tradicionales. Este sistema será presentado en otro artículo. Hace parte de la búsqueda permanente de Biotec

por encontrar soluciones tecnológicas apropiadas al sector palmero, hasta cerrar el ciclo de la materia orgánica y asegurar la sostenibilidad agrícola y ambiental del negocio. Esta nueva oferta tecnológica complementará el RAC (biodigestor de POME) y el Forlim (sistema de fertilización líquida).