

# Residuos de aceite de palma disponibles para la bioeconomía, junto con el reciclaje de nutrientes

Making Palm Oil Residues Available for the Biobased Economy while Recycling Nutrients



**Wolter Elbersen, PhD**  
Científico Senior de Wageningen  
UR – Institute for Food and  
Biobased Research, Holanda.  
Wolter.elbersen@wur.nl

## Palabras CLAVE

Reciclaje de nutrientes,  
biomasa residual.

Recycling nutrients, palm oil residues,  
biomass

Editado por Fedepalma a partir de la grabación de video y la presentación en power point.



## Resumen

La Unión Europea ha establecido objetivos energéticos sostenibles que requieren unos 650 millones de toneladas de materias primas de biomasa para la producción de combustible para electricidad, calefacción y transporte. Se estima que esto requerirá 100 millones de toneladas de importaciones de biomasa por año, para cumplir con los objetivos hacia el 2020. Los residuos de la palma de aceite subutilizados se pueden convertir en materia prima muy atractiva si se implementa un reciclaje eficiente de nutrientes y se reducen emisiones de gases de efecto invernadero (GEI). Se evaluaron montajes alternativos de plantas de beneficio en los cuales los efluentes de las plantas de beneficio (POME, por su sigla en inglés) y los racimos de fruta vacíos se utilizan para la digestión anaerobia mientras que la fibra y los cuescos se dirigen a la producción de electricidad o se exportan, o se convierten en aceite de pirólisis y se exportan. El análisis mostró que este montaje reduce las emisiones de GEI hasta 8 toneladas de CO<sub>2</sub>-eq /ha/año en comparación con la mayoría de las prácticas actuales. Asimismo, que la reducción de emisiones de GEI y la venta de biomasa traerá un ingreso adicional por hectárea superior a US\$198, y a la vez hace más sostenible el producto principal, el aceite de palma, debido a las emisiones más bajas de GEI y a un mejor reciclaje de nutrientes.



## Abstract

The European Union has set sustainable energy targets requiring some 650 million tons of biomass feedstock for electricity, heat and transportation fuel production. It has been estimated that this will require 100 million tons of biomass imports per year by 2020 to fulfill the targets. Underutilized palm oil residues will become very attractive feedstock if efficient nutrient recycling and a reduction of GHG emissions are implemented. We evaluated alternative oil palm mill set-ups in which POME (palm oil mill effluent) and EFB (empty fruit bunch) is used for anaerobic digestion while fiber and shells are used for production of electricity or exported or converted to pyrolysis oil and exported. The analysis showed that this set-up reduces GHG emissions by up to 8 ton CO<sub>2</sub>-eq /ha/year compared to most current practices. The analysis showed that GHG emission reduction and selling biomass will bring a per hectare extra revenue of up to \$198, while making the main product, palm oil, more sustainable due to lower GHG emissions and better recycling of nutrients.



## Introducción

El mundo en general está preocupado por el agotamiento de los combustibles fósiles, pero más aún por el cambio climático, y ello significa que le gustan los biocombustibles solo si en realidad ayudan a reducir las emisiones de CO<sub>2</sub>. También le resultan en extremo importantes las oportunidades de negocio y las de cultivo que contribuyan a mitigarlo.

En los últimos años se ha descubierto la importancia de añadirle valor a la biomasa, lo que implica que en su orden se prefieren los quími-

cos, luego el combustible para el transporte y luego la electricidad y el calor (Figura 1).

Se cree que para generar energía se necesita mucha biomasa y así lo evidencian las cifras de la Tabla 1, que muestra el plan de la Unión Europea para satisfacer sus metas energéticas, cuánto de ellas serán bioenergía y en ese orden de ideas cuánta biomasa se necesitará.

Como se ve, si los países del bloque hacen lo que dijeron que harían, entonces necesitarían 600 millones de toneladas de biomasa. La

**Tabla 1.** Demanda de biomasa en la EU27 > 600 millones de toneladas.

|                          |   | Total         | Subproductos y residuos | Cultivos en la Unión Europea | Importaciones |
|--------------------------|---|---------------|-------------------------|------------------------------|---------------|
| Etanol                   | Carbohidratos 1ª generación   | 17,73         | 1,77                    | 10,46                        | <b>5,50</b>   |
|                          | Azúcares de lignocelulosa de 2ª generación                              | 1,55          | 0,85                    | 0,39                         | <b>0,31</b>   |
|                          | Aceites y grasas  | 29,49         | 1,47                    | 19,17                        | <b>8,85</b>   |
| Biogás                   | Sustrato de biogás: estiércol, cultivos, subproductos                   | 125,94        | 88,16                   | 36,52                        | <b>1,26</b>   |
| Lignocelulosa            | Sólidos para conversión térmica: papas fritas + pellets, principalmente | 469,76        | 258,37                  | 117,44                       | <b>93,95</b>  |
|                          | Licor negro   | 11,26         | 11,26                   | 0                            | <b>0</b>      |
| Demanda total de biomasa |   | <b>655,74</b> | <b>361,89</b>           | <b>183,98</b>                | <b>109,87</b> |

NB. No se incluye la demanda de biomasa para la industria química (sostenible). Se requieren importaciones.

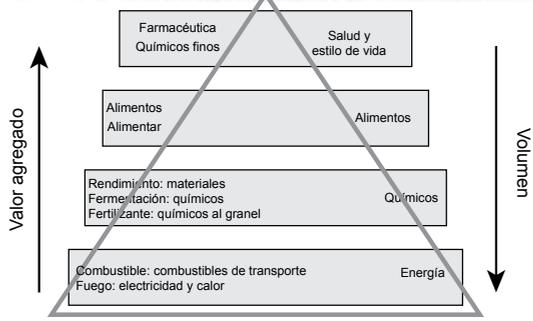
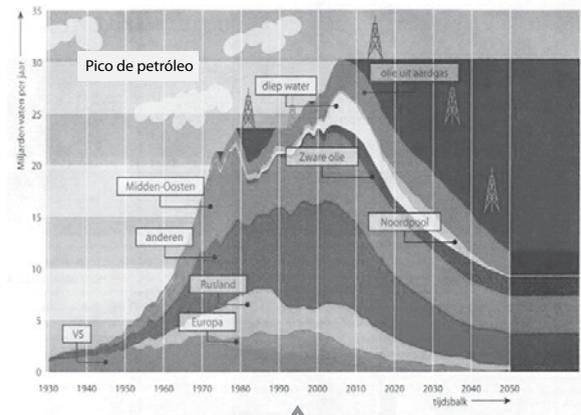
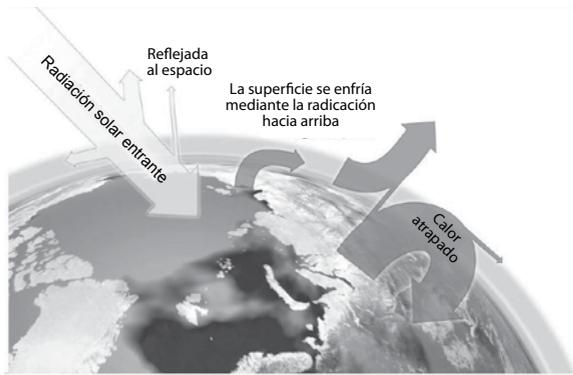


Figura 1. Bioeconomía basada en la EU 27 y en la NL.

tabla también muestra la necesidad de importar alrededor de 100 millones de toneladas de biomasa, la mayoría proveniente de lignocelulosa. De manera que el potencial de mercado es enorme.

El reto, sin embargo, está en producir esa biomasa de manera sostenible, por problemas del cambio en el uso de la tierra, como en Estados Unidos, por ejemplo, donde agricultores preferirían cambiar sus cultivos de soja por los de maíz destinado a la producción de etanol, o en Brasil, donde los altos precios de la soja los tentarían a intervenir áreas forestales (Figura 2).

De hecho, la Unión Europea está reduciendo sus metas de biocombustibles debido al conflicto “alimentos versus combustible”, especialmente con limitaciones en los de primera generación (biodiésel, etanol). Eso implica que el bloque se irá concentrando más en lignocelulosa y en los biocombustibles provenientes de algas, y su demanda por ellos irá en aumento.

De cualquier forma, para evitar el conflicto, lo ideal es utilizar tierras marginales o abandonadas; usar eficientemente el suelo y la biomasa; mantener altas productividades (aunque ello tome tiempo); tener cultivos multipropósitos, como la palma de aceite, y tratar de sacar el mayor número de subproductos de biorrefinería. Asimismo, utilizar subproductos inutilizados o subutilizados, como los residuos de cultivo y, por supuesto, los de palma de aceite.



Se redujeron las → exportaciones de soja  
El precio de la soja aumentó



La EU 27 está tapando la 1ª generación de biocobustibles → el foco se dirige a la 2ª gen (+ algas)

Figura 2. Cambio en el uso de la tierra.



## Programas de biomasa sostenible

Como se sabe, por su condición geográfica los Países Bajos están especialmente preocupados por el cambio climático y tienen interés en los programas de biomasa. Y, aunque son una nación pequeña, esperan poder convertirse en fuente de los 100 millones de toneladas de biomasa que importaría la Unión Europea, razón por la cual han establecido los programas de biomasa sostenible global e importación de biomasa sostenible (Tablas 2 y 3), los cuales cubren todos los países del mundo, exceptuando la Antártida.

En cuanto al proyecto para apoyar la producción de biomasa sostenible, es necesario que los productores se certifiquen y para

ello existe toda una caja de herramientas para evaluar el proceso, como por ejemplo:

- Distribución de beneficios.
- Consulta a los interesados.
- Evaluación del valor de las áreas de conservación.
- Evaluación del impacto social y ambiental.

Asimismo, se ofrece una guía de cómo seleccionar un sistema de certificación de biomasa, al igual que la producción de biomasa misma (evaluación de la *Jatropha* y de la producción de carbón vegetal), en conjunto con apoyos a la planeación del negocio.

De hecho, hay un portafolio sin precedentes en términos de variación de los proyectos de biomasa:

- 20 países
- 10 tipos de biomasa

**Tabla 2.** Programas de biomasa sostenible de los Países Bajos.

|                           | Biomasa sostenible global  | Importación de biomasa sostenible   |
|---------------------------|--|---|
| Meta                      | Apoyar a los países en desarrollo en la producción sostenible de biomasa para obtener energía y lograr el acceso al mercado mundial. | Apoyar el incremento de biomasa sostenible para la energía en los principales países productores para los Países Bajos. |
| Presupuesto de subvención | 12.5 M€  | 7.5 M€  |
| Programa de apoyo         | 2.75 M€  | 1.5 M€  |
| Países focalizados        | Indonesia, Vietnam, Colombia, Nicaragua, Mali, Tanzania, Mozambique y Suráfrica  | Canadá, Brasil, Ucrania, Estados Bálticos y Rusia   |

**Tabla 3.** Proyectos piloto contratados.

| Cultivo                      | Número |  | Proyectos por continente |    |
|------------------------------|--------|--|--------------------------|----|
| Alga                         | 2      |  | África                   | 22 |
| Residuos agrícolas           | 3      |  | Asia                     | 13 |
| Jatropha                     | 15     |  | Europa                   | 4  |
| Aceite de palma              | 8      |  | Norteamérica             | 3  |
| Nueces                       | 4      |  | Suramérica               | 14 |
| Semillas oleaginosas         | 5      |  |                          |    |
| Azúcar (caña, sorgo y palma) | 6      |  |                          |    |
| Madera                       | 7      |  |                          |    |
| Bamboo                       | 2      |  |                          |    |

- Diferentes modelos de negocio: desde los subcontratistas hasta las grandes escalas de tipos de plantaciones.
- Cadenas de importación y uso local de la biomasa.
- Desarrollo de cadenas de producción de biomasa.
- Uso de varios sistemas de certificación.
- Los consorcios incluyen los de negocio, organizaciones no gubernamentales e investigadores.

De manera que como conclusiones se pueden enumerar las siguientes:

- El enfoque de sostenibilidad es importante.
- Se necesita adquirir experiencia en materia de certificación y capacitación.
- Los resultados de los proyectos y las herramientas de apoyo se encuentran disponibles en: <http://www.agentschapnl.nl/en/programmas-regelingen/sustainable-biomass>
- Durante los años 2012-2013 se están difundiendo los resultados y la cooperación internacional.

- Se está construyendo el apoyo a la capacitación en Mozambique, Colombia, Ucrania, Vietnam e Indonesia.

## En palma de aceite

En 2011 se produjeron en el mundo 55 millones de toneladas de aceites de palma crudo y de palmiste. Para elaborar la Tabla 4 se dividieron los principales productos obtenidos por cada hectárea, y se concluyó que la principal fuente de los mismos es la actividad en el campo, sobresaliendo, al final del ciclo de vida de la palma, los troncos, a los que siguen las hojas y otros.

En cuanto al volumen, la mayor importancia corresponde a los subproductos obtenidos en la planta de beneficio. Se dice que por cada tonelada de aceite, debería ser posible obtener una tonelada de residuos de la planta de beneficio. Eso significa que en el mundo, fácilmente podrían obtenerse 55 millones de toneladas de residuos, con los que se pueden hacer cosas interesantes.

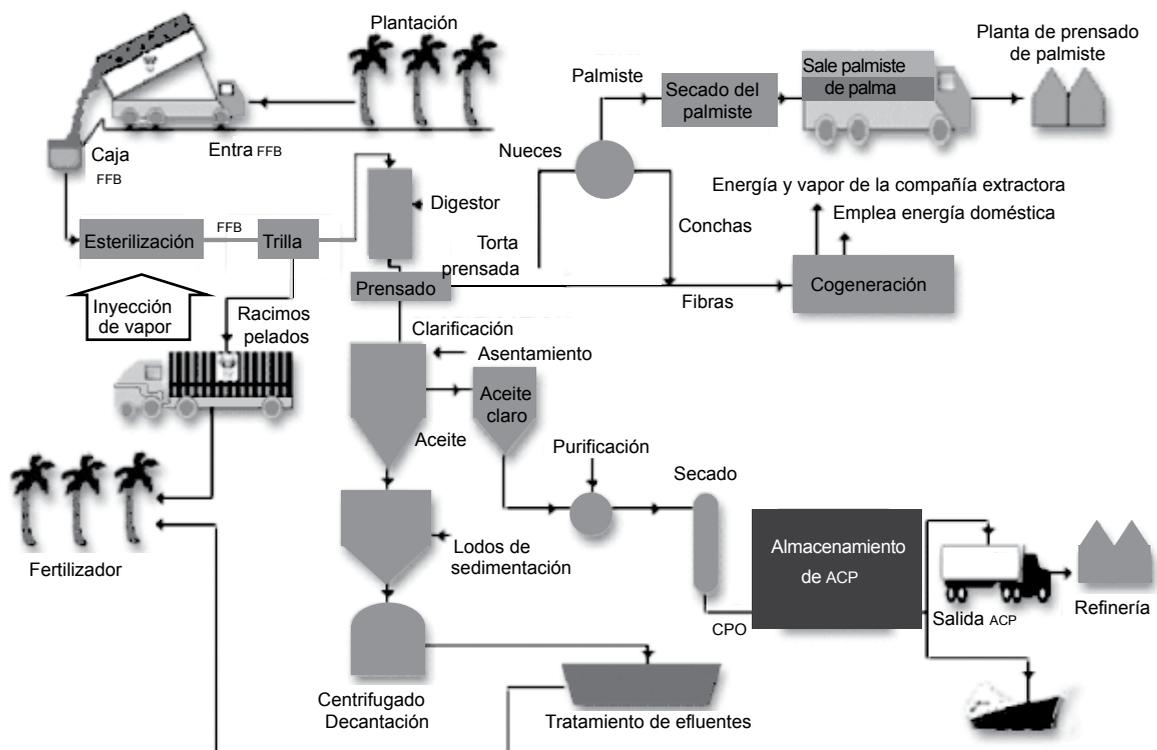


Figura 3. Las tasas de utilización y de eficiencia de los subproductos son bajas.

**Tabla 4.** Productos de la palma de aceite

| Producto                                     | ¿Dónde?          | DM, por t COP | H <sub>2</sub> O | N                | P      | K     | Mg    | Ca   |
|--|------------------|---------------|------------------|------------------|--------|-------|-------|------|
|  |                  |               | %                | ----- % DM ----- |        |       |       |      |
| Aceite de palma crudo (CPO)                  | Extractora       | 1             | -                | -                | -      | -     | -     | -    |
| Aceite de palmiste (KO)                      | Extractora       | 0,1-0,2       | -                | -                | -      | -     | -     | -    |
| Fronchas de palma de aceite (OPF)            | Campo            | 1,7-2,0       |                  | 0,7              | 0,06   | 1,3   | 0,17  | 0,35 |
| Raíces                                       | Campo, 1/25 años | 0,9           |                  | 0,3              | 0,03   | 0,8   | 0,08  | 0,05 |
| Troncos                                      | Campo, 1/25 años | 0,4-0,7       | 50               | 0,6              | 0,05   | 1,6   | 0,15  | 0,31 |
| Racimos de fruta vacíos (EFB)                | Extractora       | 0,3-0,4       | 58               | 0,8              | 0,06   | 0,2   | 0,18  | -    |
| Fibra  | Extractora       | 0,3-0,5       | 17               | 2,3              | 0,01   | 0,2   | 0,04  | -    |
| Cuesco                                       | Extractora       | 0,1-0,4       | 20               | -                | -      | -     | -     | -    |
| Efluente de la planta (POME)<br>*Base húmeda | Extractora       | 0,4-1,0       | >70              | 0,1*             | 0,005* | 0,02* | 0,02* | -    |
| Torta de palmiste (PKC)                      | Extractora       | 0,1           | 33               | 2,0              | 0,70   | 2,0   | 0,30  | 0,25 |
| Productos (aceite)                           | Extractora       | 1,1           |                  |                  |        |       |       |      |
| Subproductos del campo                       | Campo            | 2,9-3,5       |                  |                  |        |       |       |      |
| Subproductos de la planta extractora         | Extractora       | 1,2-2,3       |                  |                  |        |       |       |      |

Ahora bien. ¿Qué es posible hacer con esta biomasa? En la Figura 3 se aprecia el sistema de procesamiento, mediante el cual se obtienen todos los subproductos: la fibra, el cuesco, el palmiste y la torta de palmiste.

Los expertos en biomasa ven con agrado que en el presente los subproductos no estén siendo utilizados de manera eficiente, pues ello representa la existencia de grandes oportunidades para la industria como un todo.

Si se añade el contenido de energía (Tabla 5), en total serían 70,3 gigajulios por hectárea por año, pero con emisiones equivalentes de 8 toneladas de CO<sub>2</sub> por hectárea por año.

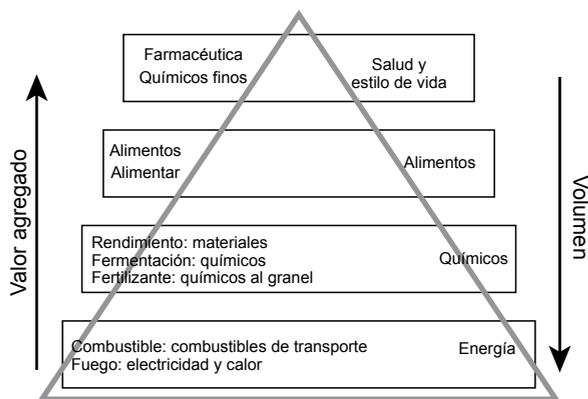
Aunque con los subproductos se pueden hacer muchas cosas, lo inteligente sería implementar lo lógico, luego de analizar las diferentes opciones, todas con gran demanda (Figura 4). Entre otras cosas, pueden utilizarse para:

- Mulch
- Calor y electricidad
- Pellets (gránulos asados)
- Gasificación → FT líquidos
- Aceite de pirólisis (y carbón vegetal)
- Aplicaciones de la fibra (tablas, pulpa, etc.)
- Celulosa disuelta

**Tabla 5.** El uso actual es ineficiente; las emisiones de gases de efecto invernadero son altas.

|                                | <b>Contenido de energía</b><br>GJ/ha/año | <b>Uso actual</b>   |
|--------------------------------|--|---|
| Racimos de fruta fresca vacíos | 22,3                                     | Mulch/cenizas de racimos – producción de metano                               |
| Fibra                          | 24,6                                     | Combustible en las calderas de baja presión, 3% de electricidad, 68% de vapor |
| Cuesco                         | 17,3                                     |   |
| Efluentes                      | 6,3                                      | Se produce metano en estanque de tratamiento abierto.                         |
| <b>Total</b>                   | <b>70,3</b>                              |   |

Los efluentes y los racimos de fruta vacíos (EFB) son los que más contribuyen a la liberación de gases de efecto invernadero:  $M_{total\ corriente} = MCH_4\text{-EFB} - MCH_4\text{ efluente} + MN_2O = 2,13 + 4,72 + 1,2 = 8\text{ t CO}_2\text{-eq t/ha/año}$ .

**Figura 4.** Opciones de uso de los subproductos.

- Hidrólisis:
  - Biológica H<sub>2</sub>
  - Butanol acetona, proceso del etanol
  - Ácido láctico
  - Químicos...

En ese orden de ideas, hace dos años se analizaron cuatro escenarios:

1. Negocios como de costumbre.
2. Digestión anaerobia + electricidad para la red local. (La digestión anaerobia es esencial para hacer estos subproductos disponibles).
3. Digestión anaerobia + aceite de pirólisis (esto significa que se quiere usar el cuesco y los racimos de fruta vacíos para producir pirólisis –para encender el sistema– y carbón vegetal, para el suelo).
4. Digestión anaerobia + biomasa de exportación (en forma de pellets, por ejemplo, más

en fibra y en cuescos, que es más atractiva para exportar, porque es más fácil de transportar y contiene menos nutrientes). Vale decir que usar racimos vacíos es menos atractivo, porque viene con más nutrientes para reciclar y es húmedo.

Las figuras 5, 6, 7 y 8 ilustran los cuatro escenarios.

En la Tabla 6 se muestran la producción de vapor y electricidad correspondientes a los diferentes escenarios que cubren todo el sistema. El segundo escenario con las conexiones de red local plantea que se generan 5.000 Kw-por hora, que se venden a la red local y ello implica una significativa reducción de gases de efecto invernadero; con la inversión realizada y el superávit de reciclar sus nutrientes, se logran créditos de carbono; al asumir que esos créditos representan entre 4 y 5 centavos de dólar por Kw por hora, se obtienen 70 dólares por hectárea por año extra.

Luego está el escenario sin conexión de redes, y se trata de hacer aceite de pirólisis; si se asume que el rendimiento de dicho aceite pueda ser de 50 dólares por tonelada, se obtiene un ingreso total de US\$198; por último se aprecia la columna que reporta la venta de la biomasa a US\$1,5 dólares por gigajulio, que es un valor muy bajo que finalmente determina ingresos totales de US\$103 para el escenario.

Es importante mencionar que esto es posible solo si se tiene digestión anaerobia u otro sistema que añada valor a la planta de beneficio

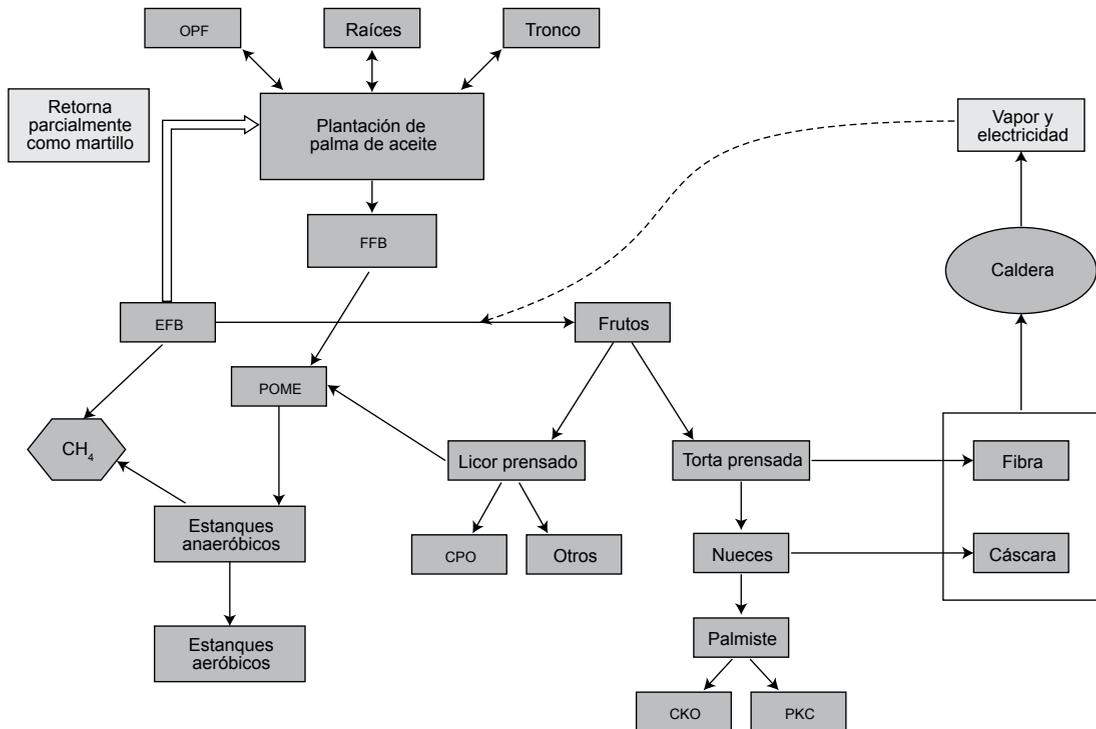


Figura 5. Negocios como de costumbre.

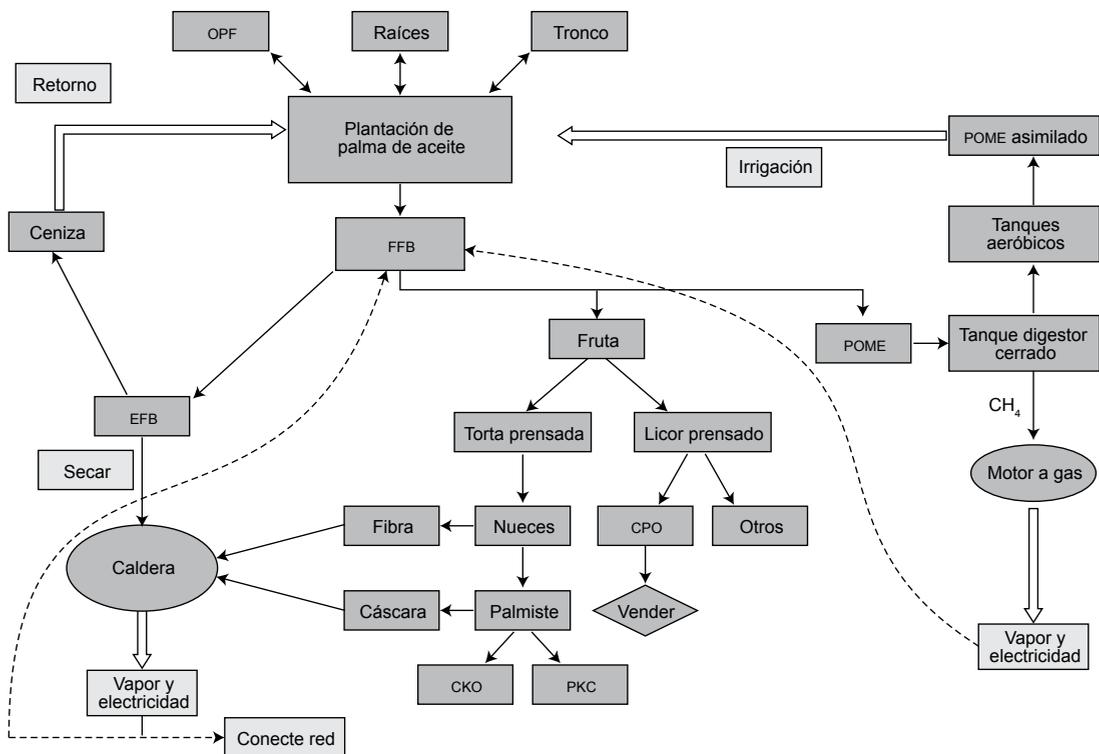


Figura 6. Digestión anaerobia – electricidad para redes locales.

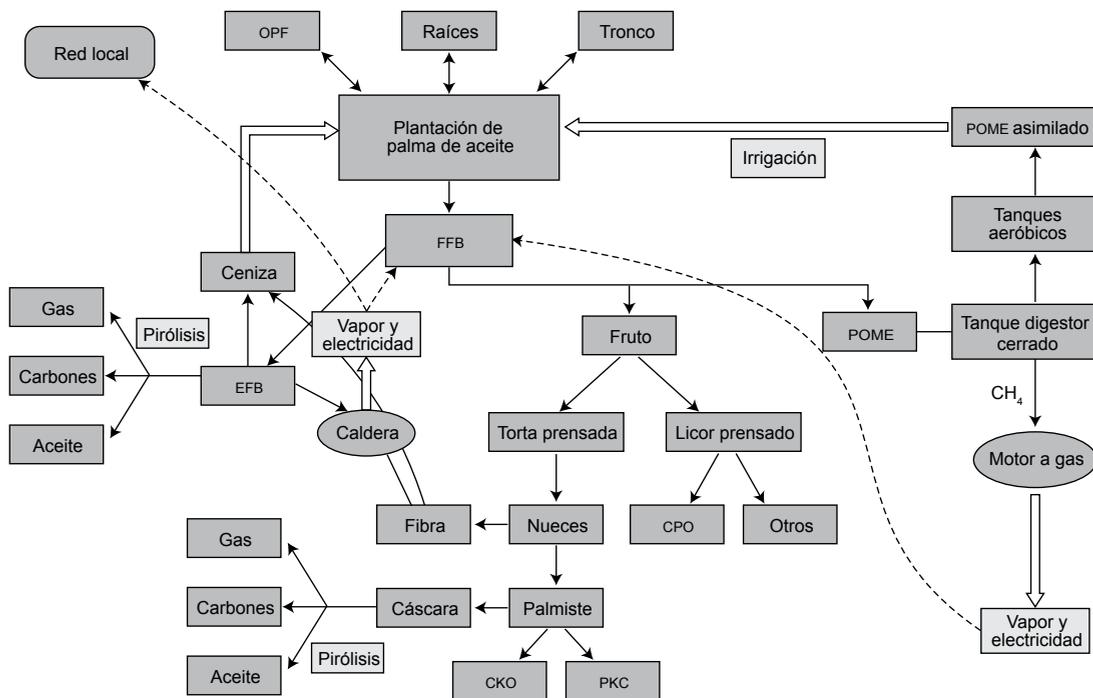


Figura 7. Digestión anaerobia + Aceite de pirólisis + biocarbón.

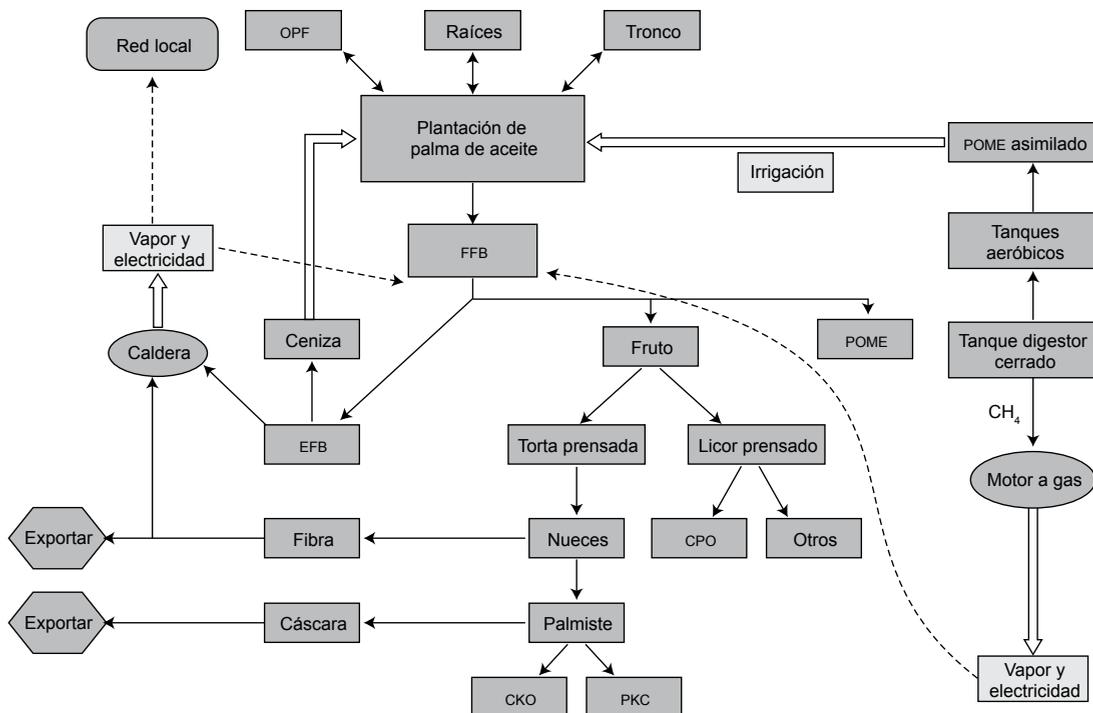


Figura 8. Digestión anaerobia + biomasa de exportación.

**Tabla 6.** Generación de energía de los cuatro escenarios.

| (Hectárea por año)                     |  | Escenario 1<br>BAU | Escenario 2<br>Conexión de<br>red | Escenario 3<br>No conexión<br>de red | Escenario 4<br>No conexión<br>de red |
|--|--|--------------------|-----------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|
| Generación eléctrica Kwh               |  | 323                | 5.027                             | 2.384                                | 2.378                                |
| Vapor (MJ)                             |  | 21.447             | -                                 | 20.839                               | 20.957                               |
| Energía para red local (Kwh)           |  | 0                  | 2.062                             | 2.062                                | 2.056                                |
| Energía sobrante de la red(Kwh)        |  | 0                  | 2.643                             | 0                                    | 0                                    |
| Aceite de pirólisis (t)                |  |                    |                                   | 1                                    | -                                    |
| Exportando fibra y cáscara (MJ)        |  |                    |                                   |                                      | 38                                   |
| Reducción GHGs (t CO <sub>2</sub> -eq) |  | -                  | 8,4                               | 6,6                                  | 6,6                                  |
| Costo                                  | Inversión<br>US \$/ha                              | -                  | 896                               | 568                                  | 499                                  |
|  | Anual US \$ -                                      |                    | 56                                | 34                                   | 29                                   |
| Costo de la pirólisis                  |  | -                  | -                                 | 100 US \$/<br>ha/año                 | -                                    |
| Ingresos                               | Ahorro de nutrientes (US\$)                        | -                  | 15,3                              | 15                                   | 12,8                                 |
|  | Créditos de carbón<br>(5 US\$/ t CO <sub>2</sub> ) | -                  | 42                                | 33                                   | 33                                   |
|  | Venta de electricidad US\$                         | -                  | 120                               | -                                    | -                                    |
|  | Aceite de pirólisis US\$                           | -                  | -                                 | 150                                  |                                      |
|  | Exportaciones de fibra<br>y cáscara                |                    |                                   |                                      | 57                                   |
| Ingresos totales (US\$)                |  | -                  | <b>177</b>                        | <b>198</b>                           | <b>103</b>                           |

en lo concerniente a efluentes y residuos de los subproductos. Además debe tenerse en cuenta:

- La digestión anaeróbica hará posible que los subproductos se valoricen.
- El mercado está pidiendo subproductos libres de problemas por el cambio introducido en el uso del suelo.
- Por lo menos 1 tonelada de subproducto por tonelada de aceite puede usarse para añadir valor a los productos en la actualidad.

¿Cuánto podría añadirse entonces con nuevas tecnologías?

- ¿Puede ser o no un problema la pérdida de nutrientes?
- Se necesitan tecnologías que permitan separar los nutrientes de la biomasa.

Los subproductos del campo también pueden llegar a ser interesantes si se posee la tecnología para fraccionar los nutrientes altos y bajos de la biomasa.