



**CONAMA10**  
CONGRESO NACIONAL  
DEL MEDIO AMBIENTE

COMUNICACIÓN TÉCNICA

## ¿Biocombustibles...? .... ¿Castor Oil?

Autor: Angel Pizarro Polo

Institución: Universidad de Extremadura

e-mail: [apizpol@unex.es](mailto:apizpol@unex.es)

Otros Autores: Carlos Vargues-Menau Martín (Universidad de Extremadura)

## RESUMEN

Una vez establecido la competencia entre el suelo destinado a la alimentación destinada a uso humano y los biocombustibles, se determina el alcance del problema, su influencia sobre las explotaciones de estos recursos a nivel de ocupación territorial, desarrollo tecnológico, consumo de recursos hídricos y diversas aplicaciones. Se analizan los principios termodinámicos que rigen estos cultivos y la posible 'decadencia' de este sistema como energía alternativa. Los estudios de los distintos cultivos de planta oleaginosas y el resultado inicial que la mayor optimización, relación explotación-energía invertida-energía recuperada, es el ACEITE DE RICINO.

En base a los datos y estudios realizados por organismos privados, este aceite servirá para un producto transgénico proporcionando una optimización entre uso del suelo para cultivo de combustibles, sistemas de cultivo tradicionales, aprovechamiento de recursos hídricos, y una alta tasa de retorno energético, que duplica la de los cultivos existentes. No todo es perfecto y debido a su toxicidad, en numerosos países se obliga a la mezcla de este producto. Se proponen alternativas a su toxicidad y la utilización de estos residuos.

**Palabras Clave:** *Energía, Castor Oil, Ricino*

## ABSTRACT

Having established the competition between the soil for food intended for human use and biofuels, determine the extent of the problem, its impact on the holdings of these resources on a territorial occupation, technological development, water consumption and various applications. We analyze the thermodynamic principles governing these crops and the possible 'decadence' of this system as alternative energy. Studies of different crops and oil plants initial result that further optimization, energy-related holding upside-recovered energy is castor oil.

Based on data and studies by private organizations, this oil for a GM product will provide an optimization between land use for fuel crops, traditional farming systems, water resource development, and a high rate of energy return, which twice that of existing crops. Not everything is perfect and because of its toxicity, in many countries requires the mixture of this product. Propose alternatives to its toxicity and the use of such waste.

**KEY WORDS:** *Energy, Castor Oil*

## INDICE

- 1.- INTRODUCCION
- 2.- LA ALTERNATIVA BIO
- 3.- ESTADO ACTUAL DEL BIODIESEL
- 4.- CASTOR OIL (Aceite de ricino)
- 5.- EL CULTIVO
- 6.- ALTERNATIVA ENERGÉTICA
- 7.- SECUENCIACION
- 8.- CONCLUSIONES

### 1.- INTRODUCCION

Para comenzar hay que procurar entender el sencillo principio en cadena. Los eslabones dependen entre sí para formar una cadena, permitir el equilibrio y darle su función. Del mismo modo cualquier sistema o ecosistema por el que fluye energía es interdependiente. Cada elemento depende uno del otro para la transferencia adecuada y servir su último propósito que es producir un servicio.

En términos de energía esto se llama un **vector de transferencia**. El vector cumple unas leyes específicas que, en el caso de la energía, están asentadas en las leyes de la termodinámica. La energía ni se crea ni se destruye sólo se transforma, dice la primera ley. En el proceso de transferencia en una dirección deseada siempre hay en pérdidas que derivan por otros caminos, dice la segunda. Esta última es conocida también como **entropía**, una ley inexorable a la que están sometidos todos los sistemas termodinámicos (nuestro cuerpo es un buen ejemplo).

Este aspecto es clave para el razonamiento siguiente: **no toda la energía de la que dispongo puede ser transferida del modo que deseamos**. La perdemos por otros caminos. Mientras la cadena sea más compleja, mientras más vectores existan, mayor será la pérdida. A esto hay que añadir que para poder comenzar ese proceso de transferencia energética, hay que tener en cuenta el origen de la energía que utilizo para producir esa transferencia.

Nuestra civilización, o el sistema social en el cual estamos inmersos, incluye una enorme diversidad de procesos energéticos. La mayoría de los estudios que se han realizado sobre el tema han concluido que **se ha dispuesto de una energía** (basada en los combustibles fósiles) **producida de forma relativamente barata y con una gran disponibilidad** ; haciendo que nuestras actividades se hayan desarrollado de forma exponencial. Mientras se ha estado creciendo (con este tipo de energía) no nos hemos dado cuenta de la dependencia de dicha fuente de energía.

Nos basamos en la disponibilidad abundante y barata de combustibles fósiles.

**Producción mundial de líquidos combustibles, excluyendo los biocombustibles**

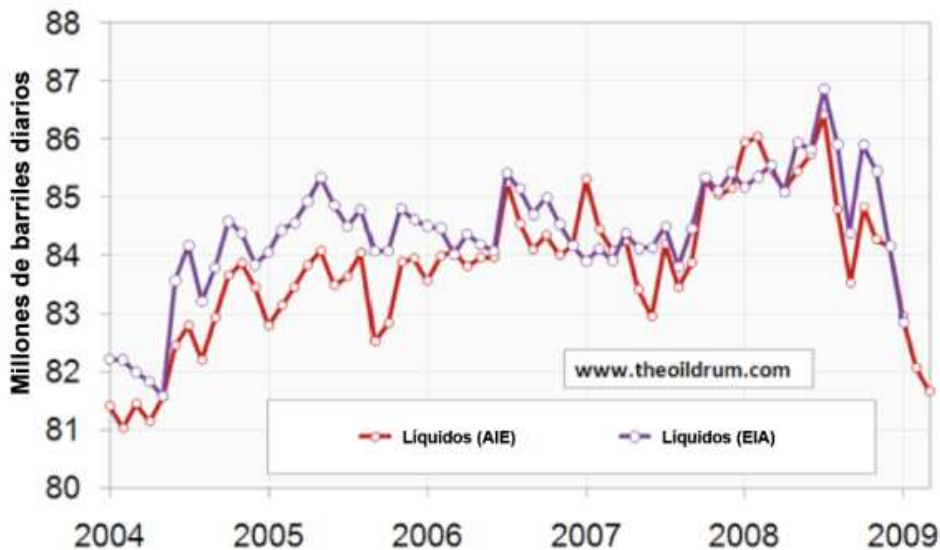


GRAFICO 1 Fuente: [www.theoil Drum.com](http://www.theoil Drum.com)

A principio de la crisis del Yom Kipur en 1973 y de la crisis Iraní del 1979 (ver gráfico 2), los países exportadores cerraron el grifo del suministro del combustible que alimenta nuestro sistema. Se generaron las primeras **crisis energéticas que demostraron nuestra dependencia de una fuente de energía específica**. Fue una crisis provocada por las disputas. Actualmente estamos inmersos en una crisis financiera y habría que preguntarse también: ¿No será también energética?

Si es así, entre la diversidad de **alternativas** que se ofrecen para solucionar nuestro problema, vamos a centrarnos en unas en particular: las **biológicas**. No perderemos de vista los principios de la termodinámica, a los cuales no le afectan las crisis, ni las disputas ni el crecimiento.

**Inflation Adjusted Monthly  
CRUDE OIL PRICES (1946-Present)  
In December 2007 Dollars**  
© www.InflationData.com  
Updated 1/16/2008



GRAFICO 2

Fuente: [www.inflationData.com](http://www.inflationData.com)

## 2.- LA ALTERNATIVA BIO

En principio, la entrada del biocombustible como fuente energética, supone una liberación de la dependencia de los combustibles fósiles. Una mejora de la balanza de pagos con países exportadores ¿Esto es real? De ser así se reduciría el precio del barril de petróleo en caso de caída de la demanda. No es esto lo observado. Según demuestran los distintos estudios y gráficas (gráfica 2), las producciones de biodiesel han reducido su crecimiento en periodos muy concretos en los últimos años y estos descensos coinciden con el alza del precio del crudo (año 2002 y 2006)

Para entender el porqué de esta aparente contradicción debemos volver al “principio en cadena”.

Cualquiera de los biocombustibles: **bioetanol** (se produce principalmente mediante la fermentación de granos ricos en azúcares o almidón, por ejemplo los cereales, la remolacha azucarera y el sorgo. Mezclado con la gasolina convencional, en distintos porcentajes según los motores) y el **biodiesel** (de plantas oleaginosas, tales como la colza, la soja o el girasol, si bien se pueden utilizar los aceites de fritura usados y las grasas animales. Los aceites se transforman mediante transesterificación hasta producir esteres metílicos) aparece como una alternativa al petróleo; pero se produce y extrae de distinta forma; no hay que ir y cogerlo.

Ambos combustibles, el bio y el derivado del petróleo, están unidos; dependen el uno del otro; es decir; el sistema de mecanización para la producción de materias primas para el combustible bio, se rige por el principio de que los motores de las maquinarias agrícolas utilizan combustible de origen fósil.

Si se establece que la producción mundial tiene que descender por consumo, extracción y descubrimiento de yacimientos (Gráfico 3 y 4), el precio del combustible fósil, el cual alimenta las maquinas; va a encarecerse; con lo cual la cadena de producción del combustible “barato” las va a mover o producir el “caro”.

### El pico de la producción mundial

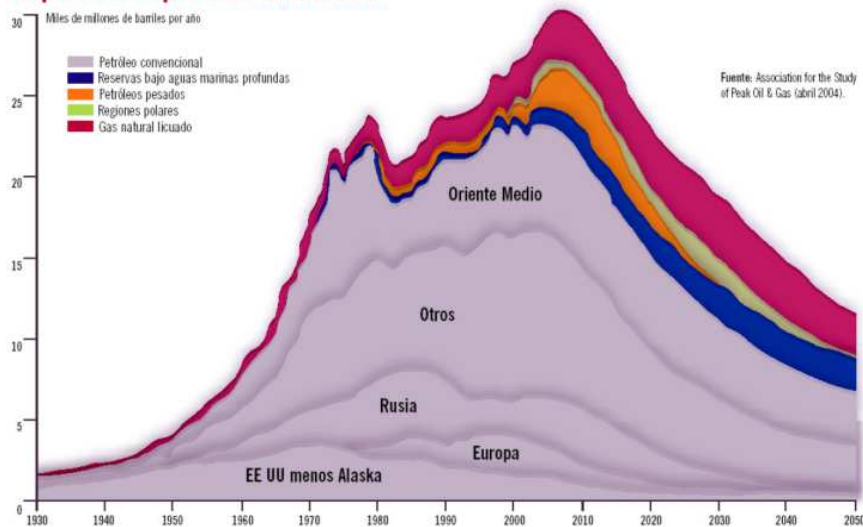


GRAFICO 3

Fuente: A. for the Study of Peak Oil & Gas

### Pico del Petróleo: Descubrimientos y Extracción

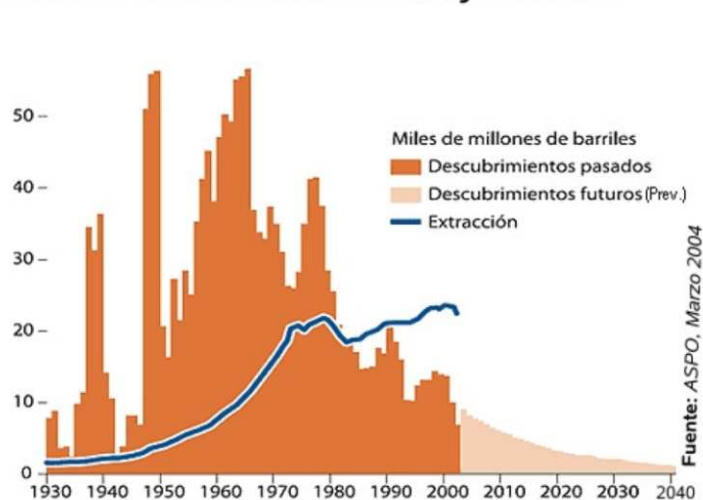


GRAFICO 4

Fuente: ASPO

Para entender con más crudeza la raíz del problema consideremos el siguiente fragmento del Artículo *Eating Fossil Fuels* de Dale Allen Pfeiffer publicado en 2003:

*“La Revolución Verde*

*En las décadas de 1950 y 1960, la agricultura experimentó una drástica transformación denominada comúnmente la Revolución Verde. La Revolución Verde fue el resultado de la industrialización de la agricultura. De parte del progreso surgieron nuevas plantas alimenticias híbridas, que producían unas cosechas alimenticias más productivas. Entre 1950 y 1984, la Revolución Verde transformó la agricultura a lo largo de todo el planeta y la producción de grano mundial aumentó en un 250%.<sup>(4)</sup> Ése es un aumento tremendo en la cantidad de energía alimenticia disponible para el consumo humano. Esta energía adicional no procedía de un incremento de la luz solar incidente, ni tampoco era resultado de introducir la agricultura en nuevas tierras. La energía de la Revolución Verde fue proporcionada por los combustibles fósiles en forma de fertilizantes (gas natural), pesticidas (petróleo) e irrigación alimentada por hidrocarburos.*

*La Revolución Verde aumentó el flujo de energía hacia la agricultura en una media de 50 veces la energía invertida en la agricultura tradicional.<sup>(5)</sup> En los casos más extremos, el consumo de energía por la agricultura aumentó 100 veces o más.<sup>(6)</sup>*

*En los EEUU, se gastan anualmente 400 galones de petróleo equivalente (1.514 litros según la equivalencia del galón estadounidense; 1 galón = 3.785 litros; n. del t.) para alimentar a cada estadounidense (datos proporcionados en 1994).<sup>(7)</sup> El consumo de energía agrícola se descompone como sigue:*

- 31% para la fabricación de fertilizantes inorgánicos.
- 19% para el funcionamiento de la maquinaria agrícola.
- 16% para el transporte.
- 13% para regadíos.
- 8% para aumentar la ganadería (no se incluye la alimentación del ganado).
- 5% para el secado de cultivos.
- 5% para la producción de pesticidas.
- 8% gastos diversos <sup>(8)</sup>

*No se incluyen los costes del embalaje, la refrigeración, el transporte hacia los puntos de venta al por menor y el uso de la cocina doméstica.*

*La producción de un kilo de fertilizante de nitrógeno requiere la energía equivalente de 1,4 a 1,8 litros de combustible diesel. No se considera el gas natural como materia prima.<sup>(9)</sup> De acuerdo a The Fertilizer Institute (<http://www.tfi.org>), en el período anual del 30 de junio de 2001 al 30 de junio de 2002, los Estados Unidos utilizaron 12.009.300 de toneladas cortas de nitrógeno fertilizante.<sup>(10)</sup> Usando la cifra inferior de 1,4 litros de diesel equivalente por kilo de nitrógeno, esto equivale a la energía contenida en 15.300 millones de litros de combustible diesel o 96,2 millones de barriles.*

*Por supuesto, eso es sólo una comparación aproximada para dar una idea de la energía que la agricultura moderna requiere.*

*De una forma muy real, estamos comiendo literalmente combustibles fósiles. Sin embargo, debido a las leyes de la termodinámica, no hay una correspondencia directa entre la energía entrante y saliente en agricultura. A lo largo del proceso, hay una marcada pérdida de energía. Entre 1945 y 1994, la inversión energética en la agricultura aumentó 120 veces, mientras que los rendimientos de las cosechas sólo aumentaron 90 veces.<sup>(11)</sup> Desde entonces, la inversión energética ha continuado incrementándose sin un aumento correspondiente en la productividad de las cosechas. Hemos alcanzado el punto de los retornos marginales. Pero debido a la degradación de la tierra, el aumento de demanda de gestión de plagas y el aumento del coste energético para el regadío (todo lo cual se examina más abajo), la agricultura moderna tiene que continuar aumentando sus gastos*

*energéticos, simplemente para mantener la producción actual de las cosechas. La Revolución Verde está entrando en quiebra.”*

Cualquiera estará de acuerdo si decimos que en materia energética no se debe depender sólo de una fuente y que tampoco existen las soluciones únicas, y los biocarburantes no son una excepción; ni la única salvación a los combustibles fósiles.

El trabajo en la parte de motores se encuentra hecho o bastante avanzado, por lo que nos queda realizar un estudio sobre los nuevos cultivos; para su aprovechamiento energético en relación a la superficie cultivable.

Producción de etanol durante 2004, incluyendo usos energéticos e industriales (en miles de metros cúbicos)			
Brasil	15.100	Italia	151
EE.UU.	13.381	Australia	125
China	3.649	Japón	117
India	1.749	Pakistán	98
Francia	829	Suecia	98
Rusia	750	Filipinas	83
Sudáfrica	416	Corea del Sur	83
Reino Unido	401	Guatemala	64
Arabia Saudita	299	Cuba	61
España	299	Ecuador	45
Tailandia	280	México	34
Alemania	269	Nicaragua	30
Ucrania	250	Islas Mauricio	23
Canadá	231	Zimbabwe	23
Polonia	201	Kenya	11
Indonesia	167	Swazilandia	11
Argentina	159	Otros	1.279
<b>Total</b>		<b>40.769</b>	

Fuente: F.O. Lichts.

Grafica 5: Fuente IDAE (F.O. Lichts)

Conviene hacer un inciso que aclare la relación indicada a la vista de la tabla de producción de etanol ¿Cuál es el impacto de la producción de etanol en relación al consumo diario de la producción de petróleo? Actualmente se consumen en el mundo una media de 84 millones de barriles diarios (datos de British Petroleum) contando los líquidos.

Total World	73538	72325	74861	74794	74431	76990	80256	81089	81497	81443	81820	0.4%	100.0%
of which: European Union	3553	3684	3483	3285	3339	3128	2902	2659	2422	2388	2239	-6.6%	2.7%
OECD	21500	21103	21521	21303	21430	21185	20786	19861	19458	19148	18400	-4.0%	22.0%
OPEC	32277	31054	32569	31914	30318	32136	34658	35736	36007	35714	36705	2.7%	44.8%
Non-OPEC‡	33870	33719	34278	34220	34580	34355	34191	33513	33171	32930	32295	-2.0%	39.3%
Former Soviet Union	7391	7552	8014	8660	9533	10499	11407	11839	12318	12799	12821	0.2%	16.0%

\*Includes crude oil, shale oil, oil sands and NGLs (the liquid content of natural gas where this is recovered separately). Excludes liquid fuels from other sources such as biomass and coal derivatives.

‡Excludes Former Soviet Union.

•Less than 0.05%.

Notes: Annual changes and shares of total are calculated using million tonnes per annum figures. Growth rates are adjusted for leap years.



**Fig. Resumen anual de la producción de petróleo desde 1998 hasta 2008(en negrita).**  
Fuente: BP Oil. A Statical Review 2009. www.bp.com

Teniendo en cuenta que un barril son 159 litros con una densidad media por ejemplo para el West Light de 0,85 kg/l obtenemos una media de consumo diario de 11,3 millones de toneladas. Si considerásemos una equivalencia energética 1:1 entre la tonelada de petróleo y el metro cúbico de etanol obtendríamos una relación de consumo diario de 1 a 103. Por supuesto no se indica en esta proporción la energía invertida en la producción del etanol que empeoraría la relación no sólo por esta razón, sino porque en el proceso nos encontraríamos de nuevo con los fósiles utilizados.

Por eso, es conveniente el empezar a utilizar el concepto: **TRE o tasa de retorno energético. De la energía que obtenemos en un sistema de producción debemos descontar la energía que hemos invertido. Este concepto es de enorme importancia en la valoración de la economía de la energía y en la utilización de biocombustibles.**

### 3.- ESTADO ACTUAL DEL BIODIESEL

El biodiesel es el biocarburante más utilizado en Europa, porque es el que más produce (recordar que para el etanol el cultivo es el de cereales, remolacha, etc....).

El crecimiento medio de producción de biodiesel según el European Biodiesel Board, es del 15% respecto al año anterior; siendo Alemania y Francia los mayores productores.

COUNTRY	'000 TONNES*	COUNTRY	'000 TONNES*
Germany	2539	Germany	2,819
France	1959	France	1,815
Spain	859	Italy	595
Italy	737	Belgium	277
Belgium	416	Poland	275
Poland	332	Portugal	268
Netherlands	323	Denmark/Sweden	231
Austria	310	Austria	213
Portugal	250	Spain	207
Denmark/Sweden	233	UK	192
Finland *	220	Slovakia	146
Czech Republic	164	Greece	107
UK	137	Hungary	105
Hungary	133	Czech Rep.	104
Slovakia	101	The Netherlands	101
Lithuania	98	Finland	85
Greece	77	Lithuania	66
Latvia	44	Romania	65
Romania	29	Latvia	30
Bulgaria	25	Ireland	24
Estonia	24	Bulgaria	11
Ireland *	17	Cyprus	9
Cyprus	9	Slovenia	9
Slovenia	9	Malta	1
Malta	1	Luxemburg	0
Luxemburg	0	Estonia	0
<b>TOTAL</b>	<b>9,046</b>	<b>TOTAL</b>	<b>7,755</b>

\* Data include hydro-diesel production  
2009 production was increased by 16.6% compared to 2008. Subject to a +/- 5% margin of error.

2008 production was increased by 35.7% compared to 2007. Subject to a +/- 5% margin of error.



<b>COUNTRY</b>	<b>'000 TONNES*</b>	<b>COUNTRY</b>	<b>'000 TONNES*</b>
Germany	2,890	Germany	2,662
France	872	France	743
Italy	363	Italy	447
Austria	267	UK	192
Portugal	175	Austria	123
Spain	168	Poland	116
Belgium	166	Czech Rep.	107
UK	150	Spain	99
Greece	100	Portugal	91
The Netherlands	85	Slovakia	82
Denmark	85	Denmark	80
Poland	80	Greece	42
Sweden	63	Belgium	25
Czech Rep.	61	The Netherlands	18
Slovakia	46	Sweden	13
Finland	39	Slovenia	11
Romania	36	Romania	10
Lithuania	26	Lithuania	10
Slovenia	11	Latvia	7
Bulgaria	9	Bulgaria	4
Latvia	9	Ireland	4
Hungary	7	Malta	2
Ireland	3	Cyprus	1
Cyprus	1	Estonia	1
Malta	1	Finland	0
Estonia	0	Hungary	0
Luxemburg	0	Luxemburg	0
<b>TOTAL</b>	<b>5,713</b>	<b>TOTAL</b>	<b>4,890</b>

2007 production was increased by 16.8% compared to 2006. Subject to a +/- 5% margin of error.

2006 production was increased by 54% compared to 2005. Subject to a +/- 5% margin of error.

**Fuente:** European Biodiesel Board. *Statistics*

Realizando los cálculos que aplicamos anteriormente al caso del etanol y considerando el consumo de petróleo en la UE de unos 20 millones de barriles diarios, obtenemos una equivalencia muy similar. La relación en el caso de considerar equivalentes la tonelada de petróleo y la de biodiesel es de 1:100. (Deberíamos de considerar igualmente el agravante de encontrar los combustibles fósiles en el proceso de producción).

El proceso denominado "transesterificación", con un catalizador (sosa o potasa) y a una temperatura de 60°C; hace que se obtenga aparte del biodiesel, glicerina (producto con múltiples usos). El rendimiento de este proceso productivo es alto: a partir de una tonelada de aceite, 156 kg de metanol y 9,2 kg de potasa se pueden obtener 956 kg de biodiesel y 178 kg de glicerina sin refinar, además de recuperar 23 kg de metanol.

Todo este proceso no va dar un producto el biodiesel (cambiando su viscosidad); que va a tener una TRE; según la tabla adjunta:

Proceso	TRE
Petróleo en los años 40	>100
Petróleo en los 70	23
Carbón en los 50	80
Carbón en los 70	30
Petróleo de esquistos	0,7-13
Carbón licuado	0,5-8,2
Gas presurizado	1,0-5,0
<b>Etanol(caña de azúcar)</b>	<b>0,8-1,8</b>
<b>Etanol(cereales)</b>	<b>1,3</b>
<b>Etanol(residuos de cereales)</b>	<b>0,7-1,8</b>
Metanol	2,6
Energía solar en el espacio - Colector	1,9
Hidráulica	11,2
Nuclear	4
Geotérmica	4
<b>Aceite de palma</b>	<b>1,06</b>
<b>Cereales de alta energía</b>	<b>1,10</b>
<b>Alcohol de caña de azúcar</b>	<b>1,14</b>
Madera de plantación	2,1
Lignito de mina	6,8
Gas natural submarino	6,8
Petróleo comprado Oriente Medio	8,4
Gas natural terrestre	10,3
Carbón (Wyoming)	10,5
Petróleo (Alaska)	11,1
Madera de Bosques húmedos	12,0

Fuente: C.J. Cleveland y otros "Energy and the US economy a biophysical perspective" 1984

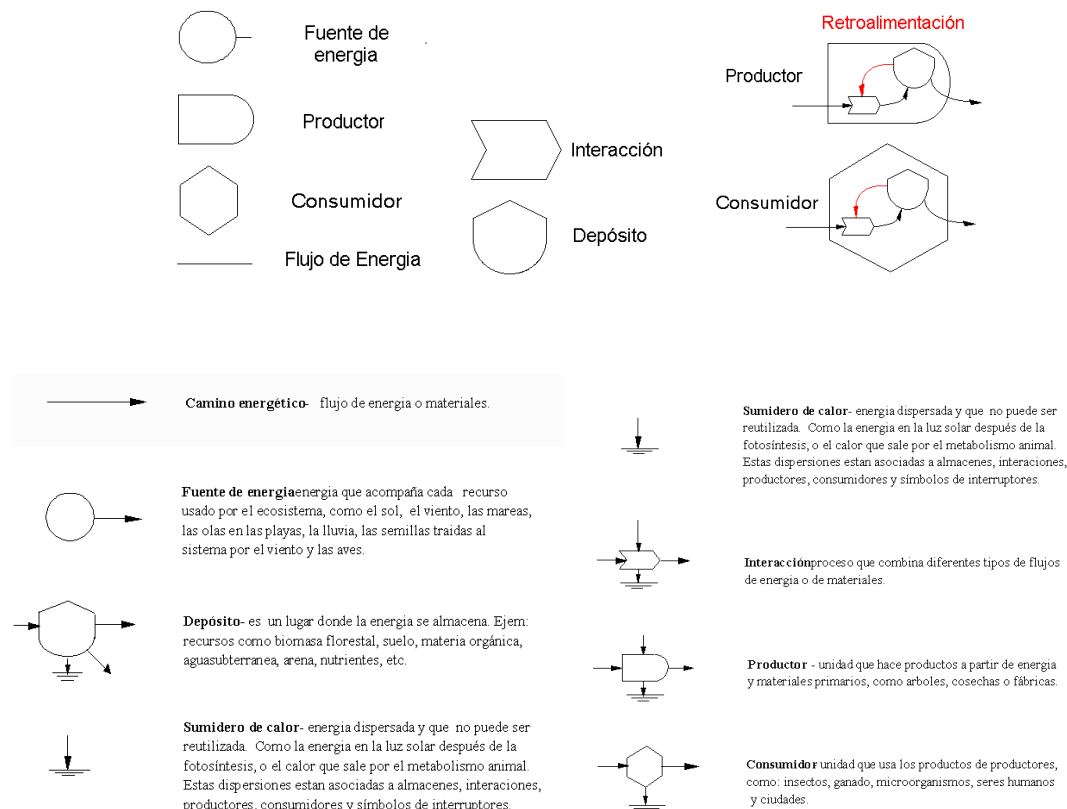
**La tabla, en principio, no deja lugar a dudas. Tanto el etanol como el biodiesel tienen unas tasas económicamente inviables.**

Sin embargo durante las crisis energética iniciada durante los años 70 en Brasil debido al encarecimiento del petróleo se hizo viable el etanol de caña de azúcar de tal forma que a mediados de los 80 el 91 por ciento de los vehículos en Brasil funcionaban con etanol, a pesar del poco margen TRE. El fin de la crisis del petróleo y su abaratamiento hizo literalmente entrar en quiebra este sistema.

Brasil pudo permitirse el experimento del Etanol debido a la gran disponibilidad de tierras cultivables para este fin. Brasil sigue siendo el mayor productor de alcohol etílico del mundo (actualmente el 40% del total mundial).

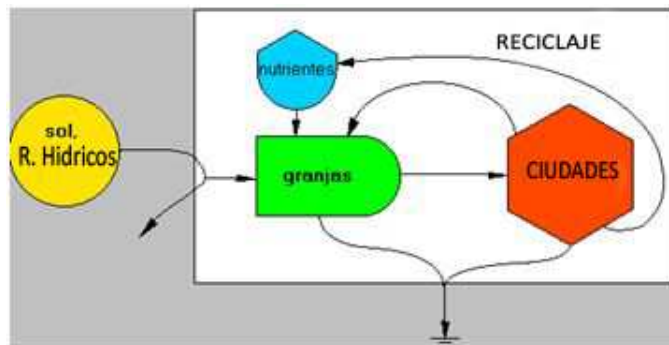
Sin embargo están invadiendo “el cerrado”, una inmensa pradera y zona de sabana en la parte sureste de la meseta central de Brasil, que constituye un sistema único y seriamente amenazado. Indudablemente el ingenio humano tiene capacidad de respuesta ante cualquier reto. Pero los recursos de la tierra son limitados.

Para favorecer la visión del objetivo que nos hemos propuesto conviene ver los ecosistemas, nuestro principio en cadena, por medio de esquemas. Estos nos informan de las relaciones entre las fuentes de energía, los sistemas de producción, los consumidores, las interacciones y los flujos energéticos entre ellos.



**Fig. Diagrama de símbolos de relaciones en ecosistemas. Ecosistemas y políticas públicas. Howard T. Odum**

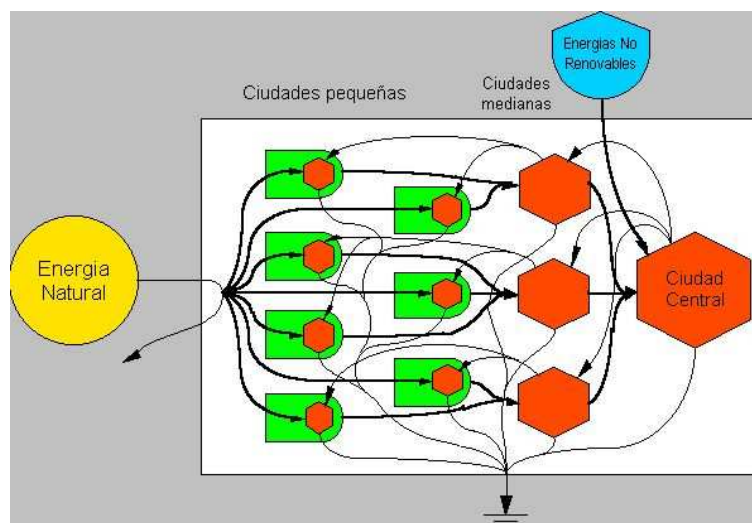
Hay que comprobar que los vectores de transferencia funcionan de la forma adecuada para evitar una rotura del ciclo. En nuestro caso particular, una posibilidad para mejora de la optimización sería conseguir un transgénico que no sólo tenga un TRE más elevado sino una mayor capacidad de adaptación a terrenos no óptimos para el cultivo alimenticio tanto humano como animal.



**Fig.** Diagrama de relación entre ciudades y áreas de soporte. Howard T. Odum

Otro factor fundamental será la mínima dependencia de los recursos hídricos de las zonas de cultivos. La irrigación se debe producir con los mínimos recursos energéticos posibles. A su vez es necesario el análisis de de si la tasa energética de todos los vectores de transferencia casa para hacer factible la producción.

La base de toda la cadena es el sol el generador de todo el proceso. Hay que procurar que no exista ningún cuello de botella que no haga viable las actividades que se producen el sistema.



**Fig.** Diagrama de energía de ciudades interdependientes. Howard T. Odum

El objetivo es poder reducir el depósito de energías no renovables, las energías sometidas a limitación, los combustibles fósiles. Esta base nos lleva al Castor Oil, al Aceite de Ricino

#### 4.- CASTOR OIL

La planta oleaginosa del ricino (*Ricinus communis*) es un miembro de la familia *Euphorbiaceae*. La yuca, árboles de caucho, flores de pascua ornamentales, y los invasores *lechetezna* son miembros importantes de esta familia, que incluye cerca de 250 géneros que abarca 6.300 especies. La semilla del ricino tiene propiedades químicas y físicas especiales que hacen del aceite de ricino una importante materia prima industrial para numerosos productos, incluidos los lubricantes de alta calidad, pinturas, recubrimientos, plásticos, jabones, medicamentos para afecciones de la piel y cosméticos. El aceite de ricino puede ser utilizado como aditivo lubricante para reemplazar los componentes a base de azufre en el diesel de petróleo y ayudar a reducir las emisiones de azufre.

El único problema para el aceite de ricino en ser un biodiesel es que hay que cambiar su viscosidad cinemática, aplicando la transesterificación, para aproximarla a la del diesel del petróleo.

#### 5.- EL CULTIVO

El ricino se cultiva en una escala limitada en los Estados Unidos. La demanda de cultivo alcanzó su punto máximo a principios de 1950, cuando el gobierno federal deseaba incrementar los suministros de aceite de ricino para aplicaciones militares en el caso de una emergencia nacional. El gobierno garantizaba a los agricultores, especialmente en el suroeste, diez centavos por libra de las semillas que fueron cultivadas bajo contrato con los procesadores de aceite de ricino.

En los trópicos, la planta de ricino es una planta perenne. Se cultiva como anual en las regiones templadas, pero requiere un período de crecimiento de 140 a 180 días. La germinación es lenta. Las plántulas emergen 10 a 21 días después de la siembra. Las variedades comerciales crecen a una altura de 75 a 250 cm

Variedades para la producción de petróleo:

- 'Hale' fue lanzada en la década de 1970 para el Estado de Texas, EE.UU. Es corta (de hasta 1,2 m) y tiene varios racimos.
- 'Brigham' es una variedad con un contenido de ricina reducida adaptada para Texas, EE.UU. Crece hasta 1,8 m y tiene 10% del contenido de ricina de la variedad de Hale.
- 'BRS Nordeste' fue desarrollada por Embrapa (Brasil) 1990 para la cosecha de la mano y ambientes semiáridos.
- 'BRS Energía' fue desarrollada por Embrapa (2004) para la cosecha mecanizada o manual.
- 'GCH6' fue desarrollada por la Universidad Sardarkrushinaga Dantiwada (India), 2004. Es resistente a la pudrición de la raíz y tolerantes al marchitamiento por fusarium.
- 'GCH5' fue desarrollada por la Universidad Sardarkrushinaga Dantiwada (India), 1995. Es resistente a la marchitez por fusarium.

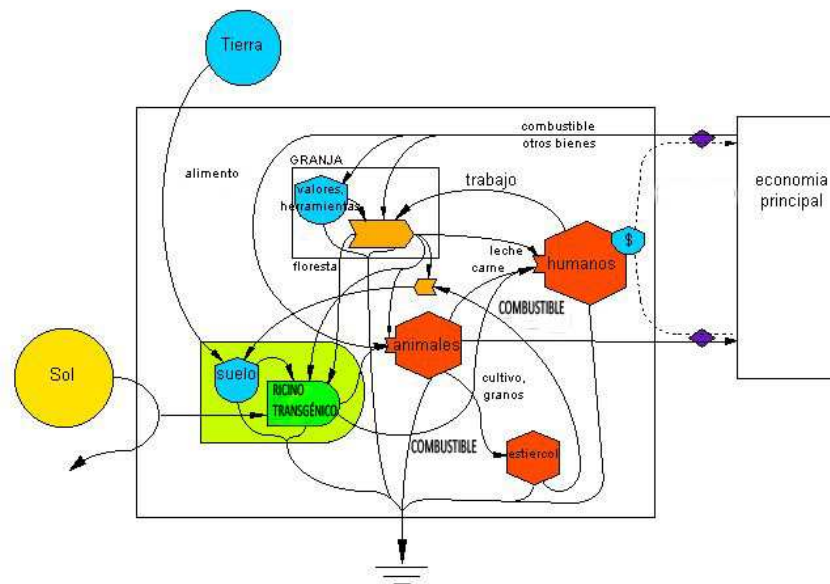


Fig. Diagrama de energía para una granja de ricino.

## 6.- ALTERNATIVA ENERGÉTICA

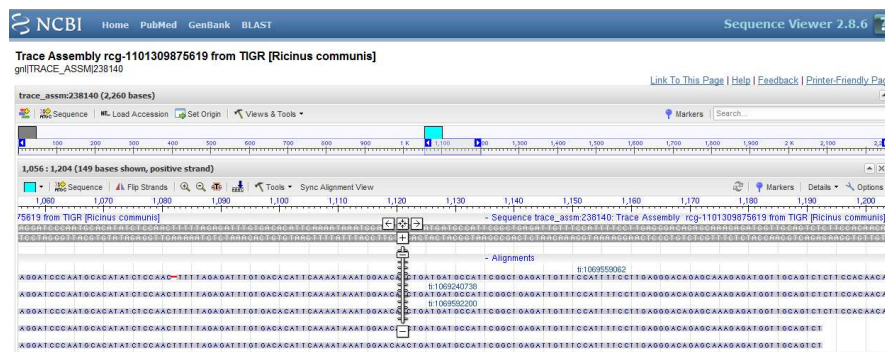
**El aceite de ricino es el mejor para producir biodiesel, por ser el único soluble en alcohol,** y no requerir calor y el consecuente gasto de energía que exigen otros aceites vegetales en su transformación a combustible.

El biodiesel, químicamente denominado éster, resulta de la reacción de cualquier ácido graso con alcohol etílico (etanol) o metílico (metanol). Europa y Estados Unidos ya consumen casi dos mil millones de litros anuales de biodiesel, hecho sobre todo de colza o soja y metanol.

**La planta es de fácil cultivo y resistente a la escasez de agua.** Se pueden alcanzar en algunas zonas hasta 1,5 toneladas de semillas de ricino por hectárea, mientras el promedio mundial es de apenas 750 kilogramos. Investigaciones recientes y mejoras genéticas permitieron elevar de 24 a 48 por ciento el contenido de aceite en la semilla del ricino. La soja sólo contiene 17 por ciento de aceite. Se logró también reducir la altura de la planta, que alcanzaba tres metros, lo que dificultaba la cosecha manual y la mecanización. Ahora hay variedades de 1,7 metros. Las semillas de ricino de América se pueden convertir en un biodiesel menos contaminante que el de origen fósil a fin de ofrecer a las familias rurales un combustible para producir luz y cocinar. Las tortas de semillas obtenidas como producto secundario de este proceso pueden tener valor como fertilizantes y piensos una vez eliminado el agente tóxico. A diferencia de otros cultivos biocombustibles importantes, como el maíz, **el ricino de América no se utiliza como alimento y se puede cultivar en tierras marginales y degradadas, donde no crecen los cultivos alimentarios**

## 7.- LA SECUENCIACIÓN

La secuenciación del genoma de ricino se realizó en el JCVI John Craig Venter Institute. Los resultados de este trabajo muestran que el genoma tiene aproximadamente 31.237 genes. Debido **al uso potencial de ricino como biocombustible y la producción de la toxina ricina**, se concentró el esfuerzo en los genes relacionados con la producción del aceite y la ricina. Se analizaron importantes vías metabólicas y los genes reguladores que participan en la producción y el almacenamiento del aceite en la semilla de ricino. El análisis es importante para los estudios comparativos con otros cultivos de semillas oleaginosas, y también podría permitir la ingeniería genética de la semilla de ricino para producir aceite sin ricina.

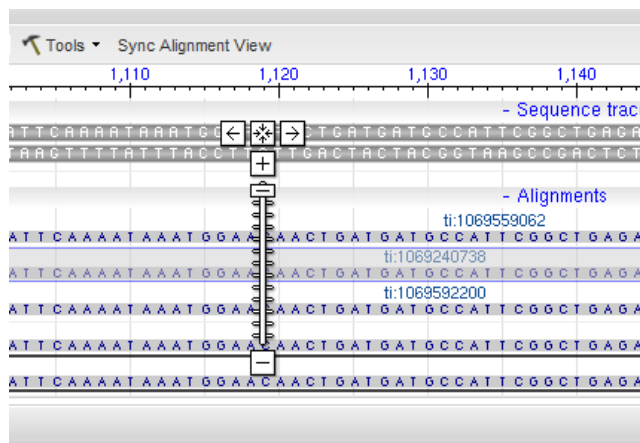


Fuente: *The National Center for Biotechnology Information*

Identificar y entender la familia de genes productores de ricino será importante en la prevención y el tratamiento de posibles ataques de bioterrorismo.

La genómica permite mejorar los métodos de diagnóstico forense para la detección de ricina y la identificación precisa de las cepas y su procedencia geográfica. Se descubrió que la familia de genes de la ricina era más grande que se pensaba, y se revelaron unos 28 genes en la familia de genes productora de ricina.

Los estudios genómicos sugieren nuevos estudios comparativos con la yuca un pariente cercano, un cultivo importante en regiones del mundo en vías desarrollo.



Fuente: *The National Center for Biotechnology Information*



Las semillas de ricino también contienen altas concentraciones de una encima desactivadora de los ribosomas, la ricina. La ricina es uno de los peores venenos que existen en la naturaleza, por tanto, hay también un interés en el ricino desde el punto del desarrollo de sistemas de biodefensa.

En el mundo la producción anual de aceite de ricino en 2004-5 fue de alrededor de 0,5 millones de toneladas pero, debido a la presencia de ricina, el ricino no se cultiva comercialmente en EE.UU. Los EE.UU. es uno de los mayores importadores mundiales de aceite de ricino y sus derivados.

La comprensión de la biología de ricino permitirá mejoras en la producción de este aceite, sin el problema que genera la ricina, y que derivará en la ingeniería genética del ricino y de otras plantas oleaginosas.

Se ha secuenciado y ensamblado el genoma del ricino utilizando la estrategia *shotgun*.

El método *shotgun* o secuenciamiento por escopeta es la división del ADN aleatoriamente en múltiples fragmentos para conseguir pequeñas secuencias que se puedan leer más fácilmente. Este procedimiento se repite sucesivas veces en varias cintas de ADN idénticas a la primera. La lectura de los fragmentos individuales se coteja en ordenador para identificar concomitancias y permitir el ensamblaje continuo.

Para facilitar el descubrimiento de los genes se prepararon 50.000 piezas de ADN de 200 a 500 nucleótidos de diferentes tejidos vegetales. Las comparaciones preliminares entre los genes de ricino y de otras especies disponibles de *Euphorbiaceae*, muestran a la planta de la yuca como la de mayor similitud con la del ricino.

Está en acción el proyecto DOE JGI de secuenciación del genoma de la yuca. El ricino y la yuca constituyen un valioso sistema de genómica comparativa.

## 8.- CONCLUSIONES

- Los biocombustibles **no son una respuesta clara a los combustibles fósiles. Sólo una alternativa más** entre una enorme batería de sustitutos. Sus costes de producción están lejos de competir con el combustible fósil.

Recordar que las emisiones de CO<sub>2</sub> por unidad de energía son muy similares.

- La "Revolución Verde" es en realidad un sistema que sobreexplota artificialmente las tierras de cultivo al suministrándole agentes fertilizantes que tienen su base en el petróleo. Si estos agentes no se introdujesen en el proceso, la superficie de tierras de cultivo disminuiría ostensiblemente.

- La Tasa de Retorno Energético de los biocombustibles está dentro de un margen muy estrecho para hacerlos, no sólo, competitivos, sino efectivos.

- Los transgénicos constituyen un avance pero tienen serias limitaciones que imponen la naturaleza a través de las leyes de la termodinámica.
- La secuenciación es un éxito pero hay que esperar todavía a los análisis de los datos para ver la posibilidad de intervención en el aislamiento de los genes efectivos que ayuden a potenciar el poder productivo de la planta del ricino y evitar los problemas de salud que se producen por su recolección, por los compuestos alergénicos de la superficie de la planta.
- La capacidad de colaboración entre los genes también es un factor determinante que puede imposibilitar eliminar la ricina de la planta.
- La genómica comparativa es uno de los mayores logros de la ciencia biológica y en el curso de los años venideros puede ser una de las respuestas a los retos energéticos a los que se enfrenta la humanidad.

## **BIBLIOGRAFÍA**

Eating Fossil Fuels. *Dale Allen Pfeifer*. Ed. FromTheWilderness  
The Party is Over. *Richard Heinberg*. Ed. Barrabes  
Los biocombustibles. *M Camps*. Ed: MundiPrensa  
Ecosistemas y políticas públicas. Howard T. Odum. Ed: University of Florida  
Los biocarburantes en el transporte. Javier Rico. Ed: IDAE  
Biomasa, cultivos energéticos. Departamento de Energía. Ed: IDEA  
The End of Cheap OIL. Colin Campbell & Jean Laherrere. Ed: Scientific American 1998

## **WEB**

[www.bp.com](http://www.bp.com)  
[www.castoroil.in](http://www.castoroil.in)  
[www.jcvi.org](http://www.jcvi.org)