

Etanol (combustible)

El **etanol** es un compuesto químico obtenido a partir de la fermentación de los azúcares que puede utilizarse como combustible, solo, o bien mezclado en cantidades variadas con gasolina, y su uso se ha extendido principalmente para reemplazar el consumo de derivados del petróleo.

El combustible resultante de la mezcla de etanol y gasolina se conoce como *gasohol* oalconafta. Dos mezclas comunes son **E10** y **E85**, con contenidos de etanol del 10% y 85%, respectivamente.

El etanol también se utiliza cada vez más como añadido para oxigenar la gasolina estándar, reemplazando al éter metil tert-butílico (MTBE). Este último es responsable de una considerable contaminación del suelo y del agua subterránea. También puede utilizarse como combustible en las celdas de combustible.

Para la producción de etanol en el mundo se utiliza mayormente como fuente biomasa. Este etanol es denominado, por su origen, bioetanol.

Fuentes y proceso de fabricación

El etanol (Alcohol Eílico) puede producirse de dos formas. La mayor parte de la producción mundial se obtiene del procesamiento de materia de origen renovable (caña de azúcar y /o derivados como melaza; sorgo dulce; sorgo rojo; remolacha; etc); en particular, ciertas plantas con azúcares. El etanol así producido se conoce como **bio-etanol**. Por otra parte, también puede obtenerse etanol mediante la modificación química del etileno, por hidratación.

Bioetanol

El etanol es un combustible que puede producirse a partir de un gran número de plantas, con una variación, según el producto agrícola, del rendimiento entre el combustible consumido y el generado en dicho proceso. Este etanol, conocido como bioetanol, está sujeto a una fuerte polémica: para unos se perfila como un recurso energético potencialmente sostenible que puede ofrecer ventajas medioambientales y económicas a largo plazo en contraposición a los combustibles fósiles, mientras que para otros es el responsable de grandes deforestaciones y del aumento del precio de los alimentos, al suplantar selvas y terrenos agrícolas para su producción,^[1] dudando además de su rentabilidad energética.

El bioetanol tiene las mismas características y composición química que el etanol ya que se trata del mismo compuesto. La diferencia radica en su proceso de producción. El bioetanol ha de ser obtenido desde biomasa, no pudiendo obtenerse del petróleo.

Todos los licores alcohólicos que proceden de la fermentación del azúcar de alguna planta se pueden denominar como bioetanol.

Debido al aumento de las medidas tomadas para controlar las emisiones totales de gases con efecto invernadero, la utilización de este alcohol como combustible para el transporte por carretera está creciendo muy rápido. Un análisis del ciclo de vida completo de este producto como combustible muestra como las emisiones generadas en el proceso de producción del combustible y las de operación son compensadas por las fijadas en el cultivo durante su crecimiento.

Aún están pendientes estudios claros acerca de las emisiones de este combustible en la operación. Es posible que contaminantes orgánicos como el benceno o algunos aldehidos aumenten, por lo que es necesario estudiar su impacto en la salud humana.

El etanol se obtiene fácilmente del azúcar o del almidón en cosechas de maíz y caña de azúcar, entre otros. Sin embargo, los actuales métodos de producción de bio-etanol utilizan una cantidad significativa de energía en comparación con la energía obtenida del combustible producido. Por esta razón, no es posible sustituir enteramente el consumo actual de combustibles fósiles por bio-etanol.

Fermentación

Desde la antigüedad se obtiene el etanol por fermentación anaeróbica de azúcares con levadura en solución acuosa y posterior destilación. La aplicación principal tradicional ha sido la producción de bebidas alcohólicas.

Hoy en día se utilizan varios tipos de materias primas para la producción a gran escala de etanol de origen biológico (*bioetanol*):

- Sustancias con alto contenido de sacarosa
 - Dulces
 - Caña de azúcar
 - Remolacha
 - Melazas
 - Sorgo dulce
- Sustancias con alto contenido de almidón
 - Maíz
 - Patata
 - Yuca
- Sustancias con alto contenido de celulosa
 - Madera
 - Residuos agrícolas (incluyendo los residuos de los cítricos^{[2][3]}).

El proceso a partir de almidón es más complejo que a partir de sacarosa, pues el almidón debe ser hidrolizado previamente para convertirlo en azúcares. Para ello se mezcla el vegetal triturado con agua y con una enzima (o en su lugar con ácido), y se calienta la papilla obtenida a 120 - 150 °C. Posteriormente se cuele la masa, en un proceso llamado escarificación, y se envía a los reactores de fermentación.

A partir de celulosa es aún más complejo, ya que primero hay que pre-tratar la materia vegetal para que la celulosa pueda ser luego atacada por las enzimas hidrolizantes. El pre-tratamiento puede consistir en una combinación de trituración, pirólisis y ataque con ácidos y otras sustancias. Esto es uno de los factores que explican por qué los rendimientos en etanol son altos para la caña de azúcar, mediocres para el maíz y bajos para la madera.

La fermentación de los azúcares es llevada a cabo por microorganismos (levaduras o bacterias) y produce etanol, así como grandes cantidades de CO₂. Además produce otros compuestos oxigenados indeseables como el metanol, alcoholes superiores, ácidos y aldehídos. Típicamente la fermentación requiere unas 48 horas.



Información en un surtidor de California.



Campo de maíz en Sudáfrica

En la actualidad tres países han desarrollado programas significativos para la fabricación de bioetanol como combustible: Estados Unidos (a partir de maíz), Brasil y Colombia (ambos a partir de caña de azúcar). El etanol se puede producir a partir de otros tipos de cultivos, como remolachas, zahína, mijo perenne, cebada, cáñamo, kenaf, patatas, mandioca y girasol. También puede extraerse de múltiples tipos de celulosa "no útil". Esta producción a gran escala de alcohol agrícola para utilizarlo como combustible requiere importantes cantidades de tierra cultivable con agua y suelos fértiles.

Se pueden obtener cantidades más reducidas de alcohol combustible de los tallos, de elementos reciclados, de la paja, de las mazorcas de maíz, y de productos sobrantes de las granjas que ahora se utilizan para hacer piensos, fertilizantes, o que se utilizan como combustibles de plantas de energía eléctrica. De hecho, EEUU podría conseguir todo el etanol que necesita usando una mezcla de, por ejemplo, los tallos (parte no aprovechada) del maíz y de la planta de maíz, sin roturar más tierras de labrantío^[cita requerida] (sin embargo, habría que cultivar más tierra para substituir ese material, usado por muchos granjeros como fuente barata, confiable y limpia de piensos o fertilizantes).



Cosecha de caña de azúcar. Gracias en parte al uso de etanol, Brasil ha reducido su dependencia de petróleo extranjero.

Purificación

El método más antiguo para separar el etanol del agua es la destilación simple, pero la pureza está limitada a un 95-96% debido a la formación de un azeótropo de agua-etanol de bajo punto de ebullición. En el transcurso de la destilación hay que desechar la primera fracción que contiene principalmente metanol, formado en reacciones secundarias, éste es el único método admitido para obtener etanol para el consumo humano.

Para poder utilizar el etanol como combustible mezclándolo con gasolina, hay que eliminar el agua hasta alcanzar una pureza del 99,5 al 99,9%.^[cita requerida] El valor exacto depende de la temperatura, que determina cuándo ocurre la separación entre las fases agua e hidrocarburos.

Para obtener etanol libre de agua se aplica la destilación azeotrópica en una mezcla con benceno o ciclohexano. De estas mezclas se destila a temperaturas más bajas el azeótropo, formado por el disolvente auxiliar con el agua, mientras que el etanol se queda retenido. Otro método de purificación muy utilizado actualmente es la adsorción física mediante tamices moleculares.

A escala de laboratorio, también se pueden utilizar desecantes como el magnesio, que reacciona con el agua formando hidrógeno y óxido de magnesio.

Síntesis química

El etanol para uso industrial se suele sintetizar mediante hidratación catalítica del etileno con ácido sulfúrico como catalizador. El etileno suele provenir del etano (un componente del gas natural) o de nafta (un derivado del petróleo). Tras la síntesis se obtiene una mezcla de etanol y agua que posteriormente hay que purificar mediante alguno de los procesos descritos más arriba.

Según algunas fuentes, este proceso es más barato que la fermentación tradicional, pero en la actualidad representa sólo un 5% de la capacidad mundial de producción de etanol.

Mezclas combustibles con etanol

Generalmente, cuanto mayor es el contenido de etanol en una mezcla de gasohol, más baja es su conveniencia para los motores corrientes de automóvil. El etanol puro reacciona o se disuelve con ciertos materiales de goma y plásticos y no debe utilizarse en motores sin modificar. Además, el etanol puro tiene un octanaje mucho más alto (116 AKI, 129 RON) que la gasolina común (86/87 AKI, 91/92 RON), requiriendo por tanto cambiar el cociente de compresión o la sincronización de la chispa para obtener el rendimiento máximo. Cambiar un coche que utilice gasolina pura como combustible a un coche que utilice etanol puro como combustible, necesita carburadores y caudales más grandes (un aumento de área de cerca del 30-40%). El metanol requiere un aumento uniforme más grande de área, aproximadamente 50% más grande.

Los motores de etanol también necesitan un sistema de arranque en frío para asegurar la suficiente vaporización con temperaturas por debajo de 15 °C a 11 °C para maximizar la combustión, evitar problemas de arranque con el motor frío y para reducir al mínimo la no combustión de etanol no vaporizado. Sin embargo, una mezcla de gasolinas con un 10 a un 30% de etanol, no necesita en general ninguna modificación del motor.^[cita requerida] La mayoría de coches modernos pueden funcionar con estas mezclas sin ningún problema.

El gasohol E10, la variante más común, se ha introducido por toda Dinamarca. En 1989, Brasil produjo 12 mil millones litros de etanol para combustible a partir de la caña de azúcar, que fue utilizado para mover 9.2 millones de coches. También suele estar disponible en el medio-Oeste de Estados Unidos, y es el único tipo de gasolina que puede ser vendida en el estado de Minnesota. Las mezclas similares incluyen el E5 y el E7. Estas concentraciones son generalmente seguras para los últimos motores de automóvil, sin modificar, por lo que algunas regiones y municipios asignan por mandato los límites en la cantidad de etanol en los combustibles vendidos. Una unidad para medir la cantidad de combustibles alternativos en EE.UU. es el "galón equivalente de gasolina" (GEG). En España se suelen utilizar las toneladas equivalentes de petróleo (Tep). En 2002, EE.UU. utilizó como combustible una cantidad de etanol igual a 137 petajulios (PJ); la energía de 1130 millones de galones de EE.UU. o el equivalente a 4.280.000 m³ de gasolina, lo que representa menos del 1% del total de combustible usado ese año.



Motor típico de un vehículo de combustible flexible brasileño con el pequeño tanque de reserva de gasolina utilizado para el arranque en frío cuando la temperatura es inferior a 15° C.



Autobús E96 en Suecia, desarrollado para funcionar en un motor diésel.^[4]



El término E85 se utiliza para la mezcla de un 15% de gasolina (por volumen) y de un 85% de etanol. Esta mezcla tiene un octanaje de cerca del 105. Lo cual es sensiblemente más bajo que el etanol puro, pero mucho mayor que el de la gasolina normal. La adición de una pequeña cantidad de gasolina ayuda a un motor convencional a arrancar al estar el motor (y el combustible) frío. El E85 no contiene siempre exactamente un 85% de etanol. En invierno, especialmente en climas más fríos, donde las temperaturas llegan a bajar de 11°C, se agrega una mayor proporción de gasolina con el fin de facilitar el arranque en frío,^[5] siendo sustituido el E85 por E70 en Estados Unidos^[11] y E75 en Suecia.^[11] Normalmente el E85 ha tenido un costo similar a la gasolina, pero con las grandes subidas del precio del petróleo de 2005 ha llegado a ser común ver E85 vendido hasta por 0.18USD menos por litro que la gasolina, haciéndolo altamente atractivo al pequeño pero creciente número de usuarios con coches capaces de quemarlo.

Desde que apareció el modelo de 1999, va en aumento el número de vehículos en el mundo que se fabrican con motores capaces de funcionar con cualquier gasolina a partir del etanol: desde cero hasta 85% de etanol sin modificación. Muchos coches comerciales ligeros (una clase que contiene monovolúmenes, todoterrenos y furgonetas) se diseñan como vehículos flexibles para utilizar varias combinaciones de combustible, pues pueden detectar automáticamente el tipo de combustible y cambiar el comportamiento del motor, principalmente la sincronización de la ignición y la relación de compresión para compensar los diversos octanajes del combustible en los cilindros del motor.

Producción y uso

En 2006 la producción mundial total de etanol en todos sus grados fue de 51,06 mil millones de litros (13,49 mil millones de galones internacionales). Los dos principales productores mundiales son Estados Unidos y Brasil, que juntos producen el 70% del total de etanol, seguidos por China, India y Francia.^[1] Incentivos del mercado han provocado el desarrollo de crecientes industrias en países como Tailandia, Filipinas, Guatemala, Colombia y República Dominicana.^[6] En Europa, tanto Alemania como España han incrementado considerablemente su producción de etanol. El siguiente cuadro muestra la producción de etanol entre 2004 y 2006 para los quince mayores productores mundiales.

Producción anual de etanol por país (2004-2006) ^[1]				
Quince mayores países productores (millones de galones internacionales, todos los grados de etanol)				
Clasificación mundial	País	2006	2005	2004
1	 Estados Unidos	4.855	4.264	3.535
2	 Brasil	4.491	4.227	3.989
3	 China	1.017	1.004	964
4	 India	502	449	462
5	 Francia	251	240	219
6	 Alemania	202	114	71
7	 Rusia	171	198	198
8	 Canadá	153	61	61
9	 España	122	93	79
10	 Sudáfrica	102	103	110
11	 Tailandia	93	79	74
12	 Reino Unido	74	92	106
13	 Ucrania	71	65	66

14	 Polonia	66	58	53
15	 Arabia Saudita	52	32	79
	Producción mundial total	13.489	12.150	10.770

Etanol como combustible por país o región

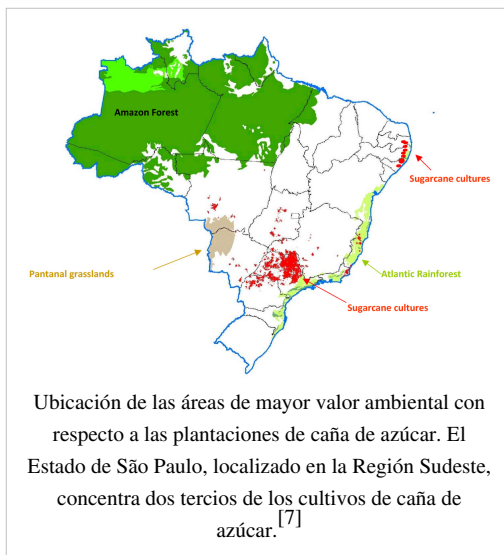
Brasil

En 2007, Brasil es el segundo mayor productor de etanol como combustible del mundo. Desde hace más de treinta años Brasil ha desarrollado una extensa industria doméstica del etanol como combustible a partir de la producción y la refinación de la caña de azúcar. Brasil produce aproximadamente 15 millones de m³ de etanol por año. Las fábricas del etanol en el Brasil mantienen un balance energético positivo (entre 8,3 a 10,2 veces)^[cita requerida], al quemar la parte que no produce azúcar de la caña.

Desde 2003, la mayoría de los automóviles nuevos traen incorporada la tecnología de motor bivalente, popularmente denominados "*flex*" en Brasil, la cual permite a los usuarios mezclar cualquier proporción de etanol y gasolina en el tanque, decisión que depende de los precios de mercado de cada combustible. Para agosto de 2008, la flota de vehículo de combustible flexible alcanzó 6 millones de vehículos, incluyendo automóviles y vehículos comerciales ligeros, representando un 23% de la flota de vehículos ligeros de Brasil.^[1]



Brasil tiene etanol como combustible disponible en todo el país. Mostrada aquí una típica estación de abastecimiento de Petrobras en São Paulo con los dos combustibles disponibles, alcohol (etanol) marcado con A y gasolina con la letra G.



El éxito de los vehículos "flex", en conjunto con el uso obligatorio a nivel nacional de 25% de alcohol mezclado con gasolina convencional (gasohol E25) para los vehículos de motor a gasolina,^[1] permitieron que el consumo de etanol superase el consumo de gasolina a partir de febrero de 2008.^{[1][2]} Este nivel de consumo de etanol como combustible no había sido alcanzado desde el final de la década de los ochenta, cuando el Programa *Pró-Álcool* estaba en su mayor auge.^{[1][2]} Al considerar el consumo total de combustible de toda la flota (incluyendo los vehículos con motor diesel), el consumo de etanol destilado de la caña de azúcar en 2006 fue del 18% del consumo total de combustible del sector vial.^{[8][1]}

Para algunos, Brasil es considerado como la primera economía que logró un uso sostenible del etanol, y el modelo a seguir por otros

países.^[1] Comparado con el etanol producido en Estados Unidos con base en el maíz, la productividad del insumo energético en Brasil es ocho veces mayor que la estadounidense, y la productividad por hectárea es casi el doble: mientras en Estados Unidos se producen entre 3.800 a 4.000 litros de etanol por hectárea plantada de maíz, en Brasil se producen entre 6.800 y 8.000 litros por hectárea plantada de caña de azúcar.^{[1][9]} En 2006 Brasil destinó solo 1% de

su área cultivable para producir el etanol, mientras que Estados Unidos destinó un 3,7% del total de tierras cultivables. Las áreas donde se cultiva la caña de azúcar se concentran en el estado de São Paulo, a poco más de 2.500 km de la selva amazónica.^[1]

Colombia

El programa para etanol como combustible de Colombia comenzó en 2002, año en que el gobierno aprobó una ley que obligaba al enriquecimiento en oxígeno de la gasolina. Esto se hizo inicialmente para reducir las emisiones de monóxido de carbono de los coches. Regulaciones más recientes eximieron al etanol elaborado a partir de biomasa de algunos impuestos que gravan la gasolina, haciendo así más barato el etanol que la gasolina. Esta tendencia se vio reforzada cuando los precios del petróleo subieron a principios de 2004, y con él el interés en combustibles renovables (al menos para los coches). En Colombia el precio de la gasolina y del etanol es controlado por el gobierno. Complementariamente a este programa para el etanol, existe un programa para el biodiesel, para oxigenar combustible diésel, y para producir un combustible renovable a partir del aceite vegetal.






Al principio todo el interés en la producción del etanol vino de la industria de azúcar existente, ya que es relativamente fácil añadir un módulo para desarrollar etanol al final de una fábrica de azúcar, y las necesidades energéticas son similares a las que se necesitarían para producir el azúcar. El gobierno alienta a convertir gradualmente las fuentes de combustible de los coches a una mezcla del 10 por ciento de etanol y de 90 por ciento de gasolina. Las plantas del etanol están siendo incentivadas por tratos fiscales. Ha habido interés en plantas de etanol de yuca (mandioca) y de nuevas plantaciones de la caña de azúcar, pero aún no se ha conseguido producir carbohidratos a bajo precio.

La primera planta de etanol para uso como combustible en Colombia comenzó a producir en octubre de 2005, con la salida de 300.000 litros al día en Cauca. Hasta marzo de 2006 cinco plantas, todas en el valle del Río Cauca (departamentos de Valle, Cauca y Risaralda), están operativas, con una capacidad combinada de 1.050.000 litros por día, o de 357 millones de litros por año. En el Valle del Cauca el azúcar se cosecha durante todo el año, y las destilerías nuevas tienen una disponibilidad muy alta. La inversión total en estas plantas es de 100 millones de USD. Eventualmente, Colombia espera tener una capacidad de 2.500.000 litros por el día, que es la cantidad necesaria para agregar el 10% de etanol a la gasolina. El etanol producido se utiliza actualmente en las principales ciudades cerca del Valle del Cauca, tales como Cali y Pereira, como también en la capital, Bogotá. No hay suficiente producción para el resto del país.

El 31 de marzo de 2009 el gobierno colombiano decretó la introducción paulatina de vehículos de combustible flexible E85. La regulación aplica a todos los vehículos con motor a gasolina con cilindrada inferior a 2 litros que se fabriquen, ensamblen, importen, distribuyan y comercialicen en el país a partir del 1 de enero de 2012. El decreto ejecutivo establece que el 60% de tales vehículos deberán tener motores "flex-fuel" capaces de operar con gasolina o E85, o cualquier mezcla de ambos. En 2014 la provisión anual sube para 80% y alcanza el 100% en 2016. Todos los vehículos con cilindrada superior a 2 litros deberán soportar E85 a partir de 2013. El decreto también ordena que en 2011 la infraestructura de la cadena de distribución y venta al consumidor de gasolina deberá adaptarse para garantizar la venta de E85 en todo el país.^[10] La introducción obligatoria de los vehículos flex-fuel E85 causó controversia entre los fabricantes y vendedores de autos, así como de algunos productores que reclamaron que la industria no está en capacidad de suplir suficiente etanol para la nueva flota E85. En decreto anterior de 2007 lo que estaba previsto para 2012 era la introducción de gasohol E20.^{[11][12]}

Estados Unidos

Estados Unidos es el mayor productor mundial de etanol, con 4,86 mil millones de galones líquidos producidos en 2006, seguido por Brasil con una producción de 4,49 mil millones de galones.^[1] EE.UU. junto con Brasil destilalan 70% de la producción mundial de etanol, y en 2007 produjeron el 88% del etanol utilizado como combustible en el mundo.^[1] Casi la totalidad del etanol estadounidense es producido a partir de maíz, que es menos eficiente que el etanol producido a partir de caña de azúcar. Además, en 2007 un 25% de la producción nacional de maíz fue desviada para producir etanol como combustible, lo que ha sido criticado y considerado como uno de los factores que influyeron en la crisis alimentaria mundial de 2007 a 2008, cambiando alimentos por combustibles.

Importaciones de etanol combustible a EE.UU. por país de origen (2002-2007) ^[1] (Millones de galones líquidos)					
País	2007*	2006	2005	2004	2003
 Brasil	188.8	433.7	31.2	90.3	0
 Jamaica	75.2	66.8	36.3	36.6	39.3
 El Salvador	73.3	38.5	23.7	5.7	6.9
 Trinidad y Tobago	42.7	24.8	10.0	0	0
 Costa Rica	39.3	35.9	33.4	25.4	14.7

*Nota: Los datos de 2007 corresponden al acumulado hasta noviembre.

Otra crítica del uso del etanol en los Estados Unidos es su disponibilidad. Apenas 600 gasolineras, de un total de 200.000, tienen surtidores E85. Para solucionar esta deficiencia habría que seguir una estrategia amplia para la adopción de surtidores para que la disponibilidad fuese satisfactoria. Otro aspecto de su disponibilidad es que actualmente sólo está disponible en el medio oeste (relativamente poco poblado), donde se refina el etanol. A 27 de abril de 2006, en EE.UU. hay una capacidad productiva de 4.485,9 millones de galones (unos 17 millones de m³) al año, y se construye para aumentarla en 2.229,5 millones de galones por año más (unos 8,4 millones de m³). Estados Unidos importa etanol producido a partir de caña de azúcar de Brasil y de cuatro países de la Cuenca del Caribe: Jamaica, El Salvador, Trinidad y Tobago y Costa Rica.

En los Estados Unidos la caña de azúcar es cultivada en los estados de Florida, Luisiana, Hawái, y Texas, que cuentan con el clima tropical adecuado para dicho cultivo. Las primeras tres plantas destiladoras de etanol producido a partir de caña de azúcar en los Estados Unidos entrarán en funcionamiento en Louisiana a mediados de 2009. Plantas productoras de azúcar en Lacassine, St. James y Bunkie fueron convertidas usando tecnología e inversión colombiana para destilar etanol a partir de caña de azúcar. Se espera que estas tres plantas produzcan en forma rentable 378 millones de litros (100 millones de galones) de etanol en un plazo de cinco años.^[13]

Europa

El continente europeo ha sido tradicionalmente más proclive a los coches pequeños y eficientes, al contrario que en los EE.UU. donde los coches son de mayor cilindrada y el consumo de petróleo ha sido un tema secundario hasta hace bien poco. Esta tendencia de los europeos no se ha visto reflejada sin embargo a la hora del desarrollo de nuevos combustibles como el etanol, interesante en una región como Europa, con mucha superficie agrícola (y por lo tanto desechos aprovechables) y una escasa disponibilidad de petróleo. Esto está cambiando en los últimos años, ya que las empresas de automóviles europeas comienzan a desarrollar nuevos modelos optimizados para el mejor aprovechamiento del combustible vegetal en cuestión. Un ejemplo es el motor BioPower, desarrollado por la empresa sueca de automóviles Saab.

En Europa, en 2006, Francia ocupó el primer lugar en producción de etanol, seguida de Alemania y España.

Venezuela

Solo como aditivo para la gasolina sin plomo (aquella preparada sin la adición de Tetraetilo de Plomo) llamada comúnmente gasolina verde, actualmente Venezuela importa el Etanol de Brasil, sin embargo se están construyendo plantas de obtención de Etanol a partir de la caña de azúcar, y el maíz; para no depender de las importaciones, desde Brasil, apoyando el Desarrollo sustentable.

México

Desde que Brasil ha sacado al mercado los automóviles de combustible flexible, algunos inversores privados han planteado la posibilidad de fabricar etanol a partir de la caña de azúcar como se hace en dicho país, esto abriendo la posibilidad de suministrar a Pemex, que se encargaría de distribuir el combustible en formatos E10, E20 o E85 para así comenzar a disminuir la dependencia del petróleo extranjero y la incapacidad de procesar el petróleo extraído.

La idea de introducir biocombustibles al país a base de etanol ha tenido una historia muy controvertida, por un lado encontramos quienes apoyan la medida, pues con esto se reducirían las emisiones contaminantes en zonas donde es alta la concentración de automóviles (principalmente las 3 áreas metropolitanas más importantes del país) así como detractores quienes mencionan que la producción es inviable y que para tener ventaja en esto se deberían construir plantas que procesen los productos en múltiples alternativas para no sacrificar la producción alimenticia.^[14]

Se han planteado más modos de producir etanol aparte de la caña de azúcar, otro de ellos implica producirlo a partir de algas, o agave tequilero para poder comenzar a usar los vehículos de combustible flexible ya sean de estándar brasileño o estándar estadounidense (E85).

En el año 2006 se inició la construcción de 3 plantas de etanol en el estado de Sinaloa, éstas producirán este mismo como un biocombustible.^[15]

En el año 2008 se publicó la Ley de Promoción y Desarrollo de los Bioenergéticos, en la cual restringe el uso del maíz como insumo para la producción de etanol anhidro; posteriormente se publicó su Reglamento y los Lineamientos para el Otorgamiento de Permisos para la Producción, el Almacenamiento, el Transporte y la Comercialización de Bioenergéticos del tipo Etanol Anhidro y Biodiesel.

Las autoridades competentes para regular en materia de Bioenergéticos es la Secretaría de Energía, la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación, y la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

En 2009 se comenzó a usar una mezcla de gasohol (E5 a E10 aproximadamente) en las gasolinas suministradas en las 3 áreas metropolitanas más importantes del país, esto como prueba piloto para verificar la viabilidad a mediano y largo plazo y su puesta en marcha en todo el país en el menor tiempo posible.

En 2010 Brasil eliminó los aranceles de importación que tenía el etanol, para poder cooperar tecnológicamente con México y ayudarlo a producir etanol para su mercado interno y ambos poder exportar el combustible a los Estados Unidos, así como introducir al país los vehículos de combustible flexible e incentivar su producción en los modelos que se fabriquen en el mismo.^[16]

Las principales ventajas de esto es la reactivación del campo mexicano, así como la ayuda necesaria para disminuir la contaminación en el país, a pesar de los múltiples tropiezos para ayudar a Pemex a producir el biocombustible, ya hay plantas de etanol en construcción y en funcionamiento.



Actualmente una empresa importadora vende oficialmente los kits de conversión a etanol para su venta en el país, en teoría puede decirse que casi cualquier vehículo se le puede instalar para convertirlo en un vehículo flex para usar cualquier proporción gasolina/etanol o etanol anhidro con un mínimo de porcentaje de humedad. La empresa también oferta un destilador de etanol casero con un precio cercano a los 20.000 dólares, demostrando que aun con el atraso de las leyes se está dando un verdadero impulso al etanol como combustible en el país.^[17]

En Veracruz en agosto de 2011 se firmó un convenio con la compañía brasileña Corporativo Odrebecht se anunció la construcción de una planta para fabricar Etanol, así mismo la implementación de transporte público propulsado con

biocombustibles.

Comparación entre Brasil y Estados Unidos

La industria de etanol destilado a partir de caña de azúcar desarrollada en Brasil es mucho más eficiente que la industria estadounidense basada en insumos de maíz. En 2007, las plantas destiladoras brasileñas producían etanol a 0,22 USD por litro, en comparación con los 0,30 USD por litro del etanol obtenido con maíz.^[18] La importación del etanol brasileño hacia Estados Unidos es gravado con un arancel de 0,54 USD por cada galón importado. Los países de la Cuenca del Caribe están exentos del arancel gracias a los tratados de libre comercio vigentes. Este impuesto de importación, que fue implantado en 1980, se ha mantenido para compensar la deducción del impuesto sobre la renta de 0,51USD por galón de etanol mezclado en el país que fue otorgado por el Gobierno Federal hasta 2008, y que fue reducido a 0,45 a partir de 2009. Esta deducción se aplica independientemente del origen del etanol.^[19] Otras variables importantes que diferencian la producción en los dos mayores productores de etanol del mundo se presentan en el siguiente cuadro comparativo:

Comparación de las principales características de la industria de etanol en los Estados Unidos y Brasil			
Característica	 Brasil	 Estados Unidos	Unidades/comentario
Principal materia prima (insumo agrícola)	Caña de azúcar	Maíz	
Producción total de etanol en 2008 ^[1]	6.472	9.000	Millones de galones líquidos EUA
Total de tierras cultivables ^[1]	355	270 ⁽¹⁾	Millones hectáreas.
Área total plantada del cultivo para producir etanol ^{[1][2]}	3,6 (1%)	10 (3,7%)	Millones hectáreas (% total arable) en el año 2006.
Productividad por hectárea plantada ^{[1][2][9]}	6,800-8,000	3,800-4,000	Litros de etanol por hectárea producidos.
Balance energético (producto/insumos) ^{[1][2]}	8,3 a 10,2 veces	1,3-1,6 veces	Relación de la energía obtenida del etanol/energía gastada en su producción.
Reducción emisiones gases de efecto invernadero ^{[1][20]}	86-90% ⁽²⁾	10-30% ⁽²⁾	% de emisiones evitadas al sustituir gasolina, sin cambios en uso del suelo
Intensidad de carbono (ciclo de vida completo) ^{[1][2]}	73,40	105,10 ⁽³⁾	Gramos of CO ₂ equivalente liberado por megajulio de energía producida, incluyendo cambios en el uso de la tierra. ^[20]
Tiempo de restitución del carbono por uso de tierras nuevas ^[21]	17 años ⁽⁴⁾	93 años ⁽⁴⁾	Suponiendo escenarios (Fargione et al. ^[22]) con cambios en el uso del suelo
Flota de vehículos flexibles (autos y veh. carga liviana) ^{[23][1][2]}	7,5 millones	8 millones	Brasil hasta abril de 2009 (flota usa E25 a E100). EEUU hasta inicios 2009 (solo usa E85).
Gasolineras con etanol disponible en el país	35.000 (100%)	1.963 (1%)	% del total de gasolineras en cada país. Brasil hasta octubre 2008 ^[1] y EEUU hasta marzo 2009 ^[1]
Participación de mercado del consumo de etanol ^{[1][2][3]}	50% ⁽⁵⁾	4%	% del consumo total en base volumétrica. Brasil hasta abril de 2008 y EEUU hasta diciembre de 2006

Costo de producción (USD/galón) ^[1]	0,83	1,14	2006/2007 para o Brasil (22¢/litro), 2004 para EEU (35¢/litro)
Subsidio gubernamental (en USD) ^{[1][2]}	0	0,45/galón	EEUU a partir de enero 2009. En Brasil la producción de etanol ya no es subsidiada. ⁽⁶⁾
Aranceles de importación (en USD) ^{[1][19]}	0	0,54/galón	Brasil no importa etanol, y la mayoría de las importaciones de etanol en EEUU provienen de Brasil

Notas: (1) Solamente EUA contiguo, excluyendo Alaska. (2) Supone que no hay cambios en el uso del suelo.^[20] (3) Según el Estándar de Combustibles Bajos en Carbono de California estimado para el etanol de maíz producido en el Medio Oeste estadounidense. La intensidad de carbono de la gasolina E10 de California es de 95,86.^[11] (4) Supone cambios en los usos del suelo con el cultivo caña de azúcar en el cerrado brasileño y del maíz en la pradera central estadounidense.^[22] (5) Al considerar los vehículos de motor diesel, el uso de etanol en el sector vial fue cercano al 16,9% en 2007.^[24] (6) Aunque el etanol brasileño ya no es subsidiado, el precio de la gasolina tiene altos impuestos para favorecer el consumo de etanol combustible (alrededor de 54%). Desde finales de julio de 2008, el precio promedio al consumidor de la gasolina era de USD 6.00 por galón, mientras que el precio medio en EEU era de USD 3.98 por galón.^[25] En Brasil el último ajuste en el precio al consumidor de la gasolina ocurrió a finales de 2005, cuando el precio del petróleo estaba en el orden de USD 60 por barril.^[26]

Etanol e hidrógeno

El hidrógeno se está analizando como combustible alternativo, creando la economía del hidrógeno. Dado que el hidrógeno en su estado gaseoso ocupa un volumen muy grande comparado a otros combustibles, la logística se convierte en un difícil problema. Una posible solución es utilizar el etanol para transportar el hidrógeno (en la molécula de etanol), para después liberar el hidrógeno del carbono asociado en un reformador de hidrógeno y así alimentar una celda de combustible con el hidrógeno liberado. Alternativamente, algunas celdas de combustible (Direct Ethanol Fuel Cell DEFC) se pueden alimentar directamente con etanol o metanol. A fecha de 2005, las células de combustible pueden procesar el metanol más eficientemente que el etanol.

A principios de 2004, los investigadores de la universidad de Minnesota anunciaron la invención de un reactor simple de etanol (combustible con el que se alimentaría), que a través de un apilado de catalizadores, emitiría hidrógeno que a su vez podría ser utilizado en la pila de combustible. El dispositivo utiliza un catalizador del rodio-cerio para la reacción inicial, que ocurre a una temperatura de cerca de 700 °C. Esta reacción inicial mezcla el etanol, el vapor de agua y el oxígeno, y produce considerables cantidades de hidrógeno. Desafortunadamente, también da lugar a la formación de monóxido de carbono, una sustancia que obstruye la mayoría de las células de combustible, y se debe pasar a través de otro catalizador en el que se convertirá en dióxido de carbono. Por otra parte, el monóxido de carbono (inodoro, incoloro, e insípido), también representa un peligro tóxico significativo si se escapa a través de la celda de combustible o en los conductos entre las secciones catalíticas. Los productos resultantes del dispositivo son gas de hidrógeno (casi un 50%), nitrógeno (30%), y un 20% restante constituido fundamentalmente por dióxido de carbono. El nitrógeno y el dióxido de carbono son bastante inertes cuando la mezcla se bombea en una célula de combustible apropiada. El dióxido de carbono se libera nuevamente a la atmósfera, donde puede ser reabsorbido por la planta de la que se extrae el etanol, cerrando así el ciclo. El ciclo en teoría no presenta un aumento neto de dióxido de carbono, aunque se podría discutir que mientras está en la atmósfera, actúa como gas invernadero.

Balance de energía

Para que el etanol contribuya perceptiblemente a las necesidades de combustible para el transporte, necesitaría tener un balance energético neto o *Tasa de retorno energético* positivo. Para evaluar la energía neta del etanol hay que considerar la cantidad de energía contenida en el producto final (etanol), frente a la cantidad de energía consumida para hacer el etanol (como por ejemplo el diésel usado en tractores). También hay que comparar la calidad del etanol frente a la gasolina refinada, así como la energía consumida indirectamente (por ejemplo, para hacer la planta de proceso de etanol). Aunque es un asunto que crea discusión, algunas investigaciones sugieren que el proceso para crear una unidad de energía mediante etanol toma igual o mayor cantidad de energía proveniente combustibles fósiles (diésel, gas natural y carbón). Es decir: la energía necesaria para mover los tractores, para producir el fertilizante, para procesar el etanol, y la energía asociada al desgaste en todo el equipo usado en el proceso (conocido en economía como amortización del activo) puede ser mayor que la energía derivada del etanol al quemarse. Se suelen citar dos defectos de esta argumentación como respuesta:

(1) no se hace caso la calidad de la energía, cuyos efectos económicos son importantes. Los efectos económicos principales de la comparación son los costes de la limpieza de contaminación del suelo, que provienen derrames de gasolina al ambiente, y costes médicos de la contaminación atmosférica, resultado del refinado y de la gasolina quemada.

(2) la inclusión del coste de desarrollo de los complejos manufactureros de etanol inculca un prejuicio contra ese producto, basado en la preexistencia de las plantas de refinado de la gasolina.

La decisión última se debería fundar sobre razonamientos económicos y sociales a largo plazo. El primer argumento, sin embargo, sigue debatiéndose. No tiene sentido obtener 1 litro de etanol si para ello se requiere quemar 2 litros de gasolina (o de etanol).

La mayor parte de la discusión científica actual a la hora de evaluar el balance energético tanto del etanol como de las demás fuentes de energía se centra en dónde establecer los límites del cómputo, es decir, cuán completo y exhaustivo debe ser el esquema de gastos e ingresos de energía derivados de la fabricación del etanol. Se discute, por ejemplo, si se deben incluir temas como la energía requerida para alimentar a la gente que cuida y procesa el maíz, o para levantar y reparar las cercas de la granja, incluso la cantidad de energía que consume un tractor. Además, no hay acuerdo en qué clase de valor dar para el resto del maíz (como el tallo por ejemplo), lo que se conoce comúnmente como coproducto. Algunos estudios propugnan que es mejor dejarlo en el campo para proteger el suelo contra la erosión y para agregar materia orgánica. Mientras que otros queman el coproducto para accionar la planta del etanol, pero no evitan la erosión del suelo que resulta (lo cual requeriría más energía en forma de fertilizante). Dependiendo del estudio, la energía neta varía de 0,7 a 1,5 unidades de etanol por unidad de energía de combustible fósil consumida.

En comparación, si el combustible fósil utilizado para extraer etanol se hubiese utilizado para extraer petróleo y gas, se hubiesen obtenido 15 unidades energéticas de gasolina; un orden de magnitud mayor. Pero la extracción no es igual que la producción: cada litro de petróleo extraído es un litro de petróleo agotado. Para comparar el balance energético de la producción de la gasolina a la producción de etanol, debe calcularse también la energía requerida para producir el petróleo de la atmósfera y para meterlo nuevamente dentro de la tierra; un proceso que haría que la eficiencia de la producción de la gasolina fuese fraccionaria comparada a la del etanol. Se calcula que se necesita un balance energético de 200%, (2 unidades de etanol por unidad de combustible fósil invertida), antes de que la producción en masa de etanol llegue a ser económicamente factible.

Efectos ambientales

Contaminación del aire

El etanol es una fuente de combustible que arde formando dióxido de carbono y agua, como la gasolina sin plomo convencional. Para cumplir la normativa de emisiones se requiere la adición de oxígeno para reducir emisiones del monóxido de carbono. El aditivo metil tert-butil éter actualmente se está eliminando debido a la contaminación del agua subterránea, por lo tanto el etanol se convierte en un atractivo aditivo alternativo. Como aditivo de la gasolina, el etanol al ser más volátil, se lleva consigo gasolina, lanzando así más compuestos orgánicos volátiles (VOCs Volátil Organic Compounds).

Considerando el potencial del etanol para reducir la contaminación, es igualmente importante considerar el potencial de contaminación del medio ambiente que provenga de la fabricación del etanol. En 2002, la supervisión de las plantas del etanol reveló que lanzaron VOCs en una tasa mucho más alta que la que se había divulgado anteriormente. Se producen VOCs cuando el puré fermentado de maíz se seca para venderlo como suplemento para la alimentación del ganado. Se pueden unir a las plantas oxidantes termales u oxidantes catalíticos para consumir los gases peligrosos.

Contaminación del agua

Las vinazas constituyen un sub-producto de procesos de destilación y fermentación de azúcares provenientes de melazas de caña de azúcar, de azúcares obtenidos del agave y de granos en general. Cabe señalar que por cada litro de etanol producido a partir de melazas de caña, se generan 13 litros de vinazas, que contienen una carga orgánica altísima, compuestos tóxicos y recalcitrantes, como las melanoidinas e importantes cantidades de potasio.

Efectos del etanol en la agricultura

Los ecologistas han hecho algunas objeciones a muchas prácticas agrícolas modernas, incluyendo algunas prácticas útiles para hacer el bioetanol más competitivo. Los efectos sobre los campos afectarían negativamente a la producción para consumo alimentario de la población.

Plomo

En el pasado, cuando los granjeros destilaban su propio etanol, utilizaban a veces los radiadores como parte del alambique. Los radiadores contenían a menudo plomo, que contaminaba el etanol. El plomo pasaba al aire al quemarse el combustible contaminado, generando problemas de salud (saturnismo). Sin embargo ésta era una fuente de plomo menos importante que el tetraetilo de plomo que se empleaba como aditivo corriente de la gasolina, como antidetonante (hoy prohibido en la mayoría de los países). Hoy día, el etanol para uso como combustible se produce casi exclusivamente en plantas construidas ad-hoc, evitando así cualquier remanente de plomo.

Economía

Dependencia del petróleo

A diferencia del petróleo, extraído de unos yacimientos no existentes en todas las regiones, casi cualquier país con suficiente terreno en su territorio (y siempre y cuando esté dispuesto a importar la comida del exterior), puede producir etanol para su uso como combustible.

El etanol es pues una alternativa interesante, que puede incluso ayudar a mitigar las tensiones internacionales derivadas de la dependencia y adicción de algunos países por el petróleo, si bien esto dependerá del balance energético o TRE, y no tanto del económico. El cultivo y procesado de agro-combustibles se realiza actualmente con petróleo, tanto por el uso de agroquímicos como de maquinaria, por lo que en el mejor de los casos (si el TRE resulta

ser positivo), el proceso equivaldrá a un aumento del rendimiento energético del petróleo. Actualmente sin embargo, según muchos estudios, el ciclo de vida completo (incorporando por ejemplo la energía necesaria para producir y reparar la maquinaria agrícola, y la usada en el proceso de destilación y fermentación) el balance es negativo, es decir: consume más energía fósil que la renovable que produce. La deforestación y la disminución de tierra cultivada para alimentación (con la subsiguiente aparición del hambre) son otros de los grandes problemas que plantea el etanol.


Notas

- El estudio del etanol como combustible es un tema muy actual y en debate. Es muy posible que en plazos de tiempo no demasiado largos el balance energético mejore, o el uso de etanol se extienda creándose economías de escala que pueden no sólo abaratar costes sino también mejorar el balance.
- Algunos datos aparecidos en el artículo dependen del estudio del que provienen y de las hipótesis del que parta éste.

Referencias

- [4] <http://www.greenfleet.info> Cortesía "Sustainable Green Fleets"
- [5] Policy Document 01/08, Figura 4.3
- [6] It's a global thing (http://www.ethanolproducer.com/article.jsp?article_id=2222), *Ethanol Producer Magazine*, August 2006.
- [7] Versión PDF disponible en BioMedcentral
- [8] Tabla 2. El reporte está basado en datos de 2006
- [9] Edición impresa pp. 73
- [14] <http://www.imagendelgolfo.com.mx/resumen.php?id=165907>
- [15] http://www.quiminet.com.mx/nt8/nt_AAshsgsAAAssasdadvcarmbcBu-inicia-construccion-de-tres-plantas-de-etanol-en-sinaloa-mexico.htm
- [16] <http://www.agromeat.com/index.php?idNews=102862>
- [18] *The Economist*, March 3-9th, 2007 "Fuel for Friendship" p. 44
- [19] *La reducción a 45 centavos entró en vigencia el 1 de enero de 2009.*
- [20] Originalmente publicado "online" en *Science Express* en 2008-02-07. Nota: Existen posiciones opuestas a los resultados de esta publicación por considerar que usó supuestos correspondientes al "peor escenario". Ver "Letters to *Science*" de Wang y Haq.
- [21] Oxfam Briefing Paper 114, figura 2 pp.8
- [22] Originalmente publicado "online" en *Science Express* en 2008-02-07. Nota: Existen posiciones opuestas a los resultados de esta publicación por considerar que usó supuestos correspondientes al "peor escenario".
- [23] *Production up to April 2009*
- [24] *Tablas 3.6a y 3.6b. Datos expresado en energía equivalente (tep). Información del año 2007.*
- [25] *La gasolina brasileña está entre las más caras del mundo. El precio de 6,00 por galón resulta al considerar un precio medio de 2,50 reales por litro convertidos a una tasa de cambio de R\$ 1.575 por USD vigente a finales de julio 2008. La gasolina brasileña contiene un 25% de etanol.*

Enlaces externos

-  Wikimedia Commons alberga contenido multimedia sobre **Etanol (combustible)**. Commons

En español

- El etanol como combustible aeronáutico (<http://www.aviocohol.com/>)
- Notas sobre el proceso de obtención de bioetanol (http://www.fi.uba.ar/materias/6756/clase_bioetanol_2C_2005.pdf)
- Biocombustibles.es: Noticias e información sobre Bioetanol y otros biocombustibles (<http://www.biocombustibles.es>)
- Abengoa Bioenergy: Proyectos de I+D sobre bioetanol (<http://www.abengoabioenergy.com/research/index.cfm?page=3&lang=2>)

- BioDieselSpain.com: Noticias sobre Bioetanol y listado de plantas y biogasolineras de etanol y biodiesel (<http://www.biodieselspain.com>)
- Análisis técnico sobre vehículos ecológicos (<http://www.homohominisacrares.net/sec/ecologia/cocheseecologicos/cocheseecologicos.htm>)
- El primer surtidor de bioetanol E85 de Madrid comienza hoy a funcionar (<http://www.ecoticias.com/20080917-el-primer-surtidor-de-bioetanol-e85-de-madrid-comienza-hoy-a-funcionar-en-la-estacion-de-servicio-de-las-tablas-.html>), puesto en marcha por DISA/Shell.
- Procesos de obtención del etanol anhidro (<http://ingquimica.wordpress.com/etanol-anhidro/>)

En inglés

- U.S. Department of Energy: Ethanol (<http://www1.eere.energy.gov/biomass/ethanol.html>)
- U.S. Department of Energy: Clean Cities (<http://www.eere.energy.gov/cleancities/>)
- Ethanol as Fuel (<http://freeenergynews.com/Directory/Ethanol/>) - Documentación sobre un balance energético del etanol negativo.
- Farm Industry News: Hydrogen Corn Economy (<http://farmindustrynews.com/news/hydrogen-corn-economy/>) Artículo sobre la conversión de etanol en hidrógeno.
- Debunking Pimentel: Ethanol - Efficient Fuel (<http://www.ncga.com/ethanol/debunking/index.htm>)
- "How to Beat the High Cost of Gasoline (http://money.cnn.com/magazines/fortune/fortune_archive/2006/02/06/8367959/index.htm?cnn=yes)
- Renewable and Appropriate Energy Laboratory's (<http://rael.berkeley.edu/>)
- Ethanol Can Contribute to Energy and Environmental Goals (<http://rael.berkeley.edu/EBAMM/FarrellEthanolScience012706.pdf>) (formato pdf). Publicado en la revista Science.
- e85 Fuel Information (<http://www.e85safety.com/>)
- DrivingEthanol.org (<http://www.drivingethanol.org/>)
- FuturePundit.com - Is Corn Ethanol A Good Energy Source? (<http://www.futurepundit.com/archives/002722.html>)
- Thermodynamics of the Corn-Ethanol Biofuel Cycle (<http://petroleum.berkeley.edu/papers/patzek/CRPS416-Patzek-Web.pdf>)
- Proceso de síntesis química del etanol (<http://athena.english.vt.edu/~marmstro/material/CTSA docs/mod5-2.pdf>)

Fuentes y contribuyentes del artículo

Etanol (combustible) *Fuente:* <http://es.wikipedia.org/w/index.php?oldid=68183763> *Contribuyentes:* 3coma14, A ver, Abdel72, Abuelodelanada, Acrobat, Alfonso", Allforrous, Angelito7, Apecca, Beaire1, Becquer 1980, Biop, Bizkaino, Catalonia, Cookie, Creosota, Dreysag, Eamezaga, Eloy, Emijrp, FAR, Farisori, Fmariluis, Germanproducts, Greciamonse, HUB, Hagelsieb, Hanjin, Helmy oved, Hispalois, House, Hu12, JMCC1, Jazambra, Jessussordo, Jvaca, Jkbw, JoSongoku, Jorgechp, Joselarrucea, Juansemar, Julian leonardo paez, Kroyff, LX, Lampsako, Lull, Mac, Mariordo, Metronomo, Miguel Morales Brito, Miguelhg, Millertheinc, Miss Manzana, Muro de Aguas, NaBUru38, Ortisa, Pcardoso83, Petruss, Pinchurriento, Poc-oban, Proximo.xv, Rafa3040, Reidte, Rizobio, Robale102, Rosarinagazo, Rufflos, Satanás va de retro, Savh, Sejomagno, Serverloco, SuperBraulio13, Tamorlan, Tano4595, Tostadora, Tsumzu, Ty25, UA31, UAwiki, Wqe, Yodigo, Zapatilla, 154 ediciones anónimas

Fuentes de imagen, Licencias y contribuyentes

Archivo:EthanolPetro1.jpg *Fuente:* <http://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Archivo:EthanolPetro1.jpg> *Licencia:* GNU Free Documentation License *Contribuyentes:* Proximo.xv, Zephynelsson Von

Archivo:Cornfield in South Africa2.jpg *Fuente:* http://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Archivo:Cornfield_in_South_Africa2.jpg *Licencia:* Creative Commons Attribution-Sharealike 2.5 *Contribuyentes:* Lotus Head from Johannesburg, Gauteng, South Africa

Archivo:Saccharum-officinarum-harvest.JPG *Fuente:* <http://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Archivo:Saccharum-officinarum-harvest.JPG> *Licencia:* GNU Free Documentation License *Contribuyentes:* Eugene van der Pijll, Farbenfreude, Frank C. Müller, Man vyi, Off-shell, Quadell, Raphael.lorenzeto, Siebrand, Sten, Thierry Caro, Yann

Archivo:Tanquinho Celta GM FlexPower 02 SAO 10 2008.jpg *Fuente:* http://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Archivo:Tanquinho_Celta_GM_FlexPower_02_SAO_10_2008.jpg *Licencia:* Creative Commons Attribution-Sharealike 3.0 *Contribuyentes:* Mariordo Mario Roberto Duran Ortiz

Archivo:E85bus.jpg *Fuente:* <http://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Archivo:E85bus.jpg> *Licencia:* GNU Free Documentation License *Contribuyentes:* The original uploader was Gerfriede (talk, contributions, log)

Archivo:Flag of the United States.svg *Fuente:* http://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Archivo:Flag_of_the_United_States.svg *Licencia:* Public Domain *Contribuyentes:* Dbenbenn, Zscout370, Jacobolus, Indolences, Technion.

Archivo:Flag of Brazil.svg *Fuente:* http://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Archivo:Flag_of_Brazil.svg *Licencia:* Public Domain *Contribuyentes:* Brazilian Government

Archivo:Flag of the People's Republic of China.svg *Fuente:* http://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Archivo:Flag_of_the_People's_Republic_of_China.svg *Licencia:* Public Domain *Contribuyentes:* Drawn by User:SKopp, redrawn by User:Denelson83 and User:Zscout370 Recode by cs:User:xfi- (code), User:Shizhao (colors)

Archivo:Flag of India.svg *Fuente:* http://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Archivo:Flag_of_India.svg *Licencia:* Public Domain *Contribuyentes:* User:SKopp

Archivo:Flag of France.svg *Fuente:* http://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Archivo:Flag_of_France.svg *Licencia:* Public Domain *Contribuyentes:* User:SKopp, User:SKopp, User:SKopp, User:SKopp, User:SKopp, User:SKopp

Archivo:Flag of Germany.svg *Fuente:* http://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Archivo:Flag_of_Germany.svg *Licencia:* Public Domain *Contribuyentes:* User:Madden, User:SKopp

Archivo:Flag of Russia.svg *Fuente:* http://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Archivo:Flag_of_Russia.svg *Licencia:* Public Domain *Contribuyentes:* Zscout370

Archivo:Flag of Canada.svg *Fuente:* http://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Archivo:Flag_of_Canada.svg *Licencia:* Public Domain *Contribuyentes:* User:E Pluribus Anthony, User:Mzajac

Archivo:Flag of Spain.svg *Fuente:* http://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Archivo:Flag_of_Spain.svg *Licencia:* Public Domain *Contribuyentes:* Pedro A. Gracia Fajardo, escudo de Manual de Imagen Institucional de la Administración General del Estado

Archivo:Flag of South Africa.svg *Fuente:* http://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Archivo:Flag_of_South_Africa.svg *Licencia:* desconocido *Contribuyentes:* Adriaan, Anime Addict AA, AnonMoos, BRUTE, Daemonic Kangaroo, Dnik, Duduziq, Dzordzm, Fry1989, Homo lupus, Jappalang, Juliancolton, Kam Solusar, Klemen Kocjancic, Klymene, Lexxyy, MAXXX-309, Mahahahaneapneap, Manuelt15, Moviedefender, NeverDoING, Ninane, Poznaniak, Przemub, Ricordisamoa, SKopp, Sarang, SiBr4, ThePCKid, ThomasPusch, Tvdn, Ultratomio, Vz83, Zscout370, 37 ediciones anónimas

Imagen:Flag of Thailand.svg *Fuente:* http://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Archivo:Flag_of_Thailand.svg *Licencia:* Public Domain *Contribuyentes:* Zscout370

Archivo:Flag of the United Kingdom.svg *Fuente:* http://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Archivo:Flag_of_the_United_Kingdom.svg *Licencia:* Public Domain *Contribuyentes:* Original flag by Acts of Union 1800SVG recreation by User:Zscout370

Archivo:Flag of Ukraine.svg *Fuente:* http://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Archivo:Flag_of_Ukraine.svg *Licencia:* Public Domain *Contribuyentes:* Created by: Jon Harald Søby, colors by Zscout370

Archivo:Flag of Poland.svg *Fuente:* http://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Archivo:Flag_of_Poland.svg *Licencia:* Public Domain *Contribuyentes:* Mareklug, Wanted

Archivo:Flag of Saudi Arabia.svg *Fuente:* http://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Archivo:Flag_of_Saudi_Arabia.svg *Licencia:* Public Domain *Contribuyentes:* Unknown

Archivo:Sao Paulo ethanol pump 04 2008 74 zoom.jpg *Fuente:* http://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Archivo:Sao_Paulo_ethanol_pump_04_2008_74_zoom.jpg *Licencia:* Creative Commons Attribution 3.0 *Contribuyentes:* Mariordo Mario Roberto Duran Ortiz

Archivo:Goldemberg 2008 Brazil sugarcane regions 1754-6834-1-6-1 Fig 1.jpg *Fuente:* http://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Archivo:Goldemberg_2008_Brazil_sugarcane_regions_1754-6834-1-6-1_Fig_1.jpg *Licencia:* Creative Commons Attribution-Sharealike 3.0 *Contribuyentes:* José Goldemberg, University of São Paulo, Institute of Electrotechnics and Energy, Av. Prof. Luciano Gualberto, São Paulo, SP 05508-010, Brazil

Archivo:Flag of Jamaica.svg *Fuente:* http://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Archivo:Flag_of_Jamaica.svg *Licencia:* Public Domain *Contribuyentes:* Anime Addict AA, Boricuaeddie, Brucelee, Davepape, Duduziq, Fred J, Fry1989, Herbythyme, KBarnett, Kilom691, Klemen Kocjancic, Kounoupidi, Körnerbrötchen, Ludger1961, Mattes, Nishkid64, Odder, Reisio, SKopp, SamBlob, Sarang, SiBr4, The Evil IP address, Wknight94, Zscout370, 31 ediciones anónimas

Archivo:Flag of El Salvador.svg *Fuente:* http://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Archivo:Flag_of_El_Salvador.svg *Licencia:* Public Domain *Contribuyentes:* user:Nightstallion

Archivo:Flag of Trinidad and Tobago.svg *Fuente:* http://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Archivo:Flag_of_Trinidad_and_Tobago.svg *Licencia:* Public Domain *Contribuyentes:* AnonMoos, Boricuaeddie, Duduziq, Enbéká, Erlemeyer, Fry1989, Homo lupus, Illegitimate Barrister, Klemen Kocjancic, Madden, Mattes, Nagy, Neq00, Nightstallion, Pumbaa80, S KTT, SKopp, SiBr4, Tomia, 12 ediciones anónimas

Archivo:Flag of Costa Rica.svg *Fuente:* http://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Archivo:Flag_of_Costa_Rica.svg *Licencia:* Public Domain *Contribuyentes:* Drawn by User:SKopp, rewritten by User:Gabbe

Archivo:Commons-logo.svg *Fuente:* <http://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Archivo:Commons-logo.svg> *Licencia:* logo *Contribuyentes:* SVG version was created by User:Grunt and cleaned up by 3247, based on the earlier PNG version, created by Reidab.

Licencia