



## ENERGÍA E HIDROCARBUROS

### CONTENIDO

1. <i>Mundo del petróleo</i>	1
2. <i>Biocombustibles: ¿bendición o placebo?</i>	4
3. <i>Las nuevas cuentas del carbono</i>	11

### **1. Mundo del petróleo**

La demanda mundial de petróleo crece vertiginosamente mientras la oferta se acerca a su límite.

En 2000, un geólogo petrolero saudí llamado Sadad I. Al Hussein realizó un descubrimiento asombroso. Hussein, entonces director de exploración y producción de Saudi Aramco, la empresa petrolera estatal, por mucho tiempo había sido escéptico ante los pronósticos optimistas de la industria respecto a la producción futura del petróleo. Desde mediados de los noventa, había estudiado los datos sobre los 250 principales yacimientos petrolíferos que producían casi todo el hidrocarburo del mundo. Estudió cuánto crudo quedaba en cada uno de ellos y cuán rápido se agotaba; luego agregó a esa lista todos los nuevos yacimientos que las compañías petroleras esperaban explotar en los siguientes decenios. Cuando cuadró las cifras, afirma que se percató de que muchos expertos en el campo del petróleo “estaban malinterpretando los datos sobre la producción y las reservas mundiales del hidrocarburo o que los confundían”.

Aunque los pronósticos dominantes mostraban que la producción petrolera aumentaba constantemente cada año en una gran curva ascendente que iba a la par de la demanda mundial, los cálculos de Hussein revelaban que la producción se estabilizaba, con un posible comienzo ya en 2004. Igual de preocupante era que ese estancamiento en la producción duraría 15 años cuando mucho, y después la producción convencional de petróleo empezaría a “disminuir de manera paulatina pero irreversible”.

No es precisamente el tipo de pronóstico que podríamos esperar de Saudi Aramco, que encabeza las reservas comprobadas de petróleo más cuantiosas del mundo —unos 260 000 millones de barriles o alrededor de una quinta parte del crudo conocido del planeta—, y que afirma que el petróleo seguirá abundando durante muchos decenios más. Hussein se jubiló de Aramco en 2004 y ahora ofrece sus servicios como consultor. Pero si tiene razón, el futuro

depara un cambio drástico para un mundo cuyos sistemas fundamentales operan con petróleo copioso y barato.

Husseini no es el primero que menciona al amenazador fantasma de que la producción mundial de petróleo ha alcanzado su nivel máximo. Por decenios, los geólogos petroleros han teorizado que cuando se haya extraído la mitad de la dotación de petróleo del planeta, sacar más petróleo del subsuelo será cada año más difícil y, en un momento dado, imposible. La producción mundial, que ha aumentado a un ritmo constante de menos de un millón de barriles diarios en 1900 a cerca de 85 millones de barriles en la actualidad, esencialmente se detendrá. Listos o no, enfrentaremos un futuro pospetróleo, un futuro que podría caracterizarse por la recesión o hasta por la guerra, ya que Estados Unidos y otros grandes importadores lucharán por conseguir el acceso a los recursos petroleros seguros.

Los pronósticos de que la producción de petróleo ha alcanzado su nivel máximo son muy polémicos, no porque alguien piense que el petróleo durará por siempre sino porque nadie sabe realmente cuánto queda y, por consiguiente, qué tan próximos estamos a llegar a la citada mitad de la extracción. Los llamados pesimistas del petróleo sostienen que ese punto máximo –oculto por las fluctuaciones diarias en la producción– es inminente o que ya se ha alcanzado, como lo cree Husseini.

Los optimistas, por el contrario, insisten en que el momento crítico tardará decenios en llegar, porque el planeta tiene mucho petróleo aún por ser explotado o incluso descubierto, así como enormes reservas de petróleo “poco convencional”, como los enormes depósitos de arena bituminosa en el oeste de Canadá. Los optimistas también advierten que en el pasado, cada vez que los fatalistas pronosticaban un “inminente” punto máximo en la producción, el descubrimiento de un yacimiento petrolero o de nueva tecnología para su extracción permitía que la producción se mantuviera al alza.

Muchos expertos aún sostienen que los elevados precios actuales son pasajeros, que se deben a cuellos de botella técnicos, al crecimiento vertiginoso de la demanda en Asia y a un dólar en picada. “A la gente se le agotará la demanda antes de que se quede sin petróleo”, declaró el economista en jefe de BP, durante una reunión celebrada a principios de este año. Sin embargo, otros optimistas están flaqueando. En general, los precios más altos incitan a las compañías a invertir más en nuevas tecnologías de exploración y a tratar de llegar a yacimientos petroleros de difícil acceso. El aumento repentino de precios posterior a la guerra Irán-Irak en los ochenta, por ejemplo, en un momento dado liberó tanto petróleo nuevo que los mercados se saturaron. Pero durante los últimos años, pese al aumento constante del precio, la producción convencional de petróleo en el planeta se ha sostenido en alrededor de 85 millones de barriles diarios, y da la casualidad que es exactamente donde los cálculos de Husseini indicaban que la producción se estabilizaría.

El cambio es tan sombrío que la misma industria petrolera ha perdido algo de su petulancia. El otoño pasado, después de que la Agencia Internacional de Energía (IEA, por sus siglas en inglés) publicó un pronóstico demostrando que la demanda mundial de petróleo aumentaría más de un tercio para 2030, a 116 millones de barriles diarios, los ejecutivos de varias compañías petroleras expresaron sus dudas en cuanto a que la producción pudiera crecer al mismo ritmo. En un congreso celebrado en Londres, Christophe de Margerie, director del gigante petrolero francés Total, declaró que el “escenario alentador” de la producción diaria máxima era de 100 millones de barriles, lo que significaba que la demanda mundial rebasaría

la oferta antes de 2020. En enero, el director ejecutivo de Royal Dutch Shell, Jeroen van der Veer, calculó que “después de 2015 la oferta de gas y petróleo de fácil acceso se rezagaría con respecto a la demanda”.

En la opinión de ambos, los obstáculos principales para aumentar la producción son los factores políticos y económicos más que los geológicos. Se dice que Irak tiene gigantescas reservas subterráneas de petróleo pero, a causa de la deficiente seguridad, produce sólo una quinta parte de lo que obtiene Arabia Saudí. Y en países como Venezuela y Rusia, las compañías petroleras extranjeras enfrentan leyes restrictivas que entorpecen su capacidad para explotar nuevos pozos e instaurar otra infraestructura.

Sin embargo, hasta los optimistas del petróleo admiten que los límites físicos empiezan a acechar. Se debe tomar en cuenta el ritmo al que se hacen nuevos descubrimientos. El petróleo no puede extraerse sino hasta que se haya encontrado, y aun así el volumen hallado cada año ha disminuido a un ritmo constante desde principios de los sesenta, a pesar de los impresionantes adelantos tecnológicos, como la obtención de imágenes sísmicas mediante computadora que permite a las compañías “ver” petróleo profundo. Un motivo de esa disminución es aritmética básica: La mayoría de los yacimientos grandes se descubrieron hace decenios, y los que quedan suelen ser pequeños. No sólo son más difíciles de descubrir, sino que también deben hallarse en mayores cantidades para producir otro tanto de petróleo. El pasado noviembre, por ejemplo, los ejecutivos petroleros estaban contentísimos por el descubrimiento de un yacimiento llamado Tupi, cerca de la costa brasileña, considerado el más grande hallazgo en siete años. Y con todo y sus no menos de 8 000 millones de barriles, Tupi tiene alrededor de una quinceava parte del tamaño de Ghawar, el legendario yacimiento saudí que contenía 120 000 millones de barriles cuando se descubrió en 1948.

También es más caro operar los yacimientos más pequeños que los más grandes. Esa disparidad de costos es una de las razones por las que la industria prefiere atenerse a los yacimientos grandes, y por qué proporcionan más de una tercera parte de la producción diaria. Por desgracia, como la mayoría de los hallazgos más grandes se hizo hace decenios, gran parte del petróleo procede de yacimientos explotados que se acercan a su punto máximo o incluso están en decadencia. La producción se está desplomando en regiones antes prolíficas, como el Mar del Norte y la Pendiente Norte de Alaska.

En el mundo, la producción de los yacimientos disminuye hasta 8 % al año; eso significa que las compañías petroleras deben extraer hasta siete millones de barriles adicionales al día sólo para mantener estable la producción actual, a los que deben sumar muchos más millones de barriles para satisfacer el crecimiento de la demanda de cerca de 1.5 % anual. Muchas de las compañías petroleras más grandes, entre ellas Shell y Pemex, la empresa estatal mexicana, de hecho cada año encuentran menos petróleo del que venden.

Para 2010, según James Mulva, director ejecutivo de ConocoPhillips, cerca de 40 % de la producción diaria de petróleo deberá provenir de yacimientos aún no explotados o que no han sido descubiertos. Para 2030, casi todo nuestro petróleo provendrá de yacimientos que no se utilizan ahora. Para empezar, Mulva no está seguro de cuánto nuevo petróleo pueda extraerse. En un congreso celebrado en Nueva York el otoño pasado, predijo que la producción se estancaría en 100 millones de barriles al día, la misma cifra que el director de Total había proyectado. “Y la razón es ¿de dónde va a provenir todo eso?”, señaló.

Cualquiera que sea la cifra tope, una predicción parece segura: La era del petróleo barato ha quedado atrás.

Dado que Arabia Saudí y otros miembros de la OPEP controlan 75 % de las reservas petroleras del planeta, su producción alcanzará el nivel máximo muchísimo tiempo después que la de otras regiones petroleras, dándoles incluso más poder sobre los precios y la economía mundial. Un punto máximo o punto muerto en la producción petrolera también significará que, con el aumento de la población, la cantidad de gasolina, de queroseno y de diesel para cada persona sobre el planeta pueda ser mucho menor. Para el mundo en desarrollo podría ser catastrófico, ya que depende de los combustibles derivados del petróleo no sólo para el transporte sino para cocinar, iluminar y para los sistemas de riego.

Lo que a Hussein le preocupa es cuánto se ha tardado el mundo en admitir ese escenario. Los automóviles con buen rendimiento de combustible y opciones como los biocombustibles compensarán parte de los agotados abastecimientos petroleros, pero el mayor desafío tal vez sea persuadir a las sociedades que consumen mucho petróleo que frenen la demanda. Cualquier debate significativo sobre cambios en nuestro estilo de vida de alto consumo de energía, afirma Hussein, “aún no se considera”. Con el cálculo inexorable del agotamiento del petróleo, quizá no siga descartándose durante mucho tiempo

*Fuente: Escrito por: Paul Roberts el 30 de Mayo de 2008*

## **2. Biocombustibles: ¿bendición o placebo?**

Cuando este año Dario Franchitti ganó las 500 millas de Indianapolis con su elegante coche anaranjado y negro, de 670 caballos de fuerza, el vivaz escocés escribió una nota peculiar en la historia deportiva. Se convirtió en el primer piloto en ganar la icónica carrera automovilística estadounidense con etanol puro: la bebida transparente de alto octanaje elaborada con maíz cuyos partidarios –desde agricultores de la región central de Estados Unidos hasta políticos de alto rango– esperan que pronto reemplace a la gasolina como el combustible de automóviles preferido en EUA.

El hecho de que Indy use este alcohol es sólo un indicador de la furiosa carrera hacia los biocombustibles caseros, sustitutos de gasolina y diesel, fabricados con productos agrícolas como maíz, soya y caña de azúcar. Sus defensores dicen que estos combustibles renovables podrían encender nuestra moribunda economía rural, ayudar a sacarnos de una complicada dependencia de Medio Oriente y –lo mejor de todo– eliminar las crecientes emisiones de dióxido de carbono. A diferencia del antiguo carbono liberado por la quema de combustibles fósiles, que a cada minuto eleva el termostato de la Tierra, el carbono de los biocombustibles proviene de la atmósfera, que las plantas capturan mientras crecen. En teoría, consumir un tanque de etanol podría incluso hacer que manejar un coche Indy tuviera un balance neutro de carbono.

La palabra clave es “podría”. Los biocombustibles que se ofrecen hoy en Estados Unidos obran maravillas para los agricultores y para los gigantes agrícolas, como Archer Daniels Midland y Cargill, pero hacen poco por el ambiente. El maíz que requiere grandes dosis de herbicida y de fertilizante de nitrógeno puede erosionar la tierra más que cualquier otro cultivo. Producir etanol de maíz consume casi tanto combustible fósil como el que reemplaza. El biodiesel de soya consume apenas un poco menos. Los ambientalistas temen que el

aumento en el precio de estos dos cultivos obligará a los agricultores a arar unos 14 millones de hectáreas de tierras de labranza marginales, ahora reservadas para la conservación de los suelos y de la vida silvestre, con lo que potencialmente se liberaría incluso más carbono de los campos en barbecho.

El auge ya elevó los precios del maíz a alturas nunca antes vistas y ha fomentado que los agricultores estadounidenses siembren el mayor cultivo desde la Segunda Guerra Mundial. Cerca de una quinta parte de la cosecha se convertirá en etanol: más del doble que hace sólo cinco años.

Sin embargo, la perspectiva de las dunas ámbar de las cosechas locales de energía es demasiado seductora para ser ignorada, especialmente ante el ejemplo de Brasil. El año pasado, 30 años después de haber lanzado un programa intensivo para reemplazar la gasolina por etanol de caña de azúcar, Brasil anunció que, gracias al etanol y a un incremento en la producción nacional de petróleo, se había liberado de la importación del hidrocarburo. Inversionistas, encabezados por Richard Branson, el presidente de Virgin Atlantic, y Vinod Khosla, famoso por Sun Microsystems, se interesaron en esa idea e invirtieron más de 70 000 millones de dólares en compañías de energía renovable.

“Podemos crear etanol de una manera increíblemente simple –dice Nathanael Greene, investigador principal del Natural Resources Defense Council–. Pero hay muchos caminos que nos llevan a un futuro lleno de beneficios para la vida silvestre, para el carbono de los suelos y en general”. La clave, según Greene y otros, es resolver cómo fabricar combustible de material vegetal que no sirva de alimento: olote, pasto de las praderas, árboles de crecimiento rápido o incluso algas. Ese enfoque, junto con vehículos y comunidades más eficientes, dice Greene, “podrían eliminar nuestra demanda de gasolina para 2050”.

Hace un siglo, el primer automóvil de Henry Ford funcionaba con alcohol, mientras que Rudolf Diesel arrancaba el suyo con aceite de maní. Pero ambos inventores descubrieron que el “aceite de piedra” [petra oleum], después de ser refinado ligeramente, daba mayor rendimiento por litro que el combustible vegetal, y que además era más barato. El petróleo pronto reemplazó a los combustibles vegetales. Únicamente en periodos de escasez –como el embargo petrolero de la OPEP en 1973–, Estados Unidos y otros países recurrieron al etanol, mezclándolo con gasolina para estirar las existencias.

Sólo hasta el año 2000, el alcohol para combustible regresó, principalmente como aditivo en mezclas de gasolina menos contaminantes.

Los partidarios del etanol señalan que la industria petrolera también ha disfrutado de grandes subsidios durante décadas, incluidos miles de millones de dólares al año en incentivos fiscales, así como decenas de miles de millones de dólares anuales para defender los campos petroleros en Medio Oriente, aun antes de la Guerra de Irak, sin mencionar los costos no considerados para la salud y el medio ambiente derivados de la contaminación producida por automóviles, camiones e industria petrolera en sí. Y mientras las subvenciones petroleras fluyen a las manos de las compañías más ricas del mundo, los subsidios para el etanol alientan un renacimiento en los pequeños poblados del interior de EUA con nombres como Wahoo, Nebraska.

Este verano, con las 16 plantas de etanol de Nebraska preparándose para consumir un tercio de la cosecha del estado, los precios del maíz se han duplicado: alcanzaron durante un breve periodo los cuatro dólares por fanega, y los cultivadores esperaban obtener las mejores

ganancias de las que se tenga memoria. “Este es el primer año en que he sembrado sólo maíz y nada de frijol”, dice Roger Harders mientras termina de comer en el Café Wigwam, en Wahoo. También posee ganado que este año comerá más pasto en lugar de maíz de cuatro dólares. “Casi estás tentado a salirte del negocio del ganado y vender únicamente maíz”.

Gary Rasmussen, copropietario de Case-IH, la concesionaria local de implementos agrícolas, vendió 10 cosechadoras de maíz nuevas hasta en 200 000 dólares cada una de diciembre a febrero, el doble de lo normal, y sus ventas de tractores también han aumentado. Una pantalla de computadora que muestra los últimos precios del maíz se exhibe en el piso de ventas. “Cada vez que hay un alza en el mercado de materias primas, ves un futuro más brillante –dice Rasmussen–. El etanol va a ser un gran impulsor”.

Pese al auge, es difícil llenar a EUA con etanol. Sigue siendo principalmente un aditivo de la gasolina. Apenas unas 1 200 estaciones de servicio distribuidas casi sólo en el “cinturón del maíz” venden etanol, con la forma de E85 (85 % etanol, 15 % gasolina), que sólo puede usarse en motores especiales. El etanol rinde 30 % menos millas por galón que la gasolina, pero un galón de unos 2.80 dólares en el centro del país es competitivo contra un galón de 3.20 dólares de gasolina. Puesto que Estados Unidos no tiene ductos importantes para el etanol, transportarlo en camión, tren o barcaza eleva el precio en otros lugares. Pero cada vez hay más plantas de etanol.

Christine Wietzki, quien de niña vivió en una granja en el oeste de Nebraska, es gerente técnica de una de las fábricas de etanol más nuevas y avanzadas en el país, la planta E3 BioFuels en el pequeño poblado de Mead de tan sólo 564 habitantes. Casi todo lo que sucede en sus tanques y ductos es típico de cualquier destilería grande: después de todo, la gente lleva eones convirtiendo grano en alcohol. El maíz se tritura, se mezcla con agua y se calienta; se agregan enzimas que transforman el almidón en azúcares. En un tanque de fermentación, la levadura poco a poco convierte los azúcares en alcohol, que se separa del agua mediante la destilación. El sobrante, que los destiladores llaman grano, sirve de alimento para las vacas, y parte del agua residual, alta en nitrógeno, se usa como fertilizante.

El proceso también despide grandes cantidades de CO<sub>2</sub>, y aquí es donde la etiqueta verde del etanol comienza a ponerse café. La mayoría de las plantas de etanol queman gas natural o, cada vez más, carbón para crear el vapor que requiere la destilación, añadiendo emisiones de combustible fósil al CO<sub>2</sub> emitido por la levadura. Cultivar el maíz también requiere fertilizantes de nitrógeno, hechos de gas natural, y un uso extenso de maquinaria agrícola que funciona con diesel. Algunos estudios del balance energético del etanol de maíz –la cantidad de energía fósil necesaria para hacer etanol versus la energía que produce– sugieren que el etanol sale perdiendo, pues requiere más combustible fósil emisor de carbono que aquel que desplaza. Otros le dan una pequeña ventaja. Pero, sin importar cómo se hagan las cuentas, el etanol de maíz no es una panacea contra los gases de efecto invernadero.

“Los biocombustibles son un desperdicio y nos distraen de lo que realmente debemos hacer: conservar –dice David Pimentel, de la Universidad de Cornell, uno de los más duros críticos del etanol–. Es una amenaza, no un servicio. Muchas personas lo ven como un despilfarro”.

Pero Wietzki y sus colegas de Mead piensan que pueden hacerlo mejor. Esperan aumentar el balance energético y los beneficios contra los gases de efecto invernadero del etanol creando un sistema cerrado. Aquí entran las vacas. Planean alimentar las calderas con metano proveniente de dos gigantescos biodigestores de 15 millones de litros alimentados con

estiércol de ganado del cebadero de junto; en esencia, usar biogás para elaborar biocombustible.

Es fácil perderles la fe a los biocombustibles si todo lo que se conoce es el etanol de maíz. Pero 9 000 km al sureste de Mead se devela un panorama más alentador. En São Paulo, Brasil, millones de conductores pasan varias horas al día en congestionamientos viales de ocho carriles, y sus motores, así como su humor, marchan felizmente a base de álcool que proviene del creciente “cinturón de azúcar”. El país ha quemando algo de etanol en sus vehículos desde los años veinte, pero para 1970 importaban 75 % de su petróleo. Cuando el embargo petrolero de la OPEP inmovilizó la economía del país, el dictador en esa época –el general Ernesto Geisel– decidió darle un puntapié a ese viejo hábito del país. El mandatario otorgó fuertes subsidios y financiamientos para nuevas plantas de etanol, dirigidas por Petrobras, la compañía petrolera del Estado, a fin de instalar tanques y bombas de etanol por todo el territorio, y ofreció incentivos fiscales a los fabricantes de automóviles de Brasil para producir autos diseñados para quemar etanol puro. A mediados de la década de los ochenta, casi todos los vehículos vendidos en Brasil funcionaban exclusivamente con alcohol.

A los conductores brasileños les encanta la Fórmula Uno y recibieron con beneplácito esos coches, especialmente porque el etanol puro tiene un octanaje cercano a 113. Se quema mejor a una compresión mucho más alta que la gasolina, lo que permite que los motores de alcohol generen más potencia. Pero lo mejor de todo es que los subsidios del gobierno lo abarataron significativamente. Aunque el etanol se ha topado con algunos baches en el camino. A principios de los noventa, los bajos precios del petróleo hicieron que el gobierno retirara progresivamente los subsidios, y los altos precios del azúcar dejaron a los ingenios azucareros, o usinas, sin ningún incentivo para producir el combustible. Millones de conductores de automóviles a base de alcohol, como Roger Guilherme, ahora ingeniero supervisor en Volkswagen-Brasil, se quedaron secos.

“Personas como yo teníamos que esperar dos horas o más en largas filas –dice Guilherme en su oficina de la planta de Volkswagen en São Bernardo do Campo–. Los consumidores perdieron la confianza en el programa de alcohol.” Una década después, cuando los precios del petróleo comenzaron a subir, los brasileños querían utilizar el alcohol de nuevo, pero en vista de su experiencia anterior, no querían estar casados con él. Por eso, los jefes de Guilherme le plantearon un reto: encontrar una manera barata para que un automóvil use ambos combustibles. El equipo de Guilherme trabajó con ingenieros de Magneti Marelli, que provee sistemas de combustibles a Volkswagen, a fin de escribir un nuevo software para una unidad de control electrónico del motor que pudiera ajustar automáticamente la proporción aire-combustible y encendiera con una mezcla de gasolina y alcohol. Volkswagen introdujo el primer vehículo TotalFlex de Brasil en 2003, modificando una pequeña camioneta con forma de pelota de fútbol llamada Gol. Fue un éxito inmediato y pronto todos los fabricantes de automóviles siguieron su ejemplo.

Ahora, casi 85 % de los autos vendidos en Brasil son Flex: diseños pequeños y deportivos que se mueven fácilmente junto a los pesados camiones diesel en São Paulo. También está el Transporter flex: la combi de VW que aún se fabrica ahí. El litro de alcohol cuesta al público en promedio un real menos que la gasolina, por lo que la mayoría de los vehículos flex hace años que no queman gasolina.

La caña de azúcar, y no la tecnología de los motores, es la verdadera clave del auge del etanol en Brasil. Esta dulce hierba tropical que crece mucho ha sido una importante exportación para el país desde el siglo xvi. A diferencia del maíz, en cuyo caso hay que descomponer el almidón del grano en azúcares usando enzimas costosas antes de que pueda fermentarse, todo el tallo de la caña de azúcar ya es 20 % azúcar, y comienza a fermentarse casi en cuanto es cortado. La caña produce de 2 200 a 3 000 litros de etanol por hectárea, más del doble que el maíz.

La usina São Martinho, uno de los mayores ingenios azucareros y destilerías de etanol en el mundo, se ubica en el corazón del desierto esmeralda, como uno de los columnistas de São Paulo ha apodado a la principal región cañera de ese país. Los extensos campos están alfombrados de caña hasta donde llega la vista. Cada año, la enorme planta convierte siete millones de toneladas de caña en 300 millones de litros de etanol para los coches brasileños y 500 000 toneladas de azúcar, dirigidas principalmente a Arabia Saudita. Para satisfacer la creciente demanda de etanol, tanto aquí como en el extranjero, la compañía también está construyendo una unidad de tres millones de toneladas –exclusivamente para etanol– en los crecientes campos de caña del estado de Goiás.

Los agricultores del desierto esmeralda pueden obtener siete cosechas de sus campos antes de volver a plantar, y las destilerías reciclan su agua residual como fertilizante. Como la mayoría de usinas en Brasil, São Martinho no consume combustible fósil ni electricidad del sistema; para calefacción y electricidad quema desperdicio de caña, conocido como bagazo, que genera un ligero superávit de potencia. Incluso los camiones cañeros y la maquinaria agrícola queman una mezcla de diesel y etanol, mientras que el fumigador favorito de cultivos, una avioneta llamada Ipanema, es la primera aeronave de alas fijas en quemar alcohol puro. “Estamos obsesionados con la eficiencia”, dice el director de la planta, Agenor Cunha Pavan.

Mientras que la proporción de energía del etanol de maíz ronda el equilibrio, “nosotros sacamos ocho unidades de etanol por cada unidad de combustible fósil”, dice Isaias Macedo, uno de los principales investigadores de la caña de azúcar en Brasil. Los expertos calculan que producir y quemar etanol de caña genera de 55 a 90 % menos dióxido de carbono que la gasolina. Y Macedo prevé una mayor eficiencia. “Podemos hacer lo mismo con dos tercios o la mitad del bagazo, administrar mejor los tractores en el campo y alcanzar niveles de 12 o 13”.

Pero incluso la caña de azúcar no está exenta de problemas. Mientras que casi toda la caña de São Martinho se cosecha con máquinas, la mayor parte de la caña brasileña se corta a mano; el trabajo, a pesar de estar bien pagado, es caluroso, polvoriento y agotador. Los cortadores mueren de cansancio todos los años, dice el líder de su sindicato. Y para matar las serpientes y zafar más fácilmente, suelen quemarse los campos antes de la cosecha, llenando el aire de hollín y liberando metano y óxido nitroso, dos potentes gases de efecto invernadero.

La expansión de la superficie cultivada con caña en Brasil –que según los planes casi se duplicará en la siguiente década– también puede contribuir a la deforestación. Al desplazar las haciendas en las zonas agrícolas existentes, el azúcar quizá ejerza presión para que los ganaderos se vayan a territorios más profundos, como el Amazonas y las sabanas biológicamente diversas, conocidas como cerrado. “Ahora se considera que el alcohol es un combustible ‘limpio’, pero el proceso para fabricarlo es muy sucio –dice Marcelo Pedroso

Goulart, fiscal del Ministerio Público de São Paulo—. Especialmente la quema de la caña y la explotación de los cañeros”.

Todos los biocombustibles consumen cosechas que podrían servir para alimentar un mundo hambriento. Un informe de la ONU concluye que, pese a los grandes beneficios potenciales, el auge de los biocombustibles podría reducir la seguridad alimenticia y elevar los precios de los alimentos en un mundo donde 25 000 personas mueren de hambre todos los días, la mayoría, menores de cinco años de edad. De hecho, la producción de etanol ya ha disparado los precios del maíz y el azúcar, y todo parece indicar que no bajarán. Se espera que la demanda de combustible y alimentos se duplique para mediados de siglo, y muchos científicos temen que en las décadas venideras, el cambio climático mine la producción agrícola.

La única manera de aprovechar los beneficios de los biocombustibles sin ejercer presión sobre los alimentos es sacar la comida del panorama. Si bien los granos de maíz y el jugo de caña son las fuentes tradicionales de etanol, también se puede fabricar con tallos, hojas e incluso aserrín: productos vegetales secundarios que suelen desecharse, quemarse o reinvertirse en la tierra. Esos materiales están compuestos principalmente de celulosa, las duras cadenas de moléculas de azúcar que constituyen las paredes de las células vegetales. Descomponer esas cadenas y fermentar los azúcares podría producir una cornucopia de biocombustibles que no compita con los cultivos alimenticios. Los visionarios del biocombustible imaginan un resurgimiento de los pastos perennes de las praderas con raíz profunda, como el pasto *Panicum virgatum* o la grama, que tomen el carbono del suelo, ofrezcan un hábitat a la vida silvestre, controlen la erosión y proporcionen mucho combustible local.

El principio del etanol celulósico es simple: hacerlo tan barato como era la gasolina.

Hasta el momento, sólo unas cuantas plantas piloto fabrican etanol de la celulosa en Estados Unidos. Una pequeña operación en el Laboratorio Nacional de Energía Renovable (NREL, por sus siglas en inglés) en Golden, Colorado, es la que más tiempo ha funcionado. Puede convertir una tonelada de biomasa –olotes, pasto *Panicum virgatum* o madera triturada– en 265 litros de etanol en una semana. Junto con la celulosa y la hemicelulosa, todos estos materiales contienen una sustancia llamada lignina, que une las moléculas de celulosa, dándoles a las plantas la fortaleza estructural para mantenerse erguidas y recibir la luz del Sol. La pegajosa lignina también permite que la materia vegetal sea dura y no se rompa, como bien se sabe en la industria de la pasta de celulosa y el papel. “Hay un viejo chiste que dice que con la lignina se puede hacer de todo, menos dinero”, dice Andy Aden, un experimentado investigador en el proyecto etanol.

Para separar las moléculas de celulosa de la lignina, el material suele tratarse previamente con calor y ácido. Luego se mezcla con enzimas de alta tecnología para descomponer la celulosa en azúcares. El resultado es una sustancia café oscura, con un ligero sabor dulce y olor a melaza, que se introduce en los tanques de fermentación, donde las bacterias o la levadura comienzan el proceso para producir el alcohol. El proceso actual convierte sólo 45 % del contenido energético de la biomasa en alcohol, comparado con una refinería de petróleo, que extrae 85 % de energía del petróleo crudo. Será necesario mejorar la eficiencia para que el etanol celulósico compita con la gasolina, y los investigadores buscan compuestos que descompongan la celulosa. Una posibilidad: microbios y enzimas genéticamente modificados de las tripas de las termitas; las fábricas de energía celulósica que tiene la naturaleza.

Sin embargo, el potencial es enorme. Explotar la celulosa de las plantas de maíz, y no sólo de los granos, duplicaría la producción de etanol; el pasto *Panicum virgatum* podría producir tanto etanol por hectárea como la caña de azúcar.

Casi todos los científicos que estudian el tema concuerdan en que no existe un cultivo mágico para fabricar combustibles que resuelva nuestras aflicciones energéticas sin dañar el ambiente. Pero la mayoría dice que las algas –esa cosa unicelular de los estanques– se le acerca más que cualquier otra planta porque crece en aguas residuales, incluso en agua de mar, y necesita poco más que luz solar y CO<sub>2</sub> para florecer. Una docena de nuevas compañías está tratando de convertir esa viscosa materia verde en combustible viable.

GreenFuel Technologies, de Cambridge, Massachusetts, va en la delantera. Fundada por el químico Isaac Berzin, de MIT, la compañía ha desarrollado un proceso que usa algas en bolsas de plástico para trasvasar el bióxido de carbono generado por las emisiones de las chimeneas de las plantas de energía. Las algas no sólo reducen los gases que contribuyen al calentamiento global, sino que también destruyen otros contaminantes. Algunas algas fabrican almidón, que puede convertirse en etanol; otras producen pequeñas gotitas de aceite que pueden destilarse en biodiesel o incluso combustible para avión. Pero lo mejor es que las algas, en las condiciones correctas, son capaces de duplicar su masa en cuestión de horas. Mientras que una hectárea de maíz produce cerca de 1 500 litros de etanol al año y una hectárea de soya unos 230 litros de biodiesel, cada hectárea de algas, en teoría, produciría más de 19 000 litros de biocombustible al año.

“El maíz o la soya se cosechan una vez al año –dice Berzin–. Las algas, todos los días. Y hemos probado que podemos cultivar algas desde Boston hasta Arizona”. La compañía de Berzin se asoció con la mayor empresa de servicio público del estado, el Arizona Public Service (APS), para experimentar con la producción de algas.

La granja de energía, como la llama GreenFuel, no es muy impresionante, tan sólo un grupo de contenedores y remolques con oficinas junto a la estructura de plástico de un invernadero más grande que un campo de fútbol y tal vez de quince metros de ancho. Afuera del invernadero, hay filas de grandes tubos de plástico llenos de un burbujeante líquido verde brillante que cuelgan como enormes babosas de unas perchas. Después de llamar varias veces a su superior, el jefe del campo de operaciones Marcus Gay, preocupado por la seguridad de GreenFuel, me permite inspeccionar esta “granja de semillas”, que cultiva algas para el invernadero. Todo lo demás está prohibido. La compañía guarda muy bien sus secretos.

Por una buena razón: quizá sólo una docena de personas sabe cómo cultivar algas en sistemas de alta densidad. Los especialistas en algas, que por mucho tiempo estuvieron en la parte inferior de la cadena alimenticia de la biología, ahora se volvieron estrellas de rock. Dos de las principales universidades de Arizona recientemente iniciaron programas con algas. Su mayor reto, como con el etanol celulósico, es reducir el costo del combustible de algas. “Al final, para que esto funcione, debe ser más barato que el diesel de petróleo –dice Gay–. Si costamos un centavo más por litro, estamos hundidos” (el aumento en los costos y problemas técnicos obligaron a GreenFuel a cerrar temporalmente el biorreactor Redhawk).

Números duros –suministro, eficiencia y, más que nada, precio final– determinarán el futuro del etanol y del biodiesel. Pero por ahora, los combustibles verdes tienen un innegable atractivo. En el garaje de su oficina en el centro de Phoenix, Ray Hobbs, un ingeniero de alto rango de APS que encabeza la iniciativa de combustibles de la compañía, pasa una pequeña

flota de carros eléctricos, híbridos e incluso un camión propulsado con hidrógeno. Sube a una gran camioneta Ford diesel y la enciende. Los gases del tubo de escape, a diferencia del diesel común, son invisibles, y apenas se percibe el olor a diesel del biodiesel de algas producido en la planta piloto Redhawk. El ingenioso petróleo de la planta también ha reducido el molesto traqueteo del diesel.

“Pienso en estas cosas como si estuviera en una canoa –dice Hobbs–: ¿quiero remar río arriba o seguir la corriente? Las algas son río abajo, con la corriente. Tenemos procesos en la naturaleza que están en su punto, que han evolucionado. Entonces podemos tomar esos procesos y hacerlos más rápidos, más eficientes y aprovechar esa energía. No podemos esperar que jueguen con esto durante generaciones. Hay que hacerlo ahora”.

Hobbs dice que ha recibido docenas de llamadas de compañías energéticas interesadas en construir su propia planta de algas que les ayude a cumplir con su obligación de usar combustibles renovables. El atractivo de los combustibles vegetales incluso parece haber llegado a las arenas petroleras de Medio Oriente, donde los Emiratos Árabes Unidos lanzaron una iniciativa de energía renovable de 250 millones de dólares la cual incluye biocombustibles; tal vez sea una señal de que incluso los jeques se están percatando de que la era del petróleo no durará para siempre.

*Fuente: National Geographic. Joel K. Bourne Jr. el 01 de Octubre de 2007*

### **3. Las nuevas cuentas del carbono**

Para encargarse del calentamiento global, la primera medida es hacer números.

En esencia es así: antes de la Revolución Industrial, la atmósfera de la Tierra contenía alrededor de 280 partes por millón de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>). Esa era una cantidad adecuada (si definimos “adecuada” como “a lo que estábamos acostumbrados”). Puesto que la estructura molecular del dióxido de carbono atrapa calor cerca de la superficie del planeta que de otra manera irradiaría de vuelta al espacio, la civilización creció en un mundo cuyo termostato fue fijado por esa cantidad. Ello equivalía a una temperatura mundial media de 14° C, que a su vez se traducía en todos los lugares donde construimos nuestras ciudades, todas las plantas que aprendimos a cultivar y comer, todos los abastecimientos de agua de los cuales aprendimos a depender, incluso el paso de las estaciones que, a mayores latitudes, fijaron nuestros calendarios psicológicos.

Desde que comenzamos a quemar carbón, gas y petróleo para obtener energía, esa cifra de 280 se elevó gradualmente. Cuando empezamos a medirla, a fines del decenio de los cincuenta, ya había alcanzado el nivel de 315. Hoy se sitúa en 380, y aumenta casi dos partes por millón al año. No parece mucho, pero el calor adicional que ese CO<sub>2</sub> atrapa, un par de vatios por metro cuadrado de la superficie de la Tierra, basta para calentar el planeta considerablemente. Ya hemos elevado la temperatura más de medio grado centígrado. Es imposible predecir con exactitud las consecuencias de cualquier aumento ulterior de CO<sub>2</sub> en la atmósfera; sin embargo, el calentamiento que hemos observado hasta ahora ha causado que se derrita casi todo lo que está congelado en la Tierra, ha modificado las estaciones y el régimen de las precipitaciones, ha causado que los océanos suban.

No importa lo que hagamos ahora, el calentamiento aumentará: hay un tiempo de retraso antes de que el calor provoque todos sus efectos en la atmósfera. Es decir, no podemos detener el

calentamiento global. Nuestra tarea es menos estimulante: contener el daño, lograr que las cosas no se nos escapen de las manos, e incluso eso no es fácil. En primer lugar, hasta hace poco no contábamos con información clara que sugiriera el momento en que se avecinaría la catástrofe. Ahora tenemos una imagen más clara: en los últimos años se ha presentado una serie de informes que señala que sería prudente respetar la cifra de 450 partes por millón de CO<sub>2</sub> como límite. Los científicos consideran que, más allá de ese punto, es probable que en los próximos siglos nos enfrentemos al derretimiento de los mantos de hielo de Groenlandia y de la Antártida occidental, así como a un posterior aumento del nivel del mar en proporciones gigantescas. Por otro lado, 450 partes por millón sigue siendo el cálculo más aproximado (sin incluir el veneno de otros gases de efecto invernadero, como el metano y el óxido nitroso), el cual, sin embargo, servirá al mundo como una especie de límite. Un objetivo que se desplaza, y con rapidez. Si las concentraciones siguen aumentando en dos partes por millón al año, sólo nos quedan tres décadas y media.

Así, las cuentas no son complicadas, lo cual no significa que no intimiden. Hasta ahora, sólo europeos y japoneses han comenzado a reducir sus emisiones de carbono, y bien podrían no alcanzar incluso sus modestos objetivos.

Mientras tanto, las emisiones de carbono de Estados Unidos, un cuarto del total mundial, aumentan a un ritmo constante. De repente, China e India producen ahora también grandes cantidades de CO<sub>2</sub>. Sus poblaciones son tan grandes y su crecimiento económico tan acelerado, que la perspectiva de una disminución mundial de emisiones se vuelve bastante desalentadora. Actualmente los chinos construyen una central eléctrica alimentada por carbón más o menos cada semana. Eso es mucho carbono.

Los involucrados saben cuáles serían los esquemas generales de un acuerdo que evitaría la catástrofe: reducciones rápidas, sostenidas y drásticas de las emisiones por parte de los países tecnológicamente adelantados, aunadas a una transferencia de tecnología a gran escala a China, India y al resto del mundo en vías de desarrollo, a fin de que puedan suministrar energía a sus economías incipientes sin quemar su carbón. Todos conocen también las grandes interrogantes: ¿Son siquiera posibles esas disminuciones aceleradas?

La primera pregunta (¿Es acaso posible?) suele plantearse mediante la concentración en una sola tecnología (¡hidrógeno! ¡etanol!) e imaginar que esta resolverá nuestros problemas; sin embargo, la proporción del problema implica que necesitaremos muchas estrategias. Hace tres años un equipo hizo una de las mejores evaluaciones de las posibilidades. Stephen Pacala y Robert Socolow publicaron un artículo en Science en el que pormenorizaban 15 “medidas estabilizadoras”: cambios de dimensiones suficientes para ser realmente importantes y para los que la tecnología ya estaba disponible o se veía claramente en el horizonte. La mayoría de la gente ha oído de algunas de ellas: vehículos con bajo consumo de combustible, casas mejor edificadas, turbinas eólicas, biocombustibles, como el etanol. Otras son más novedosas e implican menos certeza: planes para construir plantas alimentadas con carbón capaces de separar el carbono de los gases emitidos a fin de “aislarlo” bajo tierra.

Estas estrategias tienen algo en común: resultan más difíciles que sólo quemar combustibles fósiles. Nos obligan a comprender que ya utilizamos nuestro combustible mágico y lo que sigue será más costoso y más difícil. El precio de la transición mundial estará en el orden de los billones de dólares. Desde luego, en el camino esto creará miles de empleos nuevos y, al final, será un sistema mucho más elegante. Además, puesto que desperdiciamos tanta energía

ahora, algunas de las primeras tareas serían relativamente fáciles de llevar a cabo. Si sustituyéramos toda bombilla incandescente que se funda en el próximo decenio en cualquier parte del mundo con una bombilla fluorescente compacta, sería un impresionante comienzo en el cumplimiento de una de las 15 medidas. Sin embargo, en el mismo decenio debemos construir 400 000 turbinas eólicas de gran tamaño: algo que es posible a todas luces, pero sólo con un compromiso real. Debemos seguir el ejemplo de Alemania y de Japón y otorgar grandes subsidios para paneles solares en las azoteas; debemos lograr que la mayoría de los agricultores del mundo aren menos sus campos, a fin de recuperar el carbono que han perdido sus suelos. Tendríamos que hacer todo al mismo tiempo.

La totalidad de las respuestas no son de carácter técnico, desde luego; quizá ni siquiera la mayoría. Muchas de las vías hacia la estabilización pasan directamente por nuestra vida cotidiana y, en todos los casos, exigirán cambios difíciles. Los viajes en avión constituyen una de las fuentes de crecimiento más acelerado de emisiones de carbono en todo el mundo, por ejemplo, pero incluso a muchos de quienes estamos dispuestos a cambiar las bombillas y que conduciríamos con gusto vehículos híbridos nos irrita la idea de no desplazarnos en avión por el planeta. En esta época, estamos acostumbrados a ordenar comida para llevar en cualquier esquina del mundo todas las noches de nuestras vidas (de acuerdo con un estudio, la porción media de alimento ha recorrido casi 2 500 kilómetros antes de llegar a la boca de un estadounidense, lo cual significa que ha sido marinada en petróleo crudo). Debemos idear cómo modificar esos hábitos.

Quizá esto sólo sucedería si los combustibles fósiles nos costaran notablemente más. Todos los planes para reducir las emisiones de carbono (los llamados sistemas de valores límite y el comercio de derechos de emisión, por ejemplo, que permitirían a las empresas presentar ofertas para obtener permisos de emisión) son formas de encarecer progresivamente el carbón, el gas y el petróleo y, por consiguiente, de cambiar el rumbo hacia el cual tiende la fuerza gravitacional económica cuando se aplica a la energía.

La manera más directa de elevar el precio sería gravar el carbono, pero no es fácil. Dado que todo el mundo necesita combustible, esto sería regresivo: tendríamos que ingeniárnoslas para no dañar a los pobres. ¿Qué oportunidad hay de afrontar la aún más difícil tarea de persuadir a los chinos, los indios y a los que vienen detrás para que renuncien a un futuro alimentado con carbón en favor de algo más manejable? Sabemos que es posible: a comienzos de este año, un grupo de expertos de las Naciones Unidas calculó que el costo total de la transición energética, una vez deducidos los haberes y los deberes, sería de apenas un poco más de 0.1 % de la economía mundial anualmente durante el siguiente cuarto de siglo. Un precio bajo a pagar.

A fin de cuentas, el calentamiento global presenta el mayor reto que hayamos afrontado los humanos. ¿Estamos listos para cambiar, de manera espectacular y prolongada, con el fin de ofrecer un futuro viable a las próximas generaciones y a distintas formas de vida? Si es así, novedosas técnicas y nuevos hábitos brindan alguna promesa, pero sólo si nos movemos con celeridad y decisión, además de una madurez que pocas veces hemos demostrado como sociedad o como especie. Así llegamos a nuestra mayoría de edad, y no hay certidumbre ni garantías; sólo una ventana de posibilidades que se cierra rápidamente, pero que aún está lo suficientemente abierta para dejar entrar algo de esperanza.

*Fuente: National Geographic. Bill McKibben*



**Teléfono (5912) 2799673**

**Fax: (5912) 211 7326**

**Calle 31 N° 8227, Edificio Lydia, Piso 2, Oficina 201**

**Calacoto**

**La Paz – Bolivia**

**Página web: [www.institutoprisma.org](http://www.institutoprisma.org)**

**Edición a cargo de Karina Zelaya**