



for a living planet®

VEHÍCULOS ELÉCTRICOS: EL FIN DEL DOMINIO DEL PETRÓLEO

Resumen ejecutivo, Marzo 2008

EL TRANSPORTE DEPENDE UN 95% DEL PETRÓLEO

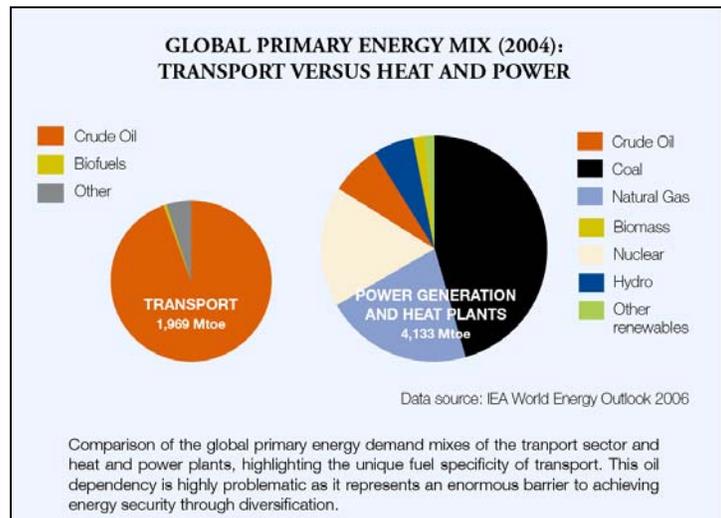
El sector del transporte, que ha posibilitado un siglo de desarrollo social y económico – favoreciendo el movimiento de personas, mercancías y servicios-, depende en un 95% de los combustibles líquidos derivados del petróleo. Ningún otro sector depende tan intensivamente de una única fuente de energía primaria.

Las circunstancias que han propiciado la evolución del sector han ido evolucionando en el tiempo. Hace un siglo el petróleo constituía un recurso abundante y barato, y la mayor parte de la sociedad permanecía ajena a las consecuencias negativas de su uso. En la actualidad, el cambio climático inducido por el hombre, el deterioro de la calidad del aire de las ciudades, la destrucción de los ecosistemas básicos para la

vida del planeta y las continuas pugnas políticas por unas reservas de petróleo cada vez más reducidas y más caras conforman el telón de fondo del sistema energético global.

Actualmente, cerca de la mitad de las extracciones de petróleo se destinan a la producción de carburantes líquidos para el transporte, una cantidad que no deja de aumentar. La automoción representa aproximadamente las tres cuartas partes de la demanda total de energía primaria dentro del sector, mientras que el resto se reparte a partes iguales entre la aviación y el transporte marítimo. No resulta exagerado afirmar que el petróleo y el sector del transporte están inextricablemente conectados entre sí.

Pero si queremos tener la oportunidad de revertir los impactos negativos que está ocasionando el sistema de transporte actual (y futuro), debemos tratar de poner fin a esa relación para **dar paso a un paradigma del modelo de movilidad en que el transporte sea más eficiente y compatible con un futuro energético renovable y sostenible.** El



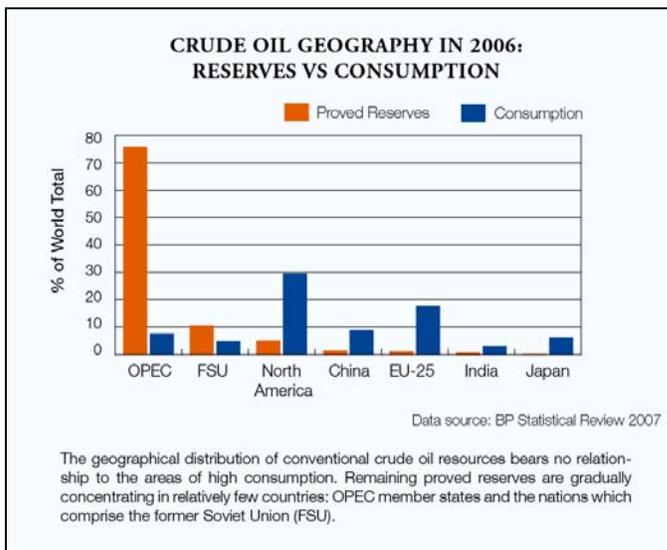
informe “Vehículos eléctricos: El fin del Dominio del Petróleo” aborda las soluciones que desde el punto de vista tecnológico pueden ayudar a romper esa unión.

Diversificación y seguridad energética

La seguridad energética es un tema que figura con frecuencia en el debate político, particularmente entre las economías más desarrolladas y poderosas del mundo. Durante el siglo XX y en los primeros años del presente milenio, el acceso a las reservas de petróleo ha sido una fuente incansante de conflictos militares y políticos.

Un elemento clave para garantizar la seguridad energética es diversificar las fuentes de suministro. Sin embargo, las reservas de petróleo existentes están concentradas en unos pocos países (más de las tres cuartas partes de las reservas actuales se concentran en once países de la OPEC), lo cual supone una importante barrera a la seguridad de suministro. Por otro lado, y exceptuando a Rusia, las mayores naciones consumidoras –EE.UU., UE, China, Japón e India- son grandes importadores netos. Esta circunstancia geográfica desata fuertes tensiones geopolíticas.

Por otro lado, las empresas petrolíferas internacionales también están viendo amenazada su prosperidad futura al no tener un acceso tan libre a estas reservas de crudo, concentradas en manos de unos pocos y en unos países donde en los últimos tiempos están resurgiendo fuertes nacionalismos.



Tanto las economías mundiales como las grandes empresas petrolíferas internacionales deben hacer frente a la crisis del petróleo que se avecina. Una crisis que se está reflejando en los elevados precios del crudo en los mercados internacionales –que alcanzaron el record de los 100 \$ por barril en 2007-, mientras que la disminución de las fuentes convencionales de suministro y los cuellos de botella que presenta la infraestructura actual se muestran incapaces de satisfacer la creciente demanda de los servicios del transporte.



WWF *for a living planet*®

Ante esta situación, los gobiernos y las empresas petrolíferas se están viendo forzadas a encontrar sustitutos al crudo, los denominados “**combustibles fósiles no convencionales**”. Sin embargo, muchos de estos sustitutos hacia los que gran parte de los gobiernos y empresas petrolíferas están concentrando su atención, tienen unos impactos ambientales mucho peores que los que presenta el consumo de crudo convencional (tal es el caso de la obtención de hidrocarburos líquidos a partir de carbón, gas natural o arenas bituminosas).

El desafío del cambio climático

El cambio climático es uno de los mayores desafíos a los que se enfrenta hoy el planeta. En 2005, la temperatura media global era 0,74 °C mayor que hacía un siglo. Los científicos atribuyen el aumento de la temperatura del planeta a las concentraciones excesivas de gases de efecto invernadero en la atmósfera (GEI), causadas por la dependencia económica mundial de los combustibles fósiles. Cada vez está más reconocido que el aumento medio de las temperaturas globales deben permanecer por debajo de los 2 °C en comparación con los niveles preindustriales. La elección de este límite se debe a los riesgos extremos que generaría sobre la población un aumento de más de 2 °C, en particular la combinación de amenazas tales como enfermedades, inundaciones costeras y escasez de agua y alimentos.

Con el fin de evitar los peores impactos del cambio climático, la economía mundial debe reducir lo más pronto posible las emisiones de dióxido de carbono (CO₂), el principal GEI, y encaminarse hacia la sostenibilidad. Dentro del sector eléctrico –la mayor fuente actual de emisiones de CO₂- existe una amplia gama de soluciones sostenibles, muchas de las cuales irán siendo cada vez más competitivas a medida que las políticas de cambio climático penalizan las emisiones.

Mientras tanto, el sector del transporte –responsable actualmente de la cuarta parte de las emisiones mundiales de GEI asociadas al consumo de energía- parece destinado a seguir aumentando sus emisiones, de continuar manteniendo la insostenibilidad del modelo de transporte actual y apostando por alternativas menos limpias y eficientes.

No todas las alternativas al petróleo son limpias y eficientes

La producción de hidrocarburos líquidos a partir de las arenas bituminosas, del carbón y del gas natural (estos dos últimos conocidos en inglés como coal-to-liquids (CTL) y gas-to-liquids (GTL)), son las tecnologías que están promocionando las empresas petrolíferas en respuesta a la crisis del petróleo. Su principal ventaja reside en su compatibilidad con los motores actuales y la infraestructura existente – aunque esta es también su principal



WWF *for a living planet*®

limitación, puesto que siguen manteniendo viva nuestra dependencia hacia los combustibles líquidos de origen fósil.

En una nueva "fiebre del oro", todas las grandes empresas petrolíferas están dirigiendo su atención hacia las arenas bituminosas de Alberta (Canadá), dado el clima de inversión altamente estable que ofrece el país. Sin embargo, la explotación de las arenas bituminosas es un proceso sumamente devastador para el medio ambiente local, además de ser muy intensivo en energía en las fases de extracción y procesado. **Las emisiones de GEI resultantes del proceso de las arenas bituminosas son hasta tres veces más altas que las producidas por el petróleo convencional.**

La tecnología GTL, por su parte, proporciona combustibles limpios en cuanto a contaminantes atmosféricos tales como el dióxido de azufre (SO₂), óxidos de nitrógeno (NO_x) y partículas. Pero la intensidad energética de todo el proceso representa un desperdicio injustificable de energía. Los combustibles GTL no son mejores que los obtenidos a partir del petróleo convencional si se atiende a su ciclo de vida. Además, también es probable que el gas natural se vea sometido a limitaciones en la oferta similares a las del petróleo. Hoy por hoy, la mejor forma de aprovechar el enorme potencial que ofrece el gas natural para reducir las emisiones es destinarlo a la producción de calor y electricidad, desplazando el uso del carbón y ayudando a nuestro sistema energético a reducir su intensidad de carbono.

Los programas CTL son fuertes indicadores del "estado de emergencia" en que nos encontramos inmersos. A lo largo de la Historia, los CTL sólo han prosperado en dos episodios señalados del siglo XX: en la Alemania nazi y en la Sudáfrica de la era del apartheid. Las naciones que tienen acceso limitado al petróleo y que disponen de grandes reservas nacionales de carbón, pueden ver en las tecnologías CTL una manera de reducir sus costosas importaciones del petróleo. Sin embargo, **el impacto del CO₂ durante el ciclo de vida de los CTLs es al menos el doble que el del petróleo convencional.** Además, el proceso es altamente intensivo en términos de consumo de agua. China, EE.UU., India, Australia y Sudáfrica son los países que están desarrollando actualmente programas CTL en todo el mundo.

El momento del cambio

Solucionar el problema de la movilidad implica necesariamente eliminar la necesidad de realizar viajes innecesarios con un sistema de planificación urbana más inteligente, introducir cambios en los comportamientos individuales, y sustituir el uso del vehículo privado por unos sistemas de transporte público eficientes y de calidad.

Por otro lado, la disminución del tamaño y el peso de los nuevos vehículos, la introducción de mejoras aerodinámicas y componentes auxiliares eficientes, la reducción



de los límites máximos de velocidad y de la resistencia a la rodadura de los neumáticos, o la hibridación simple, pueden ayudarnos a mejorar la eficiencia de los vehículos.

Sin embargo, ninguna de estas medidas nos ayuda a reducir la dependencia del transporte motorizado de los carburantes líquidos de origen fósil. Esto se debe a que los vehículos actuales siguen dependiendo de una tecnología (el motor de combustión interna acoplado a un sistema de tracción mecánica) obsoleta e ineficiente a la hora de transformar la energía química almacenada en el combustible en kilómetros.

Es necesario que se acelere la comercialización de vehículos que puedan alimentarse con distintas fuentes de energía primaria, y que sean altamente eficientes y compatibles con un futuro energético renovable y sostenible. La electrificación del sector del automóvil ofrece una prometedora vía de alcanzar este objetivo.

Los vehículos eléctricos son muy eficientes desde el punto de vista energético

La tecnología de los vehículos que se conectan a la red – esto es, vehículos que realizan la totalidad o parte de cada viaje alimentados con energía eléctrica tomada directamente de la red de distribución – se encuentra ya disponible comercialmente. Los vehículos eléctricos y los vehículos híbridos con conexión a la red (BEVs y PHEVs, respectivamente¹), que pueden complementarse con agrocombustibles sostenibles, pueden contribuir a reducir drásticamente la dependencia del petróleo en el sector de la automoción de una manera altamente eficiente y sostenible.

Por supuesto, los vehículos eléctricos también siguen necesitando energía, una energía que hoy procede principalmente de los combustibles fósiles. Sin embargo, los sistemas de tracción eléctrica son hasta cuatro veces más eficientes que sus homólogos convencionales mecánicos. Esto significa que los vehículos eléctricos consumen mucha menos energía primaria por kilómetro recorrido, de manera que **incluso con el mix energético actual dominado por los combustibles fósiles, los vehículos eléctricos pueden proporcionar una reducción absoluta de GEI.** Además, los vehículos eléctricos contribuyen a mejorar la calidad del aire y a reducir los niveles de ruido en el ámbito urbano.

Electricidad versus derivados del petróleo

Independientemente de que la energía originaria sea petróleo, gas natural, carbón o biomasa, los vehículos eléctricos emiten muchas menos emisiones de GEI por kilómetro

¹ Del inglés Battery Electric Vehicles (BEVs) y Plugg-in Hybrid Electric Vehicles (PHEVs).



WWF *for a living planet*®

recorrido que sus rivales mecánicos convencionales. A modo de ejemplo, a igualdad de emisiones de CO₂ en todo el ciclo de vida del combustible, una central eléctrica de carbón actualmente proporciona hasta tres veces más kilómetros recorridos que una central CTL. Por lo tanto, no existe ningún argumento racional que justifique la existencia de programas CTL sobre la base de motivos de seguridad climática o energética.

Los vehículos eléctricos serán cada vez más limpios

El sector eléctrico será cada vez menos intensivo en carbono a medida que las políticas de cambio climático sigan penalizando el CO₂ procedentes de grandes fuentes fijas de emisión. Las tecnologías basadas en energías renovables - eólica, solar térmica, solar fotovoltaica, geotérmica, hidroeléctrica, marina, mareomotriz – irán siendo cada vez más competitivas, y es de esperar que constituyan la mayor proporción de nuestro mix eléctrico dentro de unas décadas. Pero a partir de estas tecnologías no es posible obtener hidrocarburos líquidos tales como el diesel o la gasolina. Sólo los vehículos que sean capaces de alimentarse con electricidad de la red podrán beneficiarse de un sector eléctrico con menos CO₂.

¿Por qué los vehículos eléctricos son el transporte del futuro?

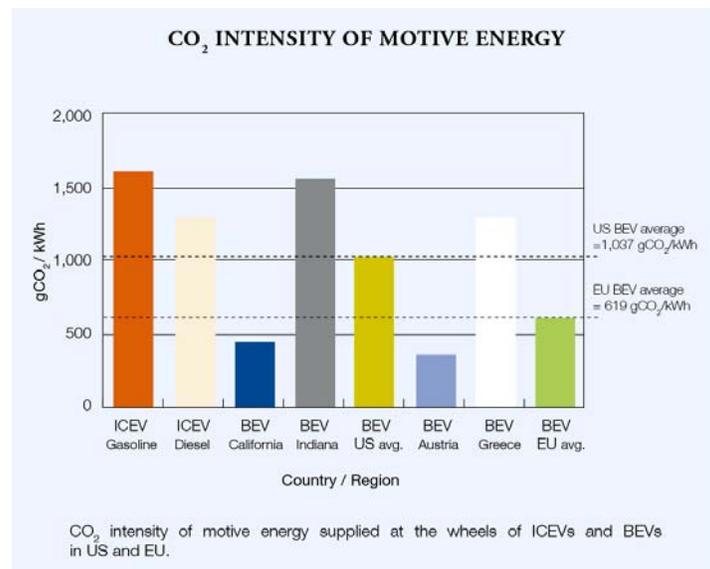
Los vehículos eléctricos no son algo nuevo. Ya en el año 1900, las ventas de vehículos eléctricos superaban a sus competidores de gasolina. Sin embargo, los criterios de decisión en aquellos días eran muy diferentes a los que hay hoy: el petróleo era barato y abundante, y los costes externos asociados a su uso eran en gran medida invisibles o prácticamente desconocidos por la sociedad. Así, el vehículo con motor de combustión interna pasó a ser la tecnología dominante, ya que era menos costoso y no tenía las limitaciones de los vehículos eléctricos (capacidad de almacenamiento y tiempos de recarga).

Hoy, sin embargo, las reservas de petróleo son escasas, se encuentran concentradas en unos pocos países del mundo, y los efectos del cambio climático ya están llamando a nuestra puerta. Los graves riesgos que plantea el problema del cambio climático exigen que descarbonicemos nuestra economía lo más rápido posible, por lo que no puede encontrarse una respuesta al problema en soluciones no convencionales que sean altamente intensivas en energía.

En los últimos años, el coste y el rendimiento de las baterías más avanzadas han mejorado espectacularmente. Los vehículos híbridos con conexión a la red (PHEVs) pueden superar las limitaciones actualmente percibidas que dificultan una mayor aceptación de los vehículos eléctricos por parte del mercado. Se trata de una tecnología

que ya está demostrada y disponible comercialmente, y que no necesita mucha más infraestructura de la que ya hay.

Los BEVs y PHEVs, complementados con agrocombustibles de origen sostenible, son compatibles con un futuro en el que todos nuestros servicios energéticos procedan de fuentes sostenibles de origen renovable. Y dado que los vehículos eléctricos son mucho más eficientes que los vehículos convencionales a la hora de transformar la energía almacenada en kilómetros, la demanda global de energía - y las emisiones de CO₂ - conseguirán verse reducidos, ayudándonos de este modo a combatir el cambio climático.



Las ventajas del hidrógeno son exageradas

Las compañías petrolíferas siguen promoviendo una visión de futuro del transporte en torno al hidrógeno y las pilas de combustible. No es difícil entender por qué: las compañías petrolíferas tienen una larga tradición en producir, distribuir y vender al por menor fluidos inflamables a través de una red de estaciones de carretera firmemente establecida. Sin embargo, con la información que tenemos disponible hoy día, sabemos que la vía del hidrógeno no tiene mucho sentido tanto por motivos energéticos como económicos.

Asumiendo que en el futuro todos nuestros servicios energéticos procederán de fuentes renovables sostenibles, la solución hidrógeno-pilas de combustible no parece ser la mejor opción puesto que en todo el proceso se producen pérdidas de eficiencia, ya que el para la obtención del hidrógeno es necesario un gran consumo de electricidad, y luego, al ser utilizado en la pila de combustible, se genera otra vez electricidad, con las consiguientes



WWF *for a living planet*®

pérdidas de energía. **Como vector de energía de origen renovable, la electricidad puede ser hasta tres veces más eficaz que el hidrógeno.** Es más, antes de que los vehículos con motor de hidrógeno puedan irrumpir en el mercado, será necesario desarrollar paralelamente toda una nueva y costosa red de infraestructuras para su transporte y distribución.

Políticas integradas a favor de las nuevas tecnologías

Por definición, cambios de este tipo exigen que se produzca una transformación radical en toda la situación actual. Y lo que no podemos hacer es seguir dependiendo, o incluso apoyando, soluciones que nos sigan manteniendo atados a la necesidad de utilizar hidrocarburos líquidos en el transporte. **Serán necesarias, por lo tanto, políticas más decididas que derriben las barreras del mercado a las tecnologías superiores, y que eliminen las subvenciones (ocultas y declaradas) que siguen perpetuando el actual paradigma de los combustibles líquidos.** Y también que estas políticas internalicen debidamente todas las externalidades y se asignen las responsabilidades correspondientes a cada uno de los agentes involucrados.

- **Los fabricantes tienen que mejorar la eficiencia de sus vehículos**

Al igual que ocurre con los electrodomésticos y otros equipos consumidores de energía, los fabricantes de vehículos deben asumir su responsabilidad y mejorar progresivamente la eficiencia de los productos que ponen en el mercado. Las medidas utilizadas tradicionalmente para cuantificar el consumo de los combustibles líquidos (litros) o de las propias emisiones de CO₂, presuponen que los vehículos deben consumir necesariamente hidrocarburos.

Para evitar que se sigan levantando obstáculos a la comercialización de tecnologías superiores, los estándares de eficiencia de los vehículos deberían venir expresados en unidades de energía consumida según la distancia recorrida [por ejemplo en kilovatios hora por kilómetro (kWh/km)], e irse haciendo cada vez más restrictivos en el tiempo.

- **Las empresas energéticas deben disminuir su contenido en carbono**

Los proveedores de energía, bien sea en forma líquida, gaseosa o de electricidad, deben actuar responsablemente para reducir su contenido en carbono (expresada por ejemplo como gCO₂/kWh). En el caso de los proveedores de combustibles líquidos y gaseosos, esto se puede lograr a través de la aparición de normas para combustibles con bajo contenido en carbono, que fomenten la penetración de agrocombustibles producidos de forma sostenible. Por su parte, los proveedores de electricidad ya disponen de una amplia gama de políticas y tecnologías de reducción del contenido

en carbono, entre los que se incluyen una gran variedad de recursos renovables o la sustitución del carbón por el gas natural.

- **Incentivar la adquisición de soluciones más limpias por parte de los consumidores**

Con los incentivos económicos, fiscales y financieros adecuados, los consumidores recibirán el estímulo necesario para seleccionar las opciones más limpias y eficientes del mercado. Además de mejorar la planificación de las ciudades y la calidad de los sistemas de transporte públicos, los gobiernos deben actuar con el ejemplo y fomentar una mayor demanda de vehículos conectados a la red, mediante programas de compras públicas y políticas fiscales. Otras medidas relevantes son, por ejemplo, la instalación de emplazamientos públicos para cargar las baterías de los vehículos, quitar el pago de peajes públicos o dar acceso a los carriles de circulación preferente a este tipo de vehículos menos perjudiciales para la salud humana y el medio ambiente.

Nuevas oportunidades de negocio

Dentro del sector privado surgirán empresas que hoy son desconocidas dentro del sector del automóvil. A medida que el sector se vaya alejando de su núcleo tradicional, irán apareciendo sobre el escenario nuevos e innovadores modelos de negocio que ofrecerán servicios integrados de movilidad. Las compañías eléctricas y los proveedores de energía de origen renovable identificarán de forma inmediata las oportunidades asociadas a la electrificación del transporte.

¿Dónde es prioritario apostar por la electrificación del parque móvil?

Desde el punto de vista geográfico, la electrificación del sector de la automoción tiene interés en todo país o región que (i) sea un importador neto de petróleo; (ii) desee utilizar sus propios recursos energéticos de la forma más eficiente posible; (iii) tenga un parque nacional de automóviles grande o en rápido crecimiento; (iv) tenga una industria del automóvil importante o en rápido crecimiento; (v) posea, o tenga la intención de invertir de forma generalizada en infraestructura eléctrica; y (vi) se haya comprometido a reducir sus emisiones de GEI. Entre los primeros candidatos de la lista se encuentran EE.UU., la Unión Europea, Japón, China y la India.



Impactos colaterales

A pesar de los evidentes beneficios que traerá consigo la electrificación del sector, también debemos ser conscientes de las posibles consecuencias no deseadas a las que puede dar lugar.

El consumo de electricidad aumentará necesariamente a medida que vaya disminuyendo la demanda de carburantes líquidos, por lo que deberán aplicarse las tecnologías adecuadas para mitigar las emisiones generadas en los puntos de producción. Y las estrategias que impulsan la sostenibilidad y la eficiencia del sector eléctrico tendrán necesariamente que ir de la mano con esta transformación del sector transporte. Por otro lado, la producción de sistemas de baterías avanzados requerirán una mayor extracción y consumo de energía y de materias primas, así como el desarrollo de una industria de reciclado de las baterías usadas y la ampliación de los programas de gestión de los residuos existentes.

Otro riesgo potencial es que estos vehículos más eficientes desde el punto de vista energético acaben finalmente siendo utilizados con mayor frecuencia y en mayor medida que sus predecesores (más ineficientes), dando como resultado un aumento neto del consumo de energía. En consecuencia, las administraciones regionales y locales deberán esforzarse por poner en marcha estrategias decididas que incorporen, entre otros, una planificación del territorio más inteligente.

CONCLUSIONES

Con 800 millones de vehículos en todo el mundo, una cifra que puede duplicarse en el año 2030, no podemos seguir haciendo caso omiso a la fuerte dependencia que tiene el transporte motorizado hacia los combustibles líquidos derivados del petróleo. Si no, nos veremos forzados a afrontar retos adicionales a los ya existentes: una mayor presión por parte de los gobiernos para realizar exploraciones petrolíferas en zonas de alto valor ecológico, la producción masiva de sustitutos del petróleo a partir de recursos fósiles no convencionales con mayor impacto ambiental (como las arenas bituminosas o el carbón), el aumento de los conflictos políticos y el abuso de los derechos humanos, y el rápido crecimiento de las emisiones de CO₂ emanadas por los tubos de escape de un parque de automóviles cada vez más numeroso.

Los vehículos eléctricos –que permiten realizar la totalidad o parte del cada viaje mediante energía eléctrica tomada directamente de la red de distribución- son una tecnología que ya existe y que tenemos disponible comercialmente. Los vehículos eléctricos (BEVs) y los vehículos híbridos con toma de conexión a la red (PHEVs), pueden reducir drásticamente la dependencia del petróleo dentro del sector de la automoción de un modo eficiente y sostenible. Esta mayor eficiencia se deriva del mejor



WWF *for a living planet*®

aprovechamiento de la energía en los vehículos con propulsión eléctrica que en los vehículos de tracción mecánica convencionales, independientemente de la fuente de energía primaria que se utilice para generar electricidad. No existe ningún argumento racional que justifique el despilfarro energético que se produce en los procesos altamente intensivos en carbono utilizados para obtener combustibles fósiles no convencionales a partir del carbón, el gas natural o de las arenas bituminosas.

Pero la electrificación del sector de la automoción, por sí solo, no va a conseguir un sistema de transporte más sostenible desde el punto de vista medioambiental y económico. Para ello, es necesario considerar paralelamente otras medidas que incidan de lleno sobre la demanda del transporte, como una planificación territorial más racional, el cambio modal de la carretera al ferrocarril para el tránsito de personas, o el mayor uso de las tecnologías de telecomunicaciones y del coche compartido, cuya contribución es absolutamente imprescindible y necesaria para lograr este cambio.

No obstante, es probable que el transporte por carretera siga desempeñando un papel fundamental en la prestación de los servicios básicos de movilidad que sustentan el desarrollo económico y social. En este sentido, la electrificación del parque automovilístico puede facilitar la necesaria transición hacia un paradigma del transporte, que sea al mismo tiempo altamente eficiente y compatible con un futuro energético renovable y sostenible.

GLOSARIO DE TÉRMINOS

GEI: Gases de Efecto Invernadero

BEV: Battery Electric Vehicle (Vehículo Eléctrico)

PHEV: Plug-in Hybrid Electric Vehicle (Vehículo híbrido con conexión a la red)

CTL: Coal-to-liquids (tecnología para obtener sustitutos del petróleo a partir del carbón)

GTL: Gas-to-liquids (tecnología para obtener sustitutos del petróleo a partir del gas natural)