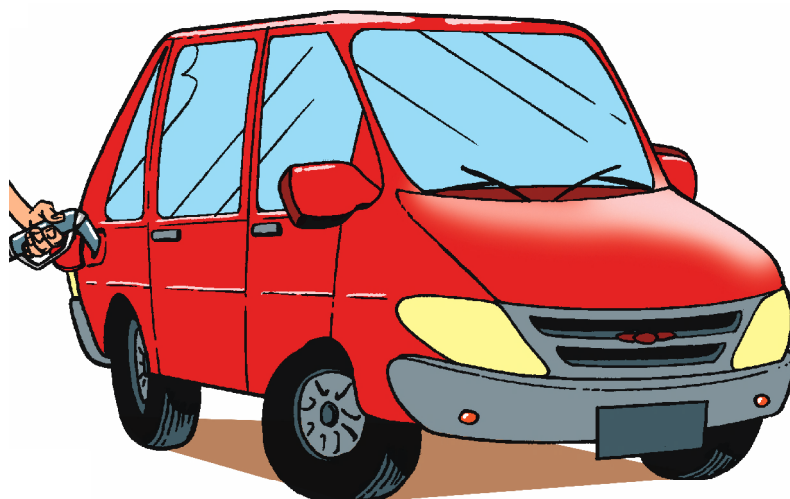


# GUIA DOCENT

## AUTOMÒBILS SENSE COMBUSTIBLES FÒSSILS? FONTS ALTERNATIVES D'ENERGIA PER A L'AUTOMOCIÓ

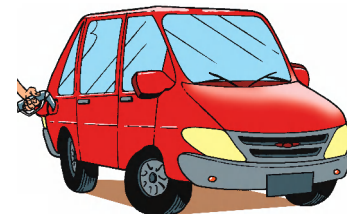


Amb el suport de:



Generalitat  
de Catalunya  
**Departament  
de Medi Ambient  
i Habitatge**





## INDEX

INTRODUCCIÓ .....	3
ELS BIOCABURANTS LÍQUIDS.....	6
ELS GASOS .....	14
L'ELECTRICITAT .....	21



### INTRODUCCIÓ

L'ús de l'energia és la base per al desenvolupament de la societat humana. Els elements que trobem al medi natural, a partir dels quals és possible obtenir energia s'anomenen, **fonts d'energia**.

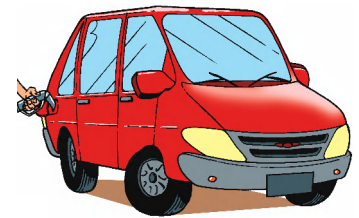
L'aprofitament i gestió de les diferents fonts d'energia ha estat un element clau per al progrés de múltiples activitats, com per exemple, el transport.

El transport a Catalunya representa el 38,7% del consum d'energia final (ICAEN. Balanç Energètic 2006). La major part d'aquesta energia prové dels combustibles fòssils com el petroli o el gas natural, productes finits i pròxims al seu pic d'explotació. L'ús de productes derivats dels combustibles fòssils provoquen l'emissió de gasos com el diòxid de carboni (CO<sub>2</sub>) o els òxids de nitrogen (NO<sub>x</sub>) així com altres partícules en suspensió a l'atmosfera que són altament perjudicials per a la salut i per la dinàmica del clima. Tenint en compte els inconvenients que suposa l'ús de derivats del petroli, es necessari plantejar altres sistemes alternatius per al transport.

La guia informativa ens ofereix el detall de fonts alternatives per un dels sistemes de transport: **l'automòbil**.

A la guia publicada (descarregable a [www.ecoserveis.net/biocarburants](http://www.ecoserveis.net/biocarburants)) es troben respostes a preguntes que sovint es formulen envers altres tipus de combustibles. Aquesta publicació és una eina molt útil per ser utilitzada en centres educatius però és important comptar també amb una guia dissenyada per donar suport al docent en les explicacions.

Així, aquesta guia ofereix un suport pedagògic que facilita la comprensió de les diferents explicacions teòriques de la guia informativa ampliant la informació dels diferents apartats, i remarcant aquells aspectes més rellevants. En aquesta guia també s'analitzen els continguts de la petita exposició sobre la temàtica també disponibles a [www.ecoserveis.net/biocarburants](http://www.ecoserveis.net/biocarburants),. Finalment es proposen un seguit d'exercicis permeten aprofundir en el temari i englobar la informació de la guia en diverses dinàmiques a la classe.



Recursos disponibles:

A) GUIA SOBRE FONTS d'ENERGIA ALTERNATIVES	B) EXPOSICIÓ EDUCATIVA (3 visuals)	C) RECURSOS PER PROFESSORS: GUIA DOCENTS + EXERCICIS

Tots aquests recursos estan disponibles a [www.ecoserveis.net/biocarburants](http://www.ecoserveis.net/biocarburants)

Nivell educatiu:

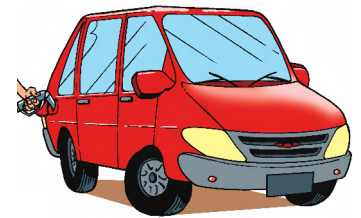
La guia per a docents està pensada per donar suport a les sessions dedicades a l'energia i el transport que es tracten a primer i segon cicle de la ESO.

Objectius generals: Justificació i finalitats educatives del temari

1. Entendre l' importància de l'ús d'energies renovables.
2. Conèixer les diferents fonts alternatives en l'àmbit de l'automoció
3. Diferenciar les múltiples fonts contrastant els avantatges i inconvenients
4. Comprendre la realitat actual, en constant canvi, de les diferents fonts energètiques
5. Interpretar l'evolució d'aquestes alternatives energètiques i conèixer les seves futures aplicacions
6. Adquirir i transmetre una actitud responsable vers les energies renovables

Objectius específics:

- a) Facilitar als alumnes la comprensió de les fonts energètiques
- b) Entendre l'ús real d'aquestes alternatives als automòbils

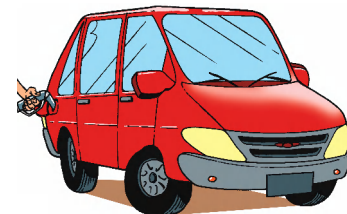


- c) Identificar i quantificar les diferents opcions de transport no contaminants
- d) Diferenciar i contrarestar les fonts renovables de les no renovables
- e) Establir hipòtesis sobre mobilitat, per observar i reconèixer quins mitjans són més adequats (en eficiència i impacte ambiental generat) per desplaçar-se.
- f) Interpretar l'evolució d'aquestes alternatives per comprendre la realitat actual.
- g) Adquirir una actitud responsable entenent que en som part implicada

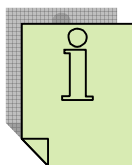
### Programació

La taula següent és una proposta de planificació per treballar aquests recursos educatius. Cada professor haurà d'ajustar-la en funció del temps i el nivell educatiu.

Hora	Tasques a realitzar
1	Reflexió sobre la mobilitat. Part teòrica biocarburants líquids
2	Visual sobre biocarburants líquids i exercicis
3	Part teòrica sobre gasos. Visual gasos
4	Exercicis gasos.
5	Part teòrica electricitat. Visuals electricitat
6	Exercicis electricitat
7	Conclusions



### ELS BIOCABURANTS LÍQUIDS



Els biocarburants són biocombustibles amb finalitat d'ús per al transport. Els biocombustibles són alcohols, èters, esters i altres productes químics que provenen de compostos orgànics de base cel·lulòsica (biomassa), matèria orgànica fruit d'un procés biològic que pot ser utilitzada com a font d'energia, a través dels cultius, residus municipals, fusta dels boscos, així com també dels excrements d'animals. Aquest tipus de combustible és una alternativa als carburants derivats dels combustibles fòssils.

El mot biocarburants agrupa diferents tipologies de biocombustibles segons l'origen en: gasós (ex. gas metà), sòlid (llenya o carbó) i líquid.

Els biocarburants líquids es poden dividir en dos grups bàsics: d'una banda, trobem els bioalcohols, que provenen de la fermentació alcohòlica de cultius vegetals rics en midó i, de l'altra, els olis, derivats de diversos tipus d'espècies oleaginoses així com també de la transformació dels olis vegetals fregits. Dins dels dos grups citats, a la guia informativa trobem explicats: el biodièsel, el bioetanol i l'oli vegetal cru.

- **BIODIÈSEL**

És un producte obtingut a partir d'olis vegetals. L'oli vegetal és un compost orgànic que s'obté principalment de les llavors de les plantes. Les plantes que més s'utilitzen per fer biodièsel són: la colza, el gira-sol o el cànem tot i que hi ha més de 300 espècies vegetals les quals també serveixen com a matèria orgànica per a la producció. Cal remarcar que darrerament l'opció d'utilitzar olis usats (oli vegetal de cuina fregit) ha pres força davant la necessitat de reciclar els olis usats de la cuina, especialment procedents de bars, restaurants i rostisseries.

El procés per obtenir el biodièsel, es basa primerament en obtenir els olis vegetals continguts a les llavors oleaginoses, a través de processos de compressió i piròlisi (extracció química). Amb aquest primer procés, obtenim l'oli brut sense refinar que tot i que pot ser utilitzat directament com a combustible, requereix una profunda transformació dels motors o la utilització de motors específicament dissenyats per propulsar-se amb aquest combustible.

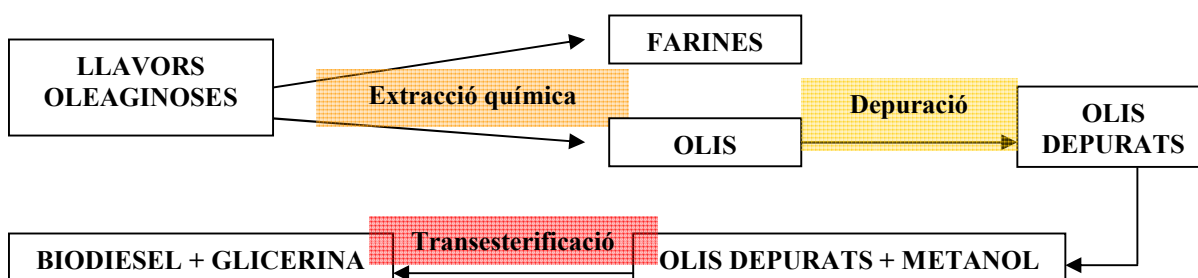
És per això que després de la depuració dels olis, el procés continua amb una etapa anomenada transesterificació. Aquesta reacció substitueix l'alcohol de l'oli vegetal



(glicerol) per un altre més simple (metanol o etanol). D'aquest procés, i després d'una transformació química important, s'obtenen èsters greixosos (l'èster etílic o l'èster metílic). Per tal que la reacció es produeixi, cal separar prèviament el glicerol o primer subproducte, i posteriorment unir els àcids greixosos a l'altre alcohol (metanol o etanol). Finalment, s'obté el biodièsel, un dièster que té les mateixes propietats fisicoquímiques que el gasoil, raó per la qual el pot substituir en totes les seves aplicacions.

Aquest procés no requereix gaire energia i no genera subproductes nocius, sinó que permet obtenir a banda del biodièsel, un subproducte amb valor econòmic: la glicerina, producte de consum en diversos sectors industrials com el cosmètic i farmacèutic)

### PROCÉS D'OBTENCIÓ DE BIODIÈSEL:



Es considera biodièsel tant la mescla del producte obtingut amb gasoil, com al producte en estat pur sense gasoil. En funció de la proporció de mescla gasoil-biodièsel es parla de: **B5**, **B15**, **B30**, **B50** i **B100**, on la numeració indica el percentatge de mescla per volum de biodièsel.

A la següent fotografia, pot mostrar als alumnes una petita planta de disseny modular amb el procés CTER (*Continous Trans Esterification Reactor*) on es pot convertir entre 5.000 i 100.000 tones any d'oli usat, greix, etc, en biodièsel.

### VOLS SABER-NE MÉS?

Aquest apartat present a la guia, ens aporta informació addicional, i en alguns casos ens respon a les preguntes elaborades als pòsters.

## **Producció**

A la Unió Europea es destinen més 1,4 milions d'hectàrees de cultiu a la producció de biodièsel<sup>1</sup>. Espanya és un dels països de la Unió Europea amb un consum més gran d'olis vegetals. A Espanya, la producció de biodièsel va ser de 148.777 tn l'any 2007<sup>2</sup>. L'any 2001 es va posar en funcionament a Reus una planta de tractament d'olis vegetals usats. La construcció d'aquesta planta de tractament permet fer front al problema ocasionat per aquests residus que són vessats sense cap tipus de control al medi. Alhora, els olis fregits són una matèria primera idònia per a la producció de biodièsel, perquè permeten obtenir un combustible ecològic i renovable amb menys temps i elimina el problema de la contaminació de l'aigua i dels sòls amb olis usats. La producció de biodièsel d'aquesta planta és d'unes 50.000 Tm/any, que es distribueixen en empreses municipals de transport i s'empra en autobusos i vehicles oficials. A més de biodièsel, la planta de Reus també genera unes 3.200 tones de glicerina a l'any.

## **Subministrament**

El gasoil-A per automoció pot ser mesclat fins a un 5% amb biodièsel sense obligació de ser comunicat als clients finals. El tipus de biodièsel més freqüent a les benzineres és el B5 tot i que cada cop més, trobem punts de subministrament amb B15 i B30. A Barcelona també existeixen dos punts amb B100.

## **Ús**

El biodièsel pot ser utilitzat en tot tipus d'automòbils que funcionin amb gasoil i en general, no és necessari realitzar cap mena de modificació al motor. El seu rendiment i consum és pràcticament el mateix que amb gasoil convencional.

## **Situació al mercat**

Es considera que qualsevol automòbil amb **motor dièsel** pot funcionar amb biodièsel B5 i hi ha fabricants que garanteixen poder funcionar amb B15, B30 i B100.

## **Impacte ambiental**

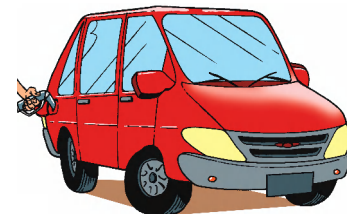
És un producte que s'obté a partir de la biomassa i, per tant es considera que les emissions de CO<sub>2</sub> en la seva crema són les que la planta ha absorbit al llarg del seu creixement; llavors només s'haurien de comptabilitzar les emissions derivades de la

---

<sup>1</sup> SUGRE Project, 2006 [www.sugre.info](http://www.sugre.info)

<sup>2</sup> APPA Informe de APPA Biocarburantes sobre situación y perspectivas





maquinària utilitzada durant el cultiu. A més la combustió de biodièsel no suposa emissions d'òxids de sofre, per això el seu impacte serà considerablement menor que el que suposen els combustibles fòssils.

- **BIOETANOL**

Els alcohols d'origen orgànic estan integrats per dos tipus fonamentals, l'etanol i el metanol. Actualment però, les expectatives d'ús de l'etanol com a biocombustible són millors i per això ens centrarem en aquest alcohol.

És un alcohol que s'obté a partir de la fermentació de plantes riques en sucres. La matèria primera doncs són els cultius vegetals rics en midó, cel·lulosa o sacarosa, i les plantes més habituals són la canya de sucre i la remolatxa, el blat, el blat de moro o les patates.

Aquestes plantes es transformen en sucres i seguidament l'elaboració del bioetanol és fa a partir de la fermentació alcohòlica. Posteriorment es destil·la per eliminar les impureses de la fermentació, i es realitza un assecat (deshidratació) per eliminar l'aigua i obtenir el bioetanol com a producte final.

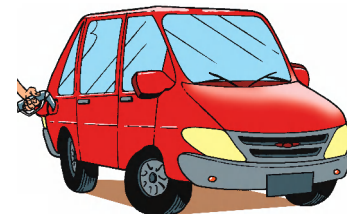
El bioetanol comparteix unes propietats fisicoquímiques molt semblats a la gasolina, raó per la qual la pot substituir de manera parcial i/o total en els motors de combustió interna. En funció de la proporció d'etanol en mescla obtenim: **e5**, **e10**, **e85** o **e100**, on la numeració indica el percentatge de mescla per volum de bioetanol.

Aquestes barreges comporten una millora de la combustió i una reducció de les emissions a l'atmosfera, ja que l'addició d'etanol a la benzina comporta un augment de l'octanatge en la barreja gràcies a l'alt contingut en oxigen de l'alcohol. Un grau més alt d'octanatge a la gasolina, dóna més rendiment als motors.

### **VOLS SABER-NE MÉS?**

#### **Producció**

Espanya és el país capdavanter en producció d'etanol de la UE. La major part de la producció però es destina a l'exportació i a la producció d' ETBE (veure "ús"), additiu utilitzat en altres combustibles. Brasil i USA són els principals consumidors i



productors d'aquest tipus de combustible. Brasil utilitza la canya de sucre per a la producció de bioetanol i USA utilitza el blat de moro. A l'estat espanyol l'ús d'aquest combustible és escàs degut a la manca d'obligatorietat legislativa.

### **Subministrament**

A Espanya existeixen pocs punts subministrament de bioetanol d'accés públic, la majoria concentrats al País Basc. Altres subministraments de mescla e85 es troben a llocs com Madrid o Cartagena, però no són de venda al públic.

### **Ús**

Aquest tipus de combustible pot ser utilitzat directament en **motors de gasolina sense cap tipus de modificació al motor**, sempre i quan siguin mescles fins a e10 (10% bioetanol). Per a mescles superiors i, fins a e85, s'ha de realitzar una modificació al motor o adquirir un automòbil ja adaptat, ja que les modificacions en la relació de compressió i la relació aire/combustible milloren la potència i fan disminuir el consum respecte a la benzina.

A mesura que augmenta la proporció d'alcohol a la mescla s'allibera menys quantitat de contaminants a l'atmosfera, especialment de monòxid de carboni (CO). Per això, en molts estats dels EUA s'està impulsant l'ús de petites quantitats (un 5 % en forma d'additiu) de bioetanol a les benzines, amb la finalitat de fomentar l'ús de recursos renovables no contaminants.

Una forma molt particular d'utilització d'aquests combustibles és en forma d'esters: l' ETBE (Etil Terciari Butil Èter) s'utilitza com a substitut del MTBE (Metil Terciari Butil Èter), additiu oxigenant d'origen fòssil que s'ha utilitzat durant molt de temps en les benzines. Una addició de fins al 10 % d' ETBE en les benzines és la millor forma d'utilitzar actualment el bioetanol, segons els experts.

### **Impacte ambiental**

El seu impacte és semblant al del biodièsel, però l'obtenció de bioetanol a partir de la canya de sucre requereix de menys fertilitzants. També s'haurà de valorar l'origen de la matèria primera ja que no és el mateix l'impacta que genera el bioetanol de canya de sucre de Brasil, que el del blat de moro d' EEUU o que el produït a la UE.



- **OLI VEGETAL CRU**

L'oli vegetal cru (brut o sense depurar) és un producte que s'obté de les llavors de plantes oleaginoses com la colza o el gira-sol. El procés per obtenir-lo es basa en la premsa de les llavors oleaginoses de colza, gira-sol o soja per obtenir d'una banda l'oli vegetal pur que serà utilitzat com a carburant i de l'altre, el tortó que pot ser utilitzat per alimentació animal.

Una de les aportacions tecnològiques més sorprenents d'aquests darrers anys pel que fa al disseny de motors és la possibilitat de fer-los funcionar directament amb olis vegetals en estat natural (en brut). En altres paraules, que en lloc d'anar a la gasolinera a fer benzina, un combustible fòssil es pugui emprar oli d'un supermercat. Aquest és el cas de la transformació del motor dièsel dissenyat per l'empresa alemana Elsbett Konstruktion fundada el 1964 a Hilpolstien.

Es tracta d'un motor adiabàtic, és a dir, que intercanvia molt poc calor amb el medi i evita entre el 25 i el 50 % de les pèrdues d'energia a través del sistema de refrigeració. No disposa del convencional sistema de refredament i això li permet treballar a una temperatura més alta i, per tant, amb un rendiment termodinàmic més gran. D'altra banda, té la característica de cremar la totalitat del combustible i per això és pot considerar un motor pràcticament net. A més, el fet de cremar oli vegetal no allibera diòxid de sofre.

És un motor preparat per a la combustió d'oli vegetal cru, sense refinar i sense esterificar, que no carbonitza ni deixa substàncies residuals, que té una eficiència tèrmica superior al 40 % (recordem que un motor de gasolina convencional o diesel no supera el 30 %). Això vol dir que aquest rendiment més gran li permet proporcionar més energia mecànica útil.

### **VOLS SABER-NE MÉS?**

#### **Producció i subministrament:**

Actualment no es produeix comercialment com a carburant. Tot i així és una opció interessant per a zones agrícoles. 1 Ha de cultiu es pot obtenir aproximadament 1.000 l d'oli cru.

## Ús

Rudolph Diesel va inventar el motor dièsel per a poder funcionar amb oli vegetal, concretament de cacahuet. Per tant, l'oli vegetal cru pot ser utilitzat en automòbils amb **motor dièsel**, tot i que s'han de fer unes petites modificacions que permetin reduir la viscositat de l'oli fins als nivells del dièsel, amb l'objectiu d'assolir prestacions semblants a les del gasoil.

El motor Elsbett no és l'únic dels motors coneguts com a policarburants i semiadiabàtics. Tanmateix, sí que és l'únic sistema que es pot aplicar en qualsevol motor dièsel amb una mínima intervenció i per un cost raonable d'uns 2.500 a 3.200 euros. La intervenció consisteix, bàsicament, a anul·lar la cambra d'aigua del bloc, canviar la tapa dels cilindres i els pistons i afegir un petit radiador per a l'oli refrigerant.

Els elements mecànics doncs que el distingeixen d'un motor dièsel convencional són:

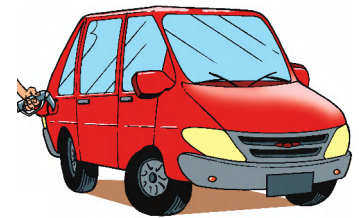
- Un pistó articulat amb la part superior aïllada tèrmicament i acústicament situat dins d'una cambra de combustió de forma esferoïdal.
- Un o dos injectors per cilindre, d'un sol forat i autonetejants, que injecten l'oli vegetal a la cambra de combustió tangencialment i això permet una perfecta nebulització, és a dir, que la barreja aire combustible és molt fina i això evita que es facin dipòsits carbonosos.
- La tapa dels cilindres disposa d'una petita cambra anular per la qual circula l'oli lubricant que s'empra com a refrigerant. Atès que el sistema de refrigeració no és amb aigua, la tapa del cilindre no porta junta. Un petit radiador d'oli permet tancar el circuit de l'oli lubricant - refrigerant.

## Situació al mercat

Segons la Directiva 2003/30/CE del Parlament Europeu l'oli vegetal pur és un biocarburant que pot ser utilitzat directament en els motors modificats. La legislació espanyola encara no ho contempla.

## Impacte ambiental

És un producte que s'obté a partir de la biomassa i, per tant, es considera que les emissions de CO<sub>2</sub> en la seva crema són les que la planta ha absorbit al llarg del seu creixement; llavors només s'haurien de comptabilitzar les emissions derivades de la maquinària utilitzada durant el cultiu.



### 1. PÒSTER BIOCARBURANTS LÍQUIDS

Després d' introduir la part teòrica, el pòster ens servirà per sintetitzar l' explicació i finalitzar amb una dinàmica de treball a la classe:

- 1) Organitzar els alumnes en tres grups.
- 2) Cada grup haurà de treballar entorn a una de les preguntes (que el professor els adjudicarà) tot repassant la teoria prèviament.

**Preguntes i respostes del pòster:**

#### **Podrien suplir els biocarburants tots els combustibles fòssils?**

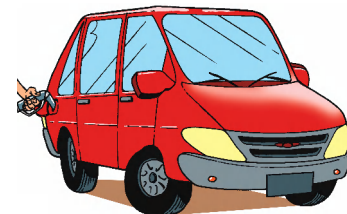
NO. Actualment el mercat no podria suplir tota la demanda de combustibles amb biocarburants. Per tal que aquests siguin competitius al mercat, cal prendre consciència, invertir en l'ús d'aquestes fonts alternatives per part dels governs i comptar amb la referència del combustible al qual volen substituir.

#### **Quins impactes podrien tenir els biocarburants?**

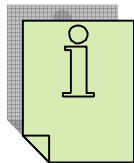
L'origen de la matèria primera per als biocarburants es troba en els cultius de plantes de les que es pot extraure oli amb aquesta finalitat. Hi ha països on aquest cultius es realitzen de forma local o per a ús individual. Però hi ha altres llocs on aquests cultius són realitzat de forma extensiva i amb finalitat d'exportar a arreu del món, el que comporta un impacte ambiental a diferents nivells. Una de la problemàtica més rellevant és que l'encariment de preus de certs productes alimentessis s'atribueix a la pràctica extensiva dels cultius.

#### **Com resulta el balanç d'emissions de gasos d'efecte hivernacle en els biocarburants?**

A les pàgines centrals de la guia trobem una taula resum amb tot el detall dels avantatges i inconvenients de les diferents fonts d'energia en les quals hi ha emissió de gasos contaminants.



### ELS GASOS



Els automòbils també poden ser propulsats amb gas mitjançant un procés de combustió que produeixi energia tèrmica.

Hi ha diferents gasos, però actualment els més emprats i que destacarem per la seva importància en l'àmbit de l'automoció són: el gas metà ( $\text{CH}_4$ ), el qual s'origina a partir de la descomposició de la matèria orgànica (putrefacció anaeròbica de les plantes). Si s'obté del procés natural de digestió anaeròbia de la matèria orgànica, s'anomena biogàs. Si es troba en els jaciments fòssils, el trobem en forma de gas natural.

A la guia també analitzem l'hidrogen, un gas molt escàs a la Terra. Pot formar compostos amb molts elements i està present en la composició de l'aigua i en els compostos orgànics.

#### □ BIOGÀS

El biogàs és un producte que prové de la descomposició anaeròbia (absència d'aire) de la matèria orgànica de residus municipals, restes de vegetació i cultius i dels excrements dels animals, que són introduïts en un digestor, en absència d'aire, on els microorganismes transformen part de la matèria orgànica en gas. D'aquest procés s'obté una barreja principalment de metà ( $\text{CH}_4$ ) i diòxid de carboni ( $\text{CO}_2$ ), i proporcions menors d'altres gasos com l'àcid sulfúric ( $\text{H}_2\text{S}$ ), hidrogen ( $\text{H}_2$ ), amoníac ( $\text{NH}_3$ ), nitrogen ( $\text{N}_2$ ), monòxid de carboni ( $\text{CO}$ ), i oxigen ( $\text{O}_2$ ). Aquesta barreja degudament purificada es converteix en un biocombustible gasós en forma de metà, el qual pel fet d'obtenir-se de la biomassa, és considerat una alternativa renovable i favorable pel que fa les emissions de gasos d'efecte hivernacle.

En concret el procés es resumeix en 4 etapes:

- Hidròlisi: Es destrueixen els polímers generant cadenes hidrocarbonatades més curtes i àcids grassos.
- Cetogènesi: Es generen acetats, hidrogen i diòxid de carboni.
- Metagènesi: L'àcid acètic i l'absorció d'hidrogen produeixen el metà.
- Tractament posterior: S'eliminen components superflus per tal d'utilitzar-lo com a combustible, augmentant a més la concentració de metà (96% o més).

## **VOLS SABER-NE MÉS?**

### **Producció**

Espanya és el quart productor de biogàs a Europa4 amb un 6,25 % del total de producció de la Unió Europea, però generalment és utilitzat per a generar electricitat.

### **Subministrament i situació al mercat**

A Espanya hi ha molt pocs punts de subministrament de biogàs per a vehicles d'ús privat. Però a Europa hi ha països com Alemanya i Itàlia, on s'ha potenciat l'ús d'aquest tipus de combustible per a vehicle privat i on disposen de diversos punts de subministrament. A Catalunya per exemple hi ha una planta pilot a Vacarisses que produeix biogàs destinat a automòbils que utilitzen els de la pròpia empresa.

### **Ús**

El biogàs es pot utilitzar en motors d'explosió (cicle Otto), amb doble carburació (gasolina quatre temps) o diesel mesclat amb gasoil.

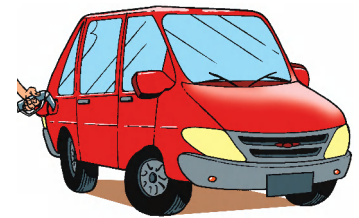
### **Impacte ambiental**

Es considera que l'ús de biogàs suposa una reducció del 95% de les emissions de CO<sub>2</sub> i del 80 % d'òxids de nitrogen, si ho comparem amb l'ús de gasoil com a combustible. El metà, CH<sub>4</sub>, és una gas d'efecte hivernacle 21 cops més potent que el CO<sub>2</sub>. Incentivar el seu ús com a combustible suposa transformar el metà produït per la descomposició de matèria orgànica en CO<sub>2</sub>, al ser cremat en la seva combustió. A més el biogàs no requereix de camps de cultiu.

### **□ GAS NATURAL**

El gas natural és una font d'energia, no renovable, format per diferents gasos, majoritàriament metà (CH<sub>4</sub>), i en petites proporcions conté nitrogen, diòxid de carboni, età, propà o butà. Aquest gas principalment el trobem en jaciments fòssils, i depenent del jaciment la composició dels gasos menors anteriorment esmentats varia, tot i que posteriorment gasos com el nitrogen o el diòxid de carboni s'extreuen ja que no tenen capacitat energètica o dificulten la combustió del gas natural.

El gas natural s'extreu dels jaciments, és processat per extreure les impureses (sorra, aigua, gasos prescindibles,...) i es transporta als punts de consum en forma gasosa o líquida. En forma gasosa es transporta a través dels gasoductes. En forma líquida es redueix prèviament el volum del gas a través d'un procés de refredament en varies



etapes fins a obtenir gas natural líquat (GNL), el qual es transporta i es pot utilitzar directament en automoció (en vehicles adequats per admetre GNL).

Per al seu ús en automòbils el gas natural també és sotmès a d'altres processos d'emmagatzematge a altes pressions, donant lloc al que s'anomena Gas Natural Vehicular (GNV) o Gas Natural Comprimat (GNC).

### VOLS SABER-NE MÉS?

#### **Producció**

Espanya importa pràcticament la totalitat del gas natural que consumeix, 99%.

#### **Subministrament**

Els punts de subministrament són molt escassos, tot i que, per exemple a Abrera hi ha una estació de servei que subministra gas natural per a ús privat.

#### **Ús**

El gas natural pot ser utilitzat en motors d'explosió, tot i que requereixen algunes modificacions. Hi ha països a Europa on s'està potenciant l'ús del gas natural però a Espanya el seu ús només es limita majoritàriament al transport públic i camions de recollida d'escombraries dels espais urbans.

#### **Impacte ambiental**

L'ús del gas natural com a combustible dóna lloc a un 25% menys d'emissions de CO<sub>2</sub> que els derivats del petroli, redueix les de CO en un 25% i les d'òxids de nitrogen en més d'un 85 %. A més no emet diòxid de sofre ni partícules sòlides en suspensió.

#### □ GLP

El gas líquat del petroli (GLP) és una mescla de gasos presents en els jaciments de gas natural i de petroli que poden ser separats amb facilitat.

Aquest gasos són el propà i el butà i presenten unes característiques de pressió i temperatura ambientals que faciliten la seva extracció i/o separació, ja que són fàcils de condensar (d'aquí el seu nom, líquat) reduint la temperatura (amb valors de -40 °C).



## **VOLS SABER-NE MÉS?**

### **Subministrament i situació al mercat**

Durant els anys 70, el GLP va ser un tipus de combustible molt utilitzat a l'estat espanyol, principalment pels taxis. Però el potencial del gasoil va fer que l'ús de GLP fos més marginat, fins i tot amb la prohibició de ser utilitzat per a vehicle privat. A la dècada dels vuitanta és va introduir el GLP com a carburant per a vehicles pesats, transformant motors dièsel d'autobusos urbans per a la seva utilització amb GLP. Actualment ja no hi ha cap restricció d'ús de GLP a qualsevol vehicle i a Espanya existeixen més de 30 punts de subministrament i amb perspectives d'augment. A més a nivell d'ús per automòbil públic hi ha empreses que disposen d'instal·lació, emmagatzematge i subministrament propi.

### **Ús**

El GLP pot ser utilitzat en motors de gasolina, essent molt favorable per a la durabilitat del motor. El motor requereix d'alguna modificació, podent utilitzar ambdós tipus de combustible.

Cal remarcar que la tecnologia que necessiten els vehicles per poder utilitzar GLP com a carburant és diferent si es tracta de vehicles lleugers (turismes) o vehicles pesats (autobusos i camions). El GLP ofereix avantatges tècnics com:

- Una major durada del motor degut a un menor desgast d'aquest.
- Uns períodes de canvis d'oli més llargs per l'absència de dipòsits carbonosos que embrutin l'oli lubricant.
- Més potència per al motor de càrrega parcial (engegades i parades dels vehicles).

### **Impacte ambiental**

L'ús de GLP suposa menys emissions de CO<sub>2</sub>, òxids de nitrogen i partícules en suspensió, que la crema de benzines i gasoils. Cal remarcar que a causa de la seva ràpida vaporització a baixes temperatures, emet menys emissions durant les arrencades dels vehicles, essent el moment en el qual s'emeten grans proporcions de contaminants. A més, els nivells de soroll es veuen substancialment reduïts, no conté ni sofre ni plom, redueix les olors i les vibracions del motor.

## □ HIDROGEN

L' hidrogen és un gas és un gas incolor, inodor i no tòxic força escàs a la Terra (en forma lliure). És el gas més lleuger que coneixem, pot formar compostos amb la majoria dels elements i està present en l'aigua, en la major part dels compostos orgànics (restes de plantes i animals) i en hidrocarburs com el metà.

Una de les seves característiques radica en que no es considera una font d'energia primària, sinó un vector o portador energètic, i cal energia per obtenir-lo a través d'altres fonts primàries, les quals ens permetran separar-lo del compost que el contingui. L'opció més idònia és utilitzar energia provinent de fonts renovables (fotovoltaica, eòlica, hidràulica o geotèrmica), ja que així no hi ha emissions de diòxid de carboni, a diferència de l'obtenció a través de combustibles fòssils.

L' hidrogen es pot utilitzar com a combustible alternatiu en els automòbils. Aquests presenten dos tipus de tecnologia: motors de combustió o pila de combustible

### **Motors de combustió**

L' hidrogen és cremat en un motor d'explosió, de la mateixa manera que quan s'utilitza benzina.

### **Pila de combustible**

El seu funcionament és semblant al d'una bateria. L' hidrogen es convertit en electricitat, a partir de la pila de combustible, per a moure els motors elèctrics. A diferència dels motors de combustió interna en els quals segons la seva tipologia hem d'escollir un combustible o un altre, en les piles de combustible és sempre el mateix i el rendiment i les característiques vénen determinades per l'electròlit emprat. Així, les diferents tipologies de piles de combustible descriuen l'electròlit del qual estan fetes. Així, hi ha piles de combustible d'àcid fosfòric (PAFC), de carbonat fos (MCFC), d'òxid sòlid (SOFC) i d'electròlit de polímer de membrana (PEM)

En ambdós sistemes les seves emissions són gairebé nul·les, però quan reacciona amb l'oxigen de l'aire dona vapor d'aigua i baixes emissions de NOx.

Actualment s'estan portant a terme diverses línies d'investigació dins la indústria automobilística, amb la fabricació de diversos prototips, com que el propi cotxe generi l' hidrogen.

## **VOLS SABER-NE MÉS?**

### **Subministrament i situació al mercat**

L'interès de l'hidrogen com a combustible va començar a prendre força amb la crisi del petroli del 1973. La major part de l'hidrogen s'obté de la reformació del gas natural amb vapor, però tot i ser barat deixa com a subproducte diòxid de carboni. Altres alternatives com utilitzar l'energia solar resulten més ecològiques, però poc desenvolupades. La primera planta d'hidrogen solar es va inaugurar el 26 de setembre de 1995 a "El Segundo" (Califòrnia, EUA).

Cal remarcar que per tal que hi hagi un desenvolupament de l'economia de l'hidrogen és bàsic la disponibilitat d'infraestructures per a l'emmagatzematge, transport i distribució. L'hidrogen es pot emmagatzemar en estat líquid i gasós i també inclòs en determinats metalls en la forma química d'hidrur.

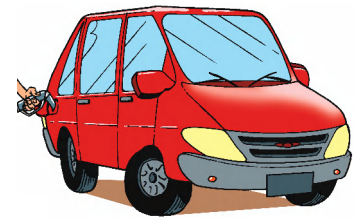
### **Ús**

Destaquem les piles d'hidrogen, que són força eficients ja que transformen l'hidrogen i l'oxigen directament en electricitat i aigua sense cap mena de combustió en el procés. L'eficiència del procés se situa entre el 50 y el 60 %, que equival aproximadament al doble de l'eficiència del motor d'explosió. L'energia despesa és aprofitable per realitzar treball i equival aproximadament a -237 kilojoules per mol. Aquesta energia és en forma d'electricitat i calor.

### **Impacte ambiental**

La utilització de l'hidrogen en les piles resulta una energia neta, ja que no existeix cap tipus d'emissió, només la producció d'aigua pura. En contrast amb el motor d'explosió, la pila d'hidrogen no emet ni diòxid de sofre (que pot produir la pluja àcida), ni tampoc òxid de nitrogen, ni cap mena de partícula contaminant. Les piles són més silencioses, ja que no conté cap mecanisme mòbil, exceptuant un sistema de bomba i ventilador.

A més, l'aplicació en piles no produeix productes tòxics, ja que l'únic producte és l'aigua (o bé aigua i diòxid de carboni en el cas de les piles de metanol) i donen l'oportunitat de poder obtenir una gran quantitat d'energia a partir d'una font sostenible.



### 2. PÒSTER GASOS

Per explicar el pòster, la classe es dividirà en dos grups. Un cop llegit el pòster en veu alta, els alumnes, dividits en els respectius grups, tindran 10 minuts per defensar en un cas l'ús dels gasos com a font alternativa als combustibles fòssils, i en l'altre per oposar-se a aquesta alternativa tot plegat mitjançant diferents arguments tractats prèviament amb el grup.

#### Preguntes i respostes del pòster:

##### Com s'obté l' hidrogen?

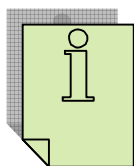
Podem obtenir hidrogen a partir de diversos processos, tot i que es requereix l'electricitat per fer l'electròlisi de l'aigua. També es pot obtenir a partir del reformat del metà i altres processos menys comuns.

##### Molts cotxes de Sud-america funcionen amb gas natural. Com és que aquí no s'ha introduït tant aquesta energia?

Sud-america compta amb reserves de gas natural elevades, essent Veneçuela i Bolívia els països que amb més reserves compten. Per tal motiu el gas natural és molt utilitzat en el automòbils. Tot i això, a Catalunya ja comptem amb una gasolinera a Abrera que subministra gas natural per a vehicles particulars.



### L'ELECTRICITAT



L'electricitat és una font d'energia molt utilitzada en la tecnologia que pot ser generada a partir de diferents fonts d'energia primària: combustibles fòssils, nuclear, energies renovables, i que posteriorment és distribuïda a partir de la xarxa elèctrica per al seu ús.

La generació d'electricitat a partir de fonts renovables d'energia: eòlica, solar, hidràulica i altres, no requereix de tants processos de transformació com les no renovables, evitant així, tant les pèrdues d'energia com l'emissió de gasos que malmeten la qualitat de l'aire.

Actualment dins dels sistemes de transport, l'automòbil també és present en l'ús de l'electricitat. Els automòbils elèctrics funcionen a través de motors elèctrics i es classifiquen segons la font elèctrica que rep l'automòbil: en forma de sistemes recarregables (bateries), o bé utilitzant fonts que generen electricitat mentre el vehicle està en funcionament (elèctrics fotovoltaics). Per últim també trobem automòbils elèctrics híbrids que combinen diverses fonts energètiques.

#### ▪ ELÈCTRICS AMB BATERIES

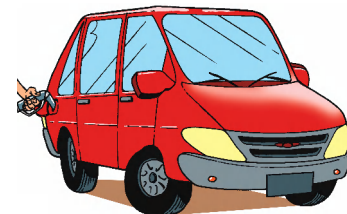
Els automòbils elèctrics amb bateries són aquells que poden funcionar a partir d'una font d'energia externa o a partir de bateries que porten incorporades en el seu interior. Per tant, requereixen d'electricitat com a font d'energia per a recarregar les bateries que obtenen de la xarxa de distribució elèctrica o a partir d'un sistema incorporat en el vehicle. Hi ha diferents tipus de bateries, a continuació destaquem les més usades en automòbils elèctrics:

##### **Bateria Àcid plom**

Són econòmiques i requereixen molt poc manteniment, però pesen molt i tenen un nivell d'autonomia baix.

##### **Bateria ló liti**

Pesen poc i acumulen molta energia, però són cares i requereixen de més mesures de seguretat que altres ja que no admeten descarregues, fet que implica la incorporació



d'un circuit que permet avaluar l'estat de la bateria evitant així una carrega excessiva o canvis bruscs de temperatura.

### **VOLS SABER-NE MÉS?**

#### **Situació al mercat**

Actualment un dels cotxes elèctrics més venuts al món és el Reva, vehicle petit dissenyat per a ús urbà. Es preveu que per l'any 2012 hi haurà un mercat més ampli de models elèctrics de tots tipus i mides.

#### **Subministrament**

Les bateries dels automòbils elèctrics necessiten unes 7 - 8 hores per a ser recarregades, tot i que en 30 minuts es pot tenir el 80% recarregat. Per a la seva recàrrega es poden utilitzar uns postes similars als parquímetres urbans o un endoll domèstic de 220 V.

Barcelona ja ha començat a oferir aquests punts de recarrega, tot i que actualment només existeix un (entre els carrers Consell de Cent - Cartagena), però l'Ajuntament te previst per l'any vinent un total de 10 punts de recàrrega.

Aquest servei té un cost de 1,2 € /hora, a més del preu per estacionament.

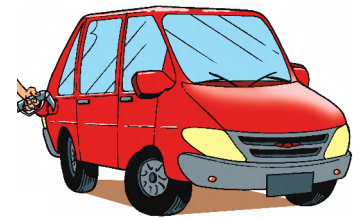
#### **Ús**

La seva autonomia és limitada, tot depenent de la capacitat de les seves bateries, però és un tipus de cotxe ideal per a mobilitat urbana on la velocitat és lenta i la mala qualitat del aire és un problema molt evident degut al tràfic rodant.

#### **Impacte ambiental**

Els automòbils elèctrics no produeixen cap tipus d'emissions de forma directa, el que suposen una bona alternativa en els espais urbans, principalment en aquells llocs on el volum de tràfic és elevat i la mala qualitat de l'aire esdevé un greu problema.

Tot i això s'han de tenir en compte les emissions de CO<sub>2</sub> (indirectes) i de radioactivitat produïdes en la generació d'electricitat (centrals tèrmiques de combustibles fòssils i nuclears) que requereix l'automòbil per a la recàrrega de les seves bateries. Si l'electricitat prové d'energies renovables, les emissions es poden considerar nul·les, però si prové de la xarxa de distribució, llavors les emissions produïdes són segons el mix elèctric espanyol. D'altre banda la fabricació i deposició per desús de les bateries també suposen un impacte ambiental.



### ▪ HÍBRIDS

Els automòbils híbrids combinen dos sistemes de propulsió: un motor elèctric i un motor de combustió (gasolina o dièsel).

El motor elèctric s'alimenta a partir d'una sèrie de bateries i el motor de combustió interna mou un generador. Un sistema electrònic és el que determina quin motor ha de ser utilitzat en cada moment. El més important és que les seves bateries es recarreguen gràcies a l'excedent d'energia que produeixen les frenades i desacceleracions o a partir del generador, això li permet no haver de ser endollat periòdicament com és el cas dels automòbils elèctrics. Les bateries més usades per aquest tipus d'automòbil són:

#### **Bateria de níquel/cadmi**

Tenen una vida útil llarga i gran autonomia, però el cadmi té un cost elevat i presenten efecte memòria (fenomen que redueix la capacitat de les bateries amb recàrregues incompletes).

#### **Bateria de níquel/hidrur metàl·lic**

Bateries similars a les anteriors, menys cares, efecte memòria pràcticament nul i més capacitat d'emmagatzemar energia. Més respectuoses amb el medi ambient.

### **VOLS SABER-NE MÉS?**

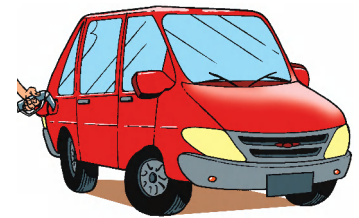
#### **Situació al mercat**

Com a exemple més característic en el mercat es troba el Toyota Prius. També hi ha altres models de Honda o Lexus.

Actualment comença a haver en el mercat vehicles híbrids endollables.

#### **Impacte ambiental**

El automòbils híbrids normalment funcionen amb el motor de combustió i per tant produeixen emissions. Tot i això, el fet de disposar d'un motor elèctric alternatiu, les emissions sempre seran inferiors a les dels automòbils convencionals. D'altre banda quan el cotxe està aturat, el motor de combustió no funciona amb el que no s'emeten gasos ni partícules a l'atmosfera.



Tot dependent de la cilindrada del motor de combustió hi haurà més o menys emissions a l'atmosfera, però sempre seran menors que les emeses pels vehicles convencionals.

### ▪ ELÈCTRICS SOLARS FOTOVOLTAICS

Els automòbils solars fotovoltaics funcionen a partir de l'energia solar mitjançant cèl·lules fotovoltaiques situades a la part exterior del vehicle que carreguen les bateries que aquest porta incorporades.

La seva autonomia és molt reduïda, doncs aquest tipus d'automòbils depenen totalment de la llum del Sol per a desplaçar-se. D'altre banda per optimitzar al màxim el seu rendiment són automòbils de dimensions petites, per un o dos passatgers i requereixen d'una gran superfície de panells fotovoltaics.

### VOLS SABER-NE MÉS?

#### **Situació al mercat**

Avui en dia són automòbils amb una perspectiva molt futurista, però la tecnologia solar està estudiant la possibilitat de desenvolupar-se en automòbils elèctrics i híbrids amb la finalitat d'allargar l'autonomia de les bateries.

#### **Ús**

Actualment existeixen prototips de vehicles solars fotovoltaics que participen en rallies que es realitzen arreu del món i que poden arribar als 120 km/h, amb una autonomia de 24 hores.

#### **Impacte ambiental**

Les seves emissions són nul·les i només requereix l'energia del Sol per a funcionar, el que el confereix com a cotxe totalment ecològic.





### 3. PÒSTER ELECTRICITAT

Com en els altres casos, seguidament analitzarem les tres preguntes de reflexió exposades al pòster.

Per fer-ho, i després d'haver llegit la part teòrica, respondrem a les preguntes a través d'una dinàmica que facilitarà la interacció entre els alumnes:

- 1) Llegir la part teòrica del pòster
- 2) Respondre les preguntes en grups de dues persones i a continuació comparar les respostes.
- 3) El professor intentarà de dinamitzar el possible debat que sorgeixi, o si no es donés el cas, generar-lo a través d'algunes preguntes addicionals que suggerim:

#### Quant costa fer 100km amb un cotxe elèctric?

Pregunta per tal de generar un debat comparatiu entre la inversió a llarg termini que pot suposar la compra d'un d'aquests vehicles elèctrics.

Carregar el cotxe a la nit costarà aproximadament 1,5 € cada 100km mentre que en els automòbils de gasolina aquest import és d'uns 6-7 € cada 100km.

#### Quants de vosaltres (alumnes) utilitzeu vehicles elèctrics per arribar a l'escola?

A mà alçada apuntar les respostes i debatre sobre possibles alternatives.

#### Creieu que s'ha d'invertir diners i temps en aquest tipus de vehicles tot hi haver-hi alternatives més econòmiques actualment?

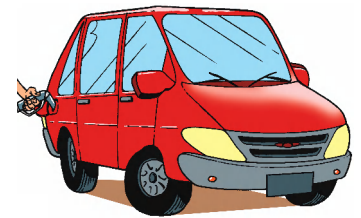
Fora interessant debatre entorn la necessitat de les energies alternatives i en la recerca i inversió que caldria fer-hi per tal que fossin competitives.

#### Preguntes i respostes del pòster:

##### D' on prové l'electricitat dels vehicles elèctrics?

L'electricitat dels vehicles prové, o bé d'una font d'energia externa, com per exemple els tramvies i els trolebusos, o a partir de bateries carregades amb l'electricitat de la xarxa que porten incorporades al seu interior. Els vehicles elèctrics han de connectar-se de forma periòdica a la xarxa per a poder carregar les seves bateries. Aquesta electricitat prové de diferents centrals generadores d'electricitat: tèrmiques de combustibles fòssils, nuclears, hidràuliques, etc.

Cal tenir en compte el mix energètic espanyol per a saber quina es la quantitat d'emissions a l'atmosfera per kWh.



Un cotxe elèctric serà d'emissions 0 si l'electricitat prové de fonts renovables.

### **Amb els vehicles elèctrics es poden realitzar desplaçaments molt llargs?**

L'autonomia dels cotxes elèctrics actualment no és gaire elevada (entre 40 - 95 km) però s'està treballant en aquest aspecte i ja existeixen vehicles que fan desplaçaments molt més llargs.

### **Tenen els vehicles solars fotovoltaics alguna possibilitat en el futur?**

Si. Però cal suport i voluntat d'invertir en aquesta energia alternativa.

## **BIBLIOGRAFIA**

### **Consulta Internet:**

- <http://www.atm-transmet.es>.  
Web de l'Autoritat del Transport Metropolità.
- <http://www.energiarenovable.org>.  
Web elaborada que inclou diferents enllaços de les energies renovables.
- <http://www.energias-renovables.com>.  
Revista digital sobre energies renovables.
- <http://www.biofuels.fsnet.co.uk/challenge.htm>.  
Inclou documents sobre els biocombustibles, l'hidrogen, etc.