

# 1. O CAMIÑO CARA ÁS BIORREFINARÍAS

*Alfredo Llecha Galiñares, José A. Rodríguez Añón, Xurxo Proupín Castiñeiras  
e María Villanueva López*

## 1.1 QUE ESTÁ A PASAR NA SOCIEDADE TECNOLÓXICA ACTUAL?

Os humanos somos o único animal con capacidade de modificar o medio coa intención de que este se adapte ás nosas necesidades. Este proceso “antinatural” só é posible grazas á capacidade que temos de lles aprender e transmitir coñecementos ás xeracións vindeiras e mais ao uso de inxentes cantidades de enerxía. Así, e desde que a humanidade aprendeu a utilizar o lume como base enerxética para o seu desenvolvemento, esta estivo na procura de diferentes fontes de materias primas para manter a súa capacidade de modificar un medio ás veces hostil e poder acadar estados de benestar. Como exemplos ao longo da historia temos o uso da madeira para cociñar e quentarse, da enerxía procedente da terra en calefacción ou en actividades de lecer, da enerxía animal para traballar a terra e desprazarse, do vento para navegar, desecar terreos ou moer o gran, do carbón e o petróleo para deseñar as primeiras máquinas de vapor que facilitaron diferentes tarefas cotiás, da auga para obter enerxía eléctrica e mecánica, e nos derradeiros anos da enerxía nuclear.

Nos derradeiros 60 anos os combustibles fósiles marcaron a pauta que cumpría seguir por mor da súa facilidade de uso e, en principio, polas cantidades “inesgotables” de materias primas que aseguraban un desenvolvemento global e até certo punto despreocupado. Mais é a partir de 1973 cando a sociedade tecnolóxica actual comeza a reclamar alternativas ao se ver esgotada polas continuas crises enerxéticas que sofre causadas por embargos, convulsións políticas, guerras e problemas relacionados co medio, e que se traduce en continuas subidas do “barril de Brent” o cal hipoteca o desenvolvemento global e crea tensións entre moitos países que ven perigar o seu benestar ou o seu desenvolvemento. Como exemplos máis recentes temos a problemática xurdida en California ou Europa ante un consumo desmedido de enerxía eléctrica en determinadas épocas do ano e a incapacidade do sistema para subministrala, o que crea un auténtico estado de alerta social.

Este tipo de problemas ou limitacións no nosos sistemas de produción enerxética, xunto co esgotamento das fontes de combustibles fósiles convencionais, fixeron que unha gran parte da sociedade demandara alternativas. Naceu así ou, mellor dito, retomouse así, o concepto das enerxías renovables.



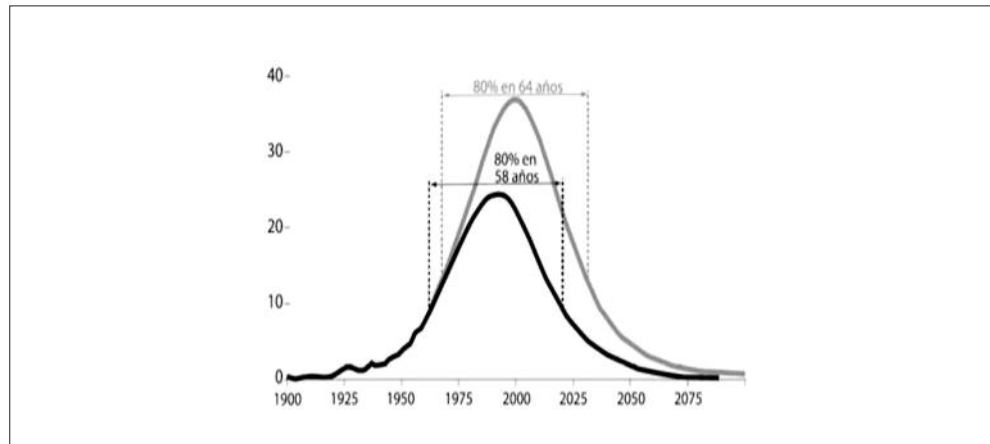


Figura 1. Previsións para o esgotamento de combustibles fósiles a nivel mundial. Na curva superior faise unha proxección en que, como pode verse, aínda que se duplicasen as reservas de petróleo a data do pico de Hubbert só se desprazaría dez anos e o tempo en consumir o 80% das reservas mundiais se incrementaría en só seis anos [[www.upaya.es/?p=25](http://www.upaya.es/?p=25)].



Figura 2. As posibilidades de obter novos combustibles a partir da biomasa amósanse moi interesantes para a sociedade. Este tipo de estratexias industriais busca a diversificación, a independencia e a autosuficiencia enerxética.

Neste marco actual poderíamos introducir a teoría do pico de Hubbert (1971) sobre o esgotamento a longo prazo do petróleo e outros combustibles fósiles, teoría que nos derradeiros anos foi avalada por diferentes organismos internacionais e que marca no ano 2100 como data para o esgotamento destas reservas, xunto coa competencia por estes recursos que están a facer economías emerxentes como a chinesa. Así, a busca de opcións de materias primas para a elaboración de combustibles ou a reactivación dos programas nucleares tal e como están facendo moitos dos nosos socios europeos, enténdese como unha estratexia de supervivencia dunha sociedade baseada no consumo de inxentes cantidades de enerxía.

Nas derradeiras décadas pasamos do final da era do petróleo a baixo prezo, e que fixo prosperar as sociedades industriais, á chegada da era do petróleo caro e de baixa calidade que fai perigar o estado de benestar acadado. Na actualidade ninguén dubida que estamos inmersos nun proceso de transición enerxética forzado, co principal obxectivo de evitar unha das máis graves crises enerxéticas a que a humanidade se enfrontou, debido á realidade do finito dos recursos fósiles, e que traería consecuencias terribles no que respecta ao transporte, agricultura ou industria, e poría en perigo o desenvolvemento futuro da nosa sociedade no marco da sustentabilidade enerxética. Por tanto, a redución na dispoñibilidade duns recursos enerxéticos que

se comportan segundo o principio da oferta e da demanda, podería repercutir de xeito directo na economía e provocar enormes recesións e mais unha perda no benestar social, obrigando a unha parte importante do noso sector produtivo e sostén real do noso desenvolvemento, a realizar importantes reconversións industriais cunhas consecuencias dificilmente predicibles e de profundo calado socioeconómico.

Xa que logo, cómpre seguir explorando máis vías no eido das enerxías renovables, tal e como se recolle na política enerxética actual da UE no marco da sustentabilidade (Pimentel et al., 1973), e que ten como bases principais de actuación a diversificación enerxética, a redución do consumo, a recuperación das redes de produción e distribución locais, a mellora da eficiencia nos procesos ou a implantación das enerxías renovables.

## 1.2 O CAMIÑO CARA ÁS BIORREFINARÍAS

Na actualidade, a temática dos biocombustibles ocupa un lugar de privilexio na axenda de todos os medios de comunicación e é un auténtico cabalo de batalla en todos os foros, discusións e preocupacións de gobernantes, técnicos e empresarios. Ten, por tanto, moitas implicacións e diferentes miradas e lecturas segundo o sector afectado. Nesta liña de pensamento, nos derradeiros quince anos, téntase amosar esta problemática desde a mirada da biotecnoloxía como solución mais axeitada e con diferentes actuacións, e que teñen como obxectivo principal satisfaceren as necesidades e os retos futuros en relación á produción de compostos químicos estratéxicos. Este tipo de novos produtos trata de conxugar a diminución nos custos de produción e, como non podería ser doutro xeito, co coidado do medio.

Hai apenas uns cen anos os produtos químicos producíanse “artesanalmente” principalmente a partir de alcohois obtidos da madeira e/ou grans, de modo que a economía “enerxética” e, por tanto, o benestar desta sociedade se baseaba principalmente no uso masivo de biomasa con orixe diversa. Esta fonte de materias primas, e que naqueles tempos era toda materia orgánica, estaba dispoñible sobre a base de recursos renovables que incluían neste grupo árbores, residuos agrícolas, plantas acuáticas, madeira e os seus residuos, e outros tipos de materiais de refugallo.

A partir do ano 1920 a economía comezou a virar cara aos recursos non renovables, especialmente aqueles derivados dos combustibles fósiles e que naqueles momentos se crían inesgotables, tendencia que se acelerou e concretou logo da Segunda Guerra Mundial e que derivou no uso masivo destes produtos enerxéticos baratos e abundantes para a fabricación duns produtos en que se ía sustentar o desenvolvemento futuro da coñecida sociedade tecnolóxica.

Os avances nas ciencias biolóxicas e na biotecnoloxía industrial, principalmente, as preocupacións polo medio nacidas froito da preocupación social, e o reforzo que hoxe presentan a xenética molecular e a enxeñaría xenética, prometen reformular a moi curto prazo unha economía baseada nos hidratos de carbono ou carbohidratos e que no século XXI, unida á previsible utilización de material renovable para a conversión de compostos químicos, promete ocupar un lugar de privilexio na industria e na sociedade a todos os niveis.

É así que se pode dicir que as condicións para avanzar no deseño e na obtención de produtos químicos “claves” para toda a sociedade a partir de diferentes fontes de



biomasa están xa dadas. Incorporárase, deste xeito, o moderno concepto de biorrefinarías.

Pódese definir unhabiorrefinaría como “o medio de produción que integra procesos de conversión de biomasa e equipos para producir combustible, enerxía e produtos químicos a partir súa”. Deste xeito, os carbohidratos asociados a aceites, proteínas, lignina e outros compoñentes procedentes da biomasa, son convertidos en compostos químicos de alto valor estratéxico global para diferentes sectores (Gryglewicz, 1999).

### 1.3 O DESEÑO DE SISTEMAS DE BIORREFINARIÁS

O deseño das biorrefinarías baséase en prover de tecnoloxía básica con liñas de produtos semellantes aos obtidos pola industria petroquímica, é dicir, manter os procesos e obter produtos novos (Gryglewicz, 1999; Carere et al., 2008 ). A partir de traballos dedicados ao desenvolvemento de sistemas de biorrefinarías seguindo a lóxica actual a base de produtos petroquímicos, créase a “árbore de familia de produtos químicos” obtidos a partir da biomasa. Na figura 3 amósase un esquema onde aparecen os principais produtos obtidos a partir da biomasa, e a incidencia destes en diferentes usos.

Existen catro sistemas complexos de biorrefinarías clasificadas de acordo coa biomasa considerada:

- Biorrefinarías de “natureza seca” e nas que se utiliza principalmente material lignocelulósico a partir de biomasa e refugallos que conteñen alta cantidade de celulosa.
- Biorrefinarías de “grans”, as cales utilizan como materia prima cereais ou millo.
- Biorrefinarías de “natureza húmida”, as cales utilizan biomasa tal como alfalfa e cereais non maduros.
- Biorrefinarías que inclúen a plataforma dos azucres, baseada na conversión química e bioquímica dos azucres extraídos da biomasa por fermentación e a plataforma de Syngas, baseada en procesos de conversión termoquímica e focalizados sobre a gasificación da biomasa e subprodutos provenientes de procesos de conversión.

En síntese, pódese dicir que o concepto das biorrefinarías no marco da biotecnoloxía industrial se refire á aplicación da biotecnoloxía na industria química, de materiais e de procesos, mais que, ao noso entender, se aplica a todos os sectores industriais. Neste sentido foi necesario ampliar o concepto de biorrefinaría para se referir ao uso eficiente da biomasa como nova fonte de produtos químicos e outras moléculas.

Noutro traballo vaise presentar o que poderíamos considerar un novo tipo e concepto de biorrefinarías baseadas no “metabolismo” dos organismos vivos e onde aproveitamos calquera refugallo orgánico descrito anteriormente para producir principalmente aceites e proteínas. Para iso recorreremos ao metabolismo de seres pluricelulares poiquilotermos ou de sangue frío, é dicir, á síntese e degradación do glicóxeno dos artrópodos durante a transición larva-adulto e a súa correlación co metabolismo de lípidos, glicoconjugados e proteínas. Esta materia prima non tiña interese social, industrial ou económico até a data, mais mediante este proceso pretén-



dese aproveitar o metabolismo de artrópodos e as súas larvas para convertelos nunha biorrefinaría metabólica produtora de prótidos alimenticios, lípidos enerxéticos e outros produtos de posible interese industrial e/ou social.

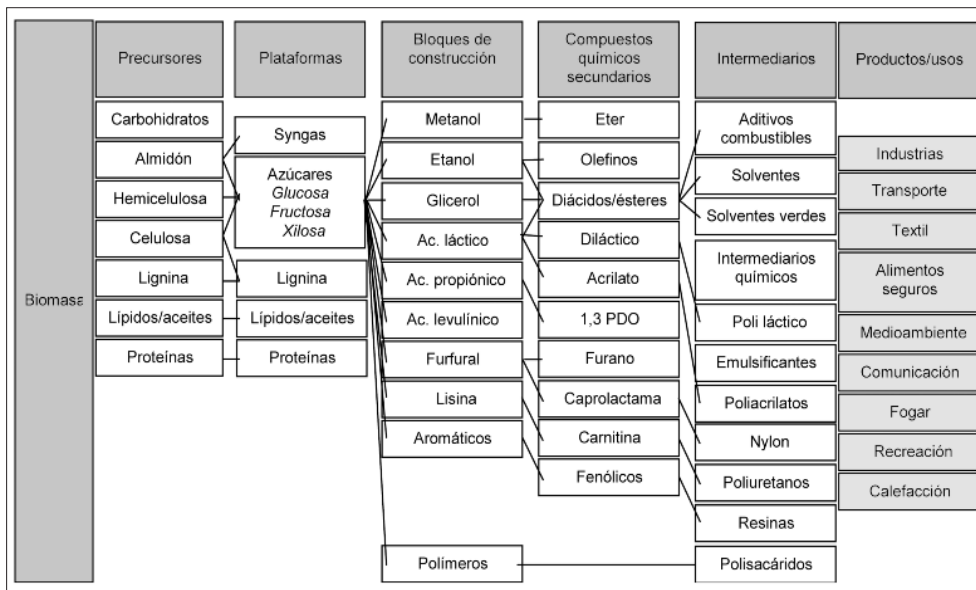


Figura 3. Diagrama de fluxo de produtos biobaseados a partir de biomasa e os seus posibles usos. Canto maior sexan as posibilidades de diversificación de produtos e usos potenciais, a sociedade actual pode asegurar o seu tan ansiado estado de benestar.

### 1.4 O BIODIÉSEL COMO REFERENTE ENERXÉTICO DE TRANSICIÓN

O biodiésel é un combustible sintético líquido obtido a partir de lípidos naturais por procesos de esterificación e transesterificación. Aínda que tradicionalmente se obtén de aceites vexetais, na actualidade este tipo de produción de biodiésel comeza a ser discutido pola súa competencia co sector alimentario, nomeadamente naqueles países mais pobres e en vías de desenvolvemento. A este respecto, non debemos esquecer os problemas que as multinacionais dos biocombustibles xeraron en México (Hill et al., 2006) no ano 2008 cando coparon o 90 % do mercado do millo e o 70 % do arroz para utilizalo na elaboración de bioetanol competindo deslealmente co mercado de elaboración de alimentos primarios para unha poboación necesitada e tremendamente dependente historicamente destes produtos para a súa supervivencia.

A razón de elixir o biodiésel (Fukudaa et al., 2001; Wang et al., 2006) como produto enerxético final ten a ver coa presenza estratéxica que este combustible ten na sociedade actual a todos os seus niveis, desde o transporte até diferentes procesos produtivos pasando pola construción ou pola industria responsable de avances en medicina ou agricultura, responsables directos da saúde e produción intensiva de alimentos e bases do benestar actual. Por tanto, poderíamos considerar o biodiésel como o elemento enerxético de transición mais axeitado desde todos os puntos de vista até o desenvolvemento de futuras fontes alternativas que xeren enerxía de alta calidade. Así:

- Economicamente non suporía grandes modificacións no tecido produtivo ou no transporte, senón que facilitaría o proceso de transición enerxético que estamos a vivir. Non debemos esquecer que só na UE temos mais de 300 millóns de vehículos dos cales máis da metade están a utilizar o diésel como combustible.



Debemos ter en conta, así mesmo, que se rexistra incremento anual dun 1.5 % no parque automobilístico na UE e que nestes momentos provoca que en España teñamos uns 480 vehículos por cada 1000 habitantes.

- Socialmente, e moito máis no momento actual de crise económica global en que estamos inmersos, o custo da conversión de caldeiras, vehículos ou calquera outro aparello sería mínimo.

- Ambientalmente, a paulatina implantación das fontes enerxéticas alternativas axudaría ao cumprimento dos acordos asinados en Kioto e favorecería as políticas encamiñadas a reducir o efecto invernadoiro e loitar contra o cambio climático.

## 1.5 O CUESTIONAMENTO DO BIODIÉSEL CONVENCIONAL

A competencia con intereses alimentarios e a necesidade de grandes extensións de terreo para a implantación de instalacións son o verdadeiro talón de Aquiles de calquera cultivo “enerxético” convencional, o que na actualidade limita totalmente o seu desenvolvemento por mor do seu baixo rendemento produtivo, e que nos derradeiros anos promoveu a proliferación de políticas de explotación agresivas de especies vexetais dirixidas á obtención de aceites para a elaboración de biodiésel nos países do terceiro mundo, até se converter na causa de problemas de deforestación en zonas de elevado interese ecolóxico. Na táboa 1 (Carrasco, 2005) podemos observar as potencialidades produtivas de diferentes especies vexetais utilizadas para a produción de biomasa.

**Táboa 1. Principais especies utilizadas para obter biomasa en España.**  
Na actualidade preténdese conxugar este tipo de iniciativas coa explotación de especies para a produción de aceites.

Especie	Zoa preferente de cultivo na UE	Produción de biomasa (t/ha)
Salgueiro ( <i>Salix spp</i> )	Norte	6-12
Chopo ( <i>Populus spp</i> )	Centro-sur	8- 30
Eucalipto ( <i>Eucaliptus spp</i> )	Sur	8-15
Sorgo doce ( <i>Sorghum bicolor L.</i> )	Sur-centro	12- 45
Sorgo forraxeiro ( <i>Sorghum bicolor L.</i> )	Sur-centro	10-45
<i>Brassica carinata</i>	Sur	3-17
Cardo ( <i>Cynara cardunculus L.</i> )	Sur	8-35
<i>Phalaris arundinacea</i>	Norte-centro	7-13
<i>Miscanthus spp</i>	Centro-sur	4-44
<i>Arundo donax</i>	Centro-sur	3-37
<i>Panicum virgatum</i>	Norte-centro-sur	4-24
Kenaf	Sur	13-22

Aínda que os defensores deste tipo de iniciativas utilizan o argumento da creación de postos de traballo, o certo é que se obtén unicamente unha media de 1 emprego por cada 10 ha. Isto, unido aos enormes investimentos iniciais que hai que facer, uns 3000 millóns de € para unha explotación de 1300 ha, permite estimar que o custo de produción de biomasa a partir destas especies vexetais está preto dos 300-360 €/ha. É dicir, o prezo estimado por quilogramo de biomasa útil para producir enerxía é duns 0,02 €, caso de pagar a empresa os custos de recolección e transporte, polo que sen axudas ambientais e axudas aos cultivos enerxéticos a rendibili-



dade destes cultivos é moi cuestionable. Ademais, pódense xerar problemas nos ecosistemas debido á introdución de especies invasoras e á súa grande dependencia de factores ambientais como a choiva, o cal esixiría recorrer a regadíos para obter rendementos axeitados e suporía reproducir erros pasados en política agraria insostenible.

As principais limitacións que ten esta liña tradicional de obtención de materia prima para a elaboración de biodiésel na UE son:

- En menos de tres anos as terras destinadas dentro da UE a cultivos enerxéticos non cubrirán nin o 10 % da demanda existente tendo en conta a previsión de centros de procesamento de biodiésel e a demanda que se está a crear. Este punto, que foi tratado de xeito rigoroso no Congreso de Intereconomía, os Biocombustibles como alternativa ó Petróleo, en xaneiro do 2008, tivo coma conclusión mais importante e global que a viabilidade desta proposta non ten un futuro claro. Ademais, na actualidade a viabilidade económica do bioetanol ou o biodiésel producido a partir de especies vexetais segue a ter serias lagoas, e só é rendible con prezos do Brent cercanos aos 90 € e as axudas que para este tipo de combustibles habilitadas ten a UE.

- A produción de biodiésel baseada na importación de aceites non resolve o problema da dependencia enerxética da UE, unha das premisas para desenvolver na política enerxética da UE. Ademais, os aceites de orixe vexetal tradicionalmente usados para a produción do biodiésel como son a colza, a soia, a palma ou o xirasol, constitúen un recurso limitado e controlado por uns poucos países a través de grandes corporacións o cal perpetúa o modelo de monopolio actual coas fontes de enerxía fósiles.

- A UE non pode nin debe, con base no principio da solidariedade, implantar cultivos enerxéticos que poidan ser susceptibles dunha explotación con fins alimentarios tal e como se recolle nas derradeiras reflexións da FAO. A utilización de aceites de uso alimentario para a produción de enerxía está a crear un aumento de prezos cuxas principais vítimas son os países en vías de desenvolvemento.

## REFERENCIAS

- Carrasco JE (2005). PSE-Cultivo-Renovalia 29/Noviembre/2005
- Carere CR, Sparling R, Cicek N e Levin DB. Third Generation Biofuels via Direct Cellulose Fermentation. *Int J Mol Sci.* 9 (2008).
- Fukudaa H, Kondob A e Nodac H. Biodiesel fuel production by transesterification of oils. *Journal of Bioscience and Bioengineering* 92 (2001).
- Gryglewicz S. Rapeseed oil methyl esters preparation using heterogeneous catalysts. *Bioresource Technology* 70 (1999).
- Hill J, Nelson E, Tilman D, Polasky S e Tiffany D. Environmental, economic, and energetic costs and benefits of biodiesel and ethanol biofuels. *PNAS* (2006).
- Pimentel D, Hurd LE, Bellotti AC, Forster MJ, Oka IN, Sholes OD e Whitman RJ. Food Production and the Energy Crisis. *Science* 182 (1973).
- Wang Y, Ou S, Liu P, Xue F e Tang S. Comparison of two different processes to synthesize biodiesel by waste cooking oil. *Journal of Molecular Catalysis A: Chemical*, 252 (2006).

