

fundació
abertis



DOCUMENTACIÓ

JORNADA SOBRE NOUS USOS DE LA BIOMASSA:
REALITAT, EXPERIÈNCIES I PERSPECTIVES

Directora científica: **Neus Puy**



Aquesta jornada se centra en l'aprofitament de biomassa per a l'obtenció de primeres matèries i energia. Tot i que el potencial de biomassa d'origen forestal i de cultius energètics és ampli en el nostre territori, l'explotació d'aquest recurs renovable no està estesa. Factors com la manca d'un mercat forestal ben establert, el risc d'incendi o la manca de polítiques que afavoreixin l'aprofitament de biomassa convergeixen en la necessitat d'una gestió sostenible de les masses forestals, encaminada a reduir la càrrega de combustible i alhora a aprofitar els productes i subproductes del bosc.

Així doncs, aprofitar la biomassa com a font d'energia i productes químics es percep com una de les opcions més factibles per una gestió forestal sostenible, no només per l'impuls que representaria pel sector forestal sinó també pel paper que juga la biomassa en la implementació del Protocol de Kyoto. En aquest context, una de les línies de recerca i d'implementació més innovadores i actuals és la de les biorefineries, les quals maximitzen el valor de la biomassa com a matèria primera perquè produeixen biocombustibles, productes químics i energia a la vegada. D'aquesta manera, mitjançant la unió de la química verda i les biorefineries, es possibiliten noves estratègies de processos i productes a partir d'una matèria primera renovable com és la biomassa.

La **fundació abertis** ha promogut amb la Universitat Autònoma de Barcelona i la Universitat de Girona investigacions sobre aquest tema. Un eix important resultant d'aquests projectes és la proposta de creació del Museu del Bosc de Catalunya, que també es presenta en aquesta trobada.

JORNADA SOBRE NOUS USOS DE LA BIOMASSA: REALITAT, EXPERIÈNCIES I PERSPECTIVES

PONÈNCIES

BIOMASSA, RECURS RENOVABLE CLIMÀTICAMENT NEUTRE

MIQUEL RIGOLA

NOUS USOS DE LA BIOMASSA. LA VISIÓ DEL PROPIETARI FORESTAL

JOAN ROVIRA

BIOENERGIA FORESTAL: BALANÇ I PERSPECTIVES

JUDIT RODRÍGUEZ

GASIFICACIÓ DE BIOMASSA PER A PLANTES DE TRIGENERACIÓ D'ELECTRICITAT, FRED I CALOR

JOAN CARLES BRUNO

QUÍMICA VERDA I BIOREFINERIES

NEUS PUY, JORDI BARTROLÍ

INTRODUCCIÓ A LA PIRÓLISIS DE BIOMASA

RAMÓN MURILLO

LA QUÍMICA VERDA LES BIOREFINERIES

JOSEP CASTELLS BOLIART

BIOMASSA, RECURS RENOVABLE CLIMÀTICAMENT NEUTRE

Miquel Rigola

Departament d'Enginyeria Química. Institut de Medi Ambient.

Universitat de Girona

Introducció

El terme biomassa, d'acord amb la Directiva 2003/30/EC, es refereix a la fracció biodegradable dels productes i residus de l'agricultura (incloses substàncies vegetals i animals), de la matèria forestal i les indústries relacionades, així com la fracció biodegradable dels residus industrials i municipals. La biomassa es pot veure com una reserva d'energia solar transformada per fotosíntesis, però a diferència d'altres recursos energètics renovables, pot ser també font de molts recursos materials, potencialment de tots aquells que s'inclouen dins la química orgànica.

Així, la seva transformació té tres aplicacions principals en la substitució dels hidrocarburs fòssils no renovables:

- Com a combustible per a generar electricitat i/o calor de consum domèstic i industrial
- Com a biocombustible per al transport, i
- Com a matèria primera per a obtenir productes d'interès químic en aplicacions molt diverses.

Amb la seva revalorització la biomassa recupera parcialment el paper que jugava el segle XIX, abans de la revolució industrial basada en el desenvolupament de la màquina de vapor i de la química del carbó, que primer feu ús d'aquest mineral, i després també del petroli i el gas.

El sistema industrial i energètic del segle XX, basat en la utilització d'aquests recursos fòssils, comportà una dependència estratègica i un impacte ambiental sobre el clima que han fet necessari cercar formes més sostenibles de producció basades en recursos renovables i ambientalment neutres. El segle XXI ha nascut amb aquesta necessitat, tan més urgent pel factor demogràfic que actua com a multiplicador de la demanda.

Objectius de l'ús de la biomassa com a recurs renovable

El canvi necessari no es pot aconseguir sense un increment del coneixement científic i tecnològic de la gestió i transformació de la biomassa. Els objectius més generals de la recerca van adreçats a aconseguir amb l'ús de la biomassa:

- Mitigar riscos d'abastament i ambientals del sistema actual de producció i consum
- Contribuir a la diversificació de les fonts d'energia i incrementar el paper que juguen els boscos en la implementació del Protocol de Kioto, associat a la Convenció Marc del Canvi Climàtic

- Desenvolupar una economia més sostenible dins la qual s'utilitzin recursos renovables i bioprocessos ecoeficients.

Avançar cap els objectius esmentats implica també el disseny de polítiques i programes que suportin l'aplicació del coneixement adquirit per obtenir-ne beneficis tan directes com indirectes en les següents àrees:

- Reduir l'impacta climàtic en tan que les emissions de diòxid de carboni resultants de l'aprofitament energètic de la biomassa es neutralitzen per la capacitat de fixació de les masses vegetals
- Reduir la dependència energètica dels hidrocarburs fòssils
- Reduir el risc d'incendis associat a la millor gestió forestal
- Fer una funció social com a nova font de riquesa i mitjà de distribució de renda.

L'ús de la biomassa en quantitats importants no s'ha de fer sense avaluar les interaccions amb altres activitats econòmiques que també depenen de la biomassa. En particular, convé esmentar que:

- L'activitat transformadora representa un retorn a l'ús de matèries primeres naturals com a recurs en moltes aplicacions, però la biomassa també té una capacitat limitada per fer front a la demanda molt superior d'una població que, comparada amb èpoques anteriors, s'ha multiplicat i ha adquirit hàbits de més gran consum
- En el cas dels recursos forestals, la utilització com a font d'energia suma les seves demandes a les de les indústries de la fusta i del paper, que sempre han mantingut una producció basada en aquests recursos
- En el cas de la producció agrícola representa una competència directa amb les demandes creixents d'aliments i de sòl per als cultius
- Quan es plantegen casos com l'ús de la biomassa residual per a la seva valorització energètica, s'ha de respectar sempre la prioritat de la recuperació i reciclatge d'aquelles fraccions que tinguin una suficient qualitat per allargar el seu cycle de vida
- L'activitat sostenible implica un nivell de comunicació suficient entre totes les parts socials que intervenen en el procés d'ús dels recursos.

Disponibilitat de biomassa forestal

La capacitat del sistema biomassa ha de ser prèviament avaluada a escala local per saber l'abast present del recurs i poder avaluar el potencial futur..

En el cas de la biomassa forestal, Catalunya disposa d'uns recursos superiors als recursos forestals de molts altres territoris. Segons les darreres avaluacions, la superfície arbrada forestal existent a Catalunya és aproximadament un 50% de la superfície total del territori. En el present, si s'apliquen criteris de gestió silvícola, menys d'una tercera part de la superfície forestal pot ser explotada adequadament. Nous accessos forestal i tècniques d'explotació en pendent podrien elevar sensiblement aquest percentatge. La gestió sostenible feta extensible a una més gran superfície forestal permetria també aportar més material i assegurar el futur de totes les activitats lligades a la fusta.

Els darrers anys s'han incrementat les càrregues de combustible dels boscos catalans, com de molts altres, a causa de la seva sotsexplotació. L'explotació sostenible dels boscos ha de reduir el risc del foc, un dels factors més crítics i importants en zones rurals de l'àrea mediterrània.

Energia potencial de la biomassa residual

La biomassa forestal catalana és de l'ordre de 100 milions de tones. La biomassa generada anualment en la superfície forestal explotable (poc més de 300 mil ha) és d'unes 660 a 800 mil tones anuals, en pes sec, segons l'escenari. La major part d'aquest recurs es destina a valorització material. Tenint en comte que els residus d'alzinars i rouredes ja tenen una aplicació, els residus susceptibles de valoració energètica derivats de l'explotació són unes 240 mil tones/any, equivalents a unes 74 mil tep/any. És evident la limitació d'aquesta darrera xifra, que en cap cas hauria de créixer a costa dels altres usos.

La limitació és més evident si es compara amb altres biomasses de valor energètic potencialment utilitzables a Catalunya, com són, aproximadament:

- 550 mil tones any de residus agroindustrials (165 ktep/any)
- 40 mil tones de fangs de depuradores (20 ktep/any)
- 400 mil tones de combustible derivat de residus (200 ktep/any).

Mesures legals i plans d'acció

La Directiva 2003/30/CE per al foment de l'ús dels biocarburants en el sector del transport, instava els estats membres de la Unió Europea a prendre les mesures necessàries perquè l'any 2005 un mínim del 2% del combustible fos d'origen vegetal. El mateix any, amb la Directiva 2003/96/CE, es reestructura el marc impositiu dels productes energètics que permet exonerar d'impostos especials aquests biocarburants per crear un mercat competitiu.

El Pla d'Acció de la Biomassa aprovat el desembre del 2005 (COM 2005/628), conjuntament amb l'estratègia de biocarburants (COM/2006/34), ha preparat el terreny per a l'ús de biocarburants a gran escala, inclosa la recerca de combustibles de segona generació. El *Plan de Energías Renovables 2005-2010* espanyol preveu la producció de 2,25 milions tep de biocarburants per a l'any 2010. El Pla d'Energia de Catalunya preveu un 4,2% del consum d'energia relacionada amb la biomassa i els residus per a l'any 2015, la meitat com a biocombustible.

Però, aquests estímuls a la producció de biocarburants, que es pensava podien ajudar a un creixement econòmic sostenible dels països en desenvolupament han posat de manifest els primers inconvenients d'una transformació massa accelerada, sense poder anticipar tots els factors i conseqüències, posant l'alerta sobre el possible impacte en la disponibilitat i preus d'aliments bàsics, que demana una reconsideració del procés.

Vies de transformació de la biomassa

Fora de l'aplicació energètica directa, s'entreveuen dos vies principals de desenvolupament de l'anomenada química verda. Una, la de les grans biorefineries on, a partir de vegetals de cultiu massiu, sigui de llavors olives,

de sucres o de material cel·lulòsic, s'obtinguin biocombustibles tipus fueloli i alcohol, o bé es procedeixi a generar productes més sofisticats per via de la biotecnologia. L'altre via és el cultiu d'espècies vegetals específiques que subministrin directament substàncies d'estructura química i propietats properes a les necessitats dels sectors industrials.

Per a la producció d'electricitat i calor, la combustió directa de la biomassa és la tecnologia de conversió tèrmica més desenvolupada. Les alternatives de gasificació i piròlisi podrien ser l'origen d'una química complexa per obtenir productes derivats. La gasificació és una realitat tecnològica, però encara insuficientment competitiva. La piròlisi necessita aconseguir avenços significatius abans de la seva comercialització amb garanties.

Per al subministrament del transport, l'obtenció de biocarburants com el biodièsel i el bioetanol, o de complements com el ETBE, han esdevingut tecnologies ben establertes. L'any 2004 el bioetanol, amb una producció de 30 milions de m³ per a biocombustible, representava el 2% del consum mundial de petroli. Brasil és el més gran productor i consumidor de bioetanol fabricat a partir de la canya de sucre. Als Estats Units es produeix a partir del blat de moro, amb incentius fiscals des de l'any 1978; l'impuls definitiu en el seu ús, però, vingué amb la prohibició a Califòrnia de l'ús de l'antidetonant MTBE a causa de la contaminació de pous d'aigua per aquest compost oxigenat. Per mantenir les especificacions de la benzina reformulada s'adoptà l'etanol com a substitut del MTBE. Des de les hores la capacitat de producció s'ha incrementat molt per equiparar-se a les xifres de producció del Brasil.

La indústria química requereix aproximadament el 7-8% del consum mundial d'hidrocarburs líquids i gasosos. Per fer front a la disminució de recursos fòssils serà necessari la recerca de noves fonts de matèries primeres basades en la biomassa vegetal. La química verda pretén contribuir a aquest objectiu dins del marc de la sostenibilitat. S'estima que del 3-5% de productes químics basats en la biotecnologia es podria passar a 7-8% l'any 2010. Així, productes i subproductes de l'agricultura que donen sucre poden ser aplicats dins una biorefineria a la producció de substàncies químiques, des de farmacèutiques a ingredients alimentaris i biocombustibles.

Biomassa selectiva: l'exemple de la planta de ricí - *Ricinus communis*

Fora d'algunes plantes que subministren principis farmacèutics de gran activitat i valor afegit, no existeixen avui dia gaires matèries químiques d'origen agrícola que hagin resistit la competència de la indústria petroquímica, encara que hi ha una activitat acadèmica que treballa en la recerca aplicada a nivell de laboratori, per seleccionar plantes amb substàncies d'interès industrial immediat. El ricí és un dels pocs productes d'origen natural que segueixen sent explotats. Té per tan un cert valor com a cas d'estudi, i com a tal va ser avaluat a la Universitat de Girona.

La selecció d'espècies vegetals d'interès comença per identificar l'especificitat química dels productes que genera. En el cas del ricí és un alt contingut, prop del 90%, d'àcid ricinoleic, que el fa d'interès industrial, lo qual li dona en el mercat un valor al voltant de 700€ la tona d'oli.

Pel ricí, com per a cada espècie, cal identificar els requeriments d'aigua i climàtics, i d'aquí determinar les zones de potencial cultiu. La selecció de

varietats pot ser decisiva en la fase actual per aconseguir millors rendiments, però de cara al futur queda el recurs d'aplicar l'enginyeria genètica, que en el cas del ricí, com exemple, permetés modificar la composició, desenvolupar de llavors híbrides, o la reducció de la ricina, una toxina natural que cal controlar. Així doncs, encara que la biomassa és també un recurs limitat, per la seva varietat d'aplicacions i beneficis que pot aportar, mereix una atenció especial dels diferents estaments socials, si es té en compte la contribució específica que pot fer al manteniment d'un futur sostenible de la nostra societat.

NOUS USOS DE LA BIOMASSA. LA VISIÓ DEL PROPIETARI FORESTAL

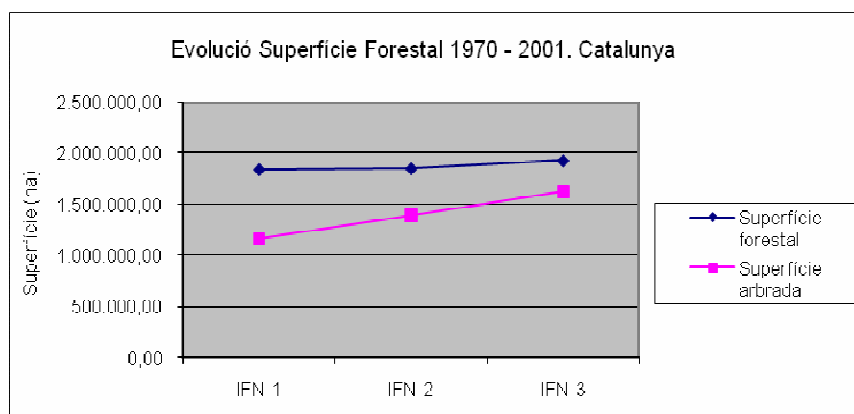
Joan Rovira i Ciuró

Enginyer de Forest, propietari forestal i Secretari general del Consorci Forestal de Catalunya

Introducció

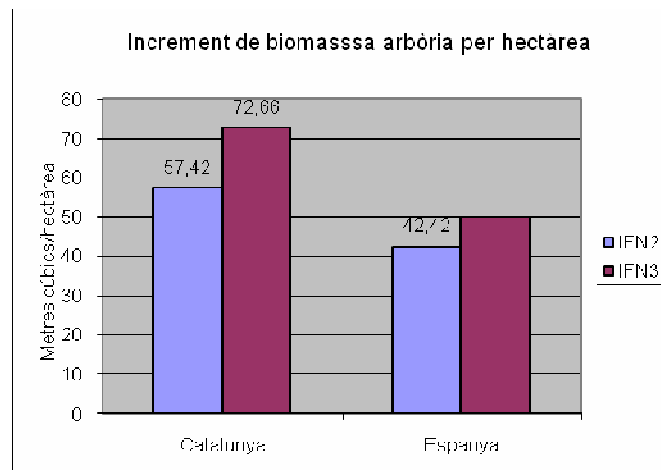
Al analitzar la dinamització del mercat de la biomassa tant per la producció d'energia com per altres destinacions industrials, el primer que cal tenir en compte és el paper cabdal i estratègic del bosc, i en conseqüència dels productes que es deriven del mateix a casa nostra. En aquest article s'analitza bàsicament la situació i perspectives de la biomassa com a font d'energia.

En primer lloc crec important recordar quelcom que, tot i conegut, no sempre tenim present: Catalunya és un país eminentment forestal amb gairebé 2 milions d'hectàrees forestals i més d'1,6 milions d'hectàrees arbrades. Una superfície, la darrera, que creix de forma significativa tal i com es pot veure en el gràfic que s'acompanya a continuació.



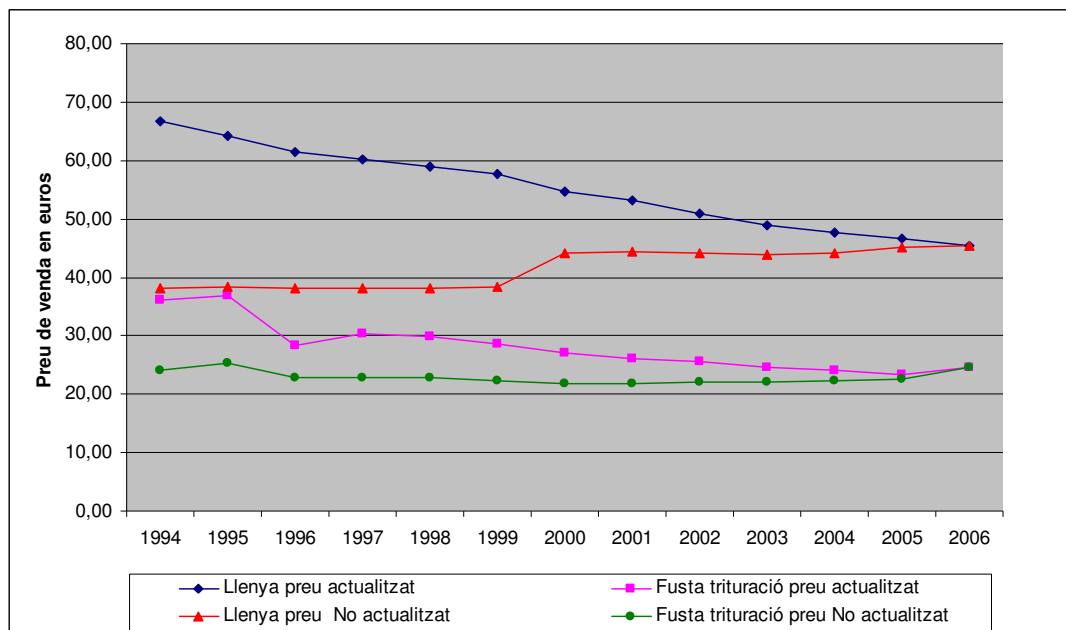
Font: IFN I - III. El treball de camp del IFN1 es va fer el 1970, el del IFN2 el 1989 i el de l'IFN3 el 2001

Aquest creixement de la superfície forestal s'acompanya també d'un creixement de la quantitat de biomassa al bosc de més del 20% en el cas de Catalunya. Una xifra realment sorprenent i que ens dona una informació molt interessant a l'hora d'analitzar la realitat del sector forestal a casa nostra.



Al igual que en altres regions del món i pel que fa a la seva explotació, els boscos i l'activitat forestal a la mediterrània han passat de tenir una importància cabdal en el teixit social i econòmic del món rural, a una situació d'oblit i abandonament que s'agreuja en la mateixa mesura que creix la importància territorial, social i ambiental del bosc. La internalització dels beneficis del bosc és, avui per avui, una assignatura pendent i un limitant clar a la gestió sostenible dels mateixos.

Si fins finals dels anys 50 – 60 els boscos de casa nostra eren una font d'energia que donava cabuda també a un gran nombre d'activitats i aprofitaments que són les que han dibuixat els paisatges de casa nostra fins fa ben poc, en aquests moments el bosc és un magatzem d'energia que augmenta en volum i intensitat any darrera any. La generalització dels combustibles fòssils, l'obertura del mercat de la fusta i la manca d'un model orientat a millorar la competitivitat del sector, a portat a la desaparició d'un gran nombre d'indústries i a la pèrdua de mercats i de viabilitat econòmica a nivell d'explotació. És prou exemplificador veure com en els últims dotze anys (1994 – 2006) els preus tant de la fusta de trituració com de la llenya han caigut prop del 50% en termes reals. El gràfic següent en mostra l'evolució tenint en compte l'IPC com a referència per fer la comparació i la fulla de preus de la Llotja de Vic.



Això lògicament s'ha traduït en una infrautilització del recurs (s'aprofita de l'ordre del 30% del potencial teòric de creixement) que ens hauria de preocupar i molt doncs porta a una pèrdua de vigor dels ecosistemes per una major competència intra i interespecífica; el conseqüent augment de plagues, patògens, etc.; i a la zona mediterrània, és especialment greu l'augment any darrera any el risc de grans incendis forestals. Tot i que Catalunya ha desenvolupat un sistema de prevenció i extinció d'incendis capdavanter en molts aspectes, a casa nostra la política de prevenció en els seu conjunt continua essent coixa i reactiva, doncs falla en el que és més essencial: la mobilització del recurs fustaner, o sigui, de la biomassa del bosc.

MOBILITZACIÓ I NOUS USOS DE LA BIOMASSA

Millorar la competitivitat del sector forestal és precisament un dels quatre objectius principals del Pla d'Acció Forestal, llençat per la UE amb el suport dels Estats Membre i a desenvolupar en el període 2007 - 2011. El Pla, basat en el principi de subsidiarietat i que implica doncs tant a l'administració forestal central com a l'autonòmica - el DMAH a casa nostra - , inclou la mobilització de la fusta i l'ús eficient de la biomassa forestal primària (fusta de baixa qualitat i restes d'operacions silvícoles) com una de les línies prioritàries de treball.

Justament la valorització de la biomassa amb finalitats energètiques, actualment el principal tema a debat, cobra especial importància si tenim en compte els objectius i directrius tant en l'àmbit de les renovables, com pel que fa al compliment dels acords de Kyoto. Objectius respecte els quals el bosc té un paper destacat com a embornal de carboni i font d'energia renovable i alternativa als combustibles fòssils.

Pel que fa a les renovables, tant la publicació del RD 661/2007, que regula la generació comercialització d'energia elèctrica en règim especial, com els

objectius del Pla de l'Energia de Catalunya (2003 - 15), representen un pas endavant molt important que posa molts i nous reptes sobre la taula. Concretament i pel que fa a Catalunya cal fer notar que el Pla preveu un augment del 226% de l'augment del consum de biomassa llenyosa forestal i agrícola.

Malauradament, tot i les nombroses directrius i compromisos tant pel que fa al suport a la gestió forestal, com pel que fa a la dinamització i creixement de la biomassa com a font d'energia, fins a la data no es veu un compromís clar i valent per impulsar un projecte a mig - llarg amb l'objectiu de recuperar la viabilitat econòmica de l'activitat forestal. Actualment, a Catalunya hi ha tres plantes de generació d'energia a partir de biomassa i cap d'elles consumeix biomassa d'origen forestal. Tot i que han sorgit un gran nombre de projectes per avançar en aquest sentit, la dificultat i el cost d'aprovisionament, la manca d'experiència en aquest camp i nombroses dificultats de tipus administratiu, son barreres que dificulten el creixement d'aquest nou mercat.

En la mateixa línia, cal senyalar que les principals eines de dinamització de l'activitat forestal per part de l'administració - fiscalitat i ajuts a la gestió forestal sostenible - han significat avenços importants però han estat molt poc efectius a l'hora de millorar la competitivitat del sector. Tot i el pas endavant que suposà la transferència de competències forestals a nivell de CCAA, la manca de recursos econòmics ha condicionat fins a la data el desenvolupament d'una política forestal capaç de donar resposta als reptes del sector.

CONCLUSIONS I CONSIDERACIONS FINALS

Tot i les dificultats, sota l'opinió de l'autor les oportunitats vinculades al desenvolupament del mercat de la biomassa per l'aprofitament energètic poden ser un revulsiu per capgirar la situació d'abandonament a la que es veuen condemnats molts boscos de caràcter productor. Per avançar en aquest camí cal impulsar però un conjunt d'accions entre les que cal citar:

Polítiques de dinamització de l'oferta

- *Concentració i organització de l'oferta.* El propietari forestal és el primer esglaó a tenir en compte pel bon funcionament de la cadena bosc - indústria. Millorar la informació sobre l'estructura social i econòmica del sector; el recolzament a cooperatives i associacions; i augmentar l'esforç en la formació i professionalització de professionals i silvicultors, son elements clau pel bon funcionament del mercat.
- *Millora de les infraestructures.* El suport a la inversió en infraestructures i facilitar la mecanització dels aprofitaments son elements bàsics tant per reduir el cost d'aprovisionament com per millorar les condicions laborals dels operaris forestals.
- *I+D+i per l'implantació de "conreus" forestals.* Actualment els conreus energètics forestals son ja una alternativa als conreus tradicionals en moltes zones. La seva productivitat i la reducció molt important dels torns

d'aprofitament, son aspectes que els fan especialment interessants des de la perspectiva del propietari forestal.

- *Ajudes per "activar" el mercat de la biomassa forestal primària.* L'Ordre d'ajuts a la gestió forestal sostenible és un bon instrument de dinamització doncs la biomassa tant per l'aprofitament energètic, com en tant que matèria primera de la indústria vinculada a la química verda, és un subproducte de l'activitat forestal. Tot i així i al marge de la disponibilitat de recursos econòmics, cal garantir la seva continuïtat i millorar-ne l'agilitat per donar un marc d'estabilitat a empreses i propietaris.

- *Aspectes administratius i normatius.* La millora de l'agilitat i eficiència tant de l'administració forestal com d'altres administracions (d'aigua, urbanisme, etc.) que en moltes ocasions es solapen amb la forestal és un aspecte a prioritzar i bàsic per qualsevol avenç a nivell de sector.

Polítiques de dinamització de la demanda

- *Impuls a la introducció / substitució de calderes.* D'acord amb les línies d'ajut tant de l'ICAEN com del DMAH i al marge de la disponibilitat de recursos, cal incrementar l'esforç en divulgació i assessorament, especialment a petits consumidors, per millorar el coneixement i la implantació de calderes i sistemes de calefacció basats en energies renovables.

- *Aspectes administratius i normatius.* L'agilització i suport al procés de instal·lació de noves plantes de producció és un element fonamental.

- *I+D+i vinculada a la valorització de la biomassa forestal.* L'evolució de les tecnologies en el camp de la valorització energètica de la biomassa forestal obre un ampli ventall de possibilitats i tècniques que cal desenvolupar. La gasificació obre les portes a l'obtenció de nombroses formes d'energia (calor, electricitat, gas i combustibles) a partir d'una matèria primera forestal.

- *Suport a estratègies d'àmbit local vinculades a la valorització de la biomassa forestal.* La component territorial de l'activitat forestal i la seva capacitat de creació d'ocupació i riquesa a les principals comarques forestals, fa especialment interessant l'impuls d'iniciatives d'àmbit territorial vinculades a l'aprofitament i valorització del recurs forestal.

Altres consideracions

- *Optimització de la logística:* I+D+i vinculat a la millora de sistemes de recollida, tractament, densificació i emmagatzematge vinculats a l'aprofitament de biomassa forestal primària amb finalitats energètiques.

- *Comunicació i traçabilitat del producte.* El desconeixement generalitzat sobre l'activitat del sector forestal fa especialment aconsellable una política de comunicació i divulgació orientada a facilitar el desenvolupament de nous mercats per la biomassa forestal a Catalunya. La certificació forestal PEFC és una eina per avançar en aquest sentit i ha de ser també una eina per facilitar la traçabilitat de la biomassa que té per destí la generació d'energia. Aspecte clau pel desenvolupament del règim de primes previst en el RD 661/2007

BIOENERGIA FORESTAL: BALANÇ I PERSPECTIVES

Judit Rodríguez Bayo

Grup d'aprofitaments fusters i biomassa
Centre Tecnològic Forestal de Catalunya

Des de fa pràcticament una dècada, el Centre Tecnològic Forestal de Catalunya ha desenvolupat una de les seves línies de recerca, formació i transferència vers l'aprofitament energètic de la biomassa forestal. Aquesta experiència es tradueix en una visió amb certa perspectiva de la realitat forestal i energètica d'aquests anys i de la situació actual de la utilització d'aquest recurs.

La realitat de la bioenergia forestal a Catalunya passa per una creixent utilització per finalitats tèrmiques i pocs canvis en relació a aplicacions elèctriques. La complexitat en la gestió del recurs forestal inclou aspectes tan impactants com els incendis forestals, el caràcter multifuncional dels ecosistemes i la creixent pressió social sobre el bosc. Això relleva el paper de la biomassa forestal a un darrer lloc en l'escala de biomasses fàcilment aprofitables. Tanmateix, pel mateix motiu és una font de recursos poc explorada i amb gran potencial per a la seva utilització.

La utilització de biomassa forestal a l'actualitat es limita principalment a instal·lacions preexistents que havien estat utilitzant altres materials llenyosos (com clofolla d'ametlla). Els ajuts de l'administració a les instal·lacions de bioenergia forestal han generat un creixent mercat de calderes i de consumidors d'estella i pèl·let. Tanmateix, a banda de l'absència de dades actualitzades sobre instal·lacions tèrmiques amb biomassa, la capacitat instal·lada no supera els 50 MWth instal·lats. D'energia elèctrica pràcticament no se'n genera, ja que aquestes plantes són alimentades amb altres biomasses llenyoses. Així mateix, força instal·lacions industrials i particulars disposen d'antics sistemes de generació de calor que havien funcionat amb clofolla d'ametlla i que es van abandonar per preu i necessitats de manteniment.

En qualsevol cas, aquest desenvolupament d'aplicacions tèrmiques i elèctriques és molt inferior al potencial excedentari forestal de Catalunya, els valors del qual són de ≥ 30 MWe (equivalent de biomassa forestal que no s'extreu de bosc). La demanda del territori permetria absorbir aquests valors, sobretot en l'actual situació de contínua puja de preus dels combustibles fòssils i l'electricitat. Algunes barreres que obstaculitzen aquesta tendència aparentment lògica són la desagregació del consum tèrmic i la comoditat dels combustibles fòssils.

Cal mencionar les experiències dutes a terme fins a l'actualitat en l'àmbit de la bioenergia llenyosa. Des de la xarxa de calor de Molins de Rei fins a la planta de Mora d'Ebre, passant per la instal·lació de Sant Pere de Torelló. També algunes indústries de la fusta disposen de sistemes d'aprofitament tèrmic de part del subproducte generat. Així mateix, la iniciativa local per aplicacions

tèrmiques en edificis públics, col·lectius i altres ha tingut força èxit a zones de Catalunya com el Lluçanès, l'Alta Anoia, la Cerdanya, el Pallars i el Solsonès. Aquesta situació marca un context de mercat emergent, i per tant subjecte a oscil·lacions els pròxims anys en quan a preus i condicions. L'actual conjuntura econòmica suposa el risc de què els mercats s'alenteixin per la davallada de l'activitat, però aquest punt d'inflexió obre l'oportunitat d'invertir esforços i recursos en aquests sectors d'activitat de gran projecció de futur, substitutius del petroli, cada cop més necessaris i de serveis difícilment prescindibles. Les actuals perspectives d'aquest sector permeten bones oportunitats de negoci –algunes d'elles ja en desenvolupament- que milloren el rendiment del material aprofitat en les diverses fases d'obtenció del producte o en la utilització de l'energia obtinguda. Així mateix són nombrosos els projectes de generació d'energia elèctrica que -gràcies al darrer increment de la retribució de generació d'energia elèctrica- han començat a avaluar la seva implantació sobre el territori. El desenvolupament d'aquesta activitat a Catalunya també obre les portes a l'àmbit industrial energètic per al desenvolupament i millora de les tecnologies de conversió energètica, la producció d'equips, així com la seva adaptació a les necessitats de Catalunya com pot ser la trigeneració. Des del punt de vista d'altres països amb la bioenergia ja desenvolupada, la situació de Catalunya es percep com una etapa necessària en el guany de l'experiència. I per tant, davant el reguitzell de barreres que tenim per a l'aprofitament energètic de biomassa forestal, molts experts recomanen un esforç conjunt per creure-hi, realitzar-ho, aprendre'n i millorar-ho.

GASIFICACIÓ DE BIOMASSA PER A PLANTES DE TRIGENERACIÓ D'ELECTRICITAT, FRED I CALOR

Joan Carles Bruno

CREVER – Grup de recerca en Enginyeria Tèrmica Aplicada
Dept. d'Enginyeria Mecànica, Universitat Rovira i Virgili, Tarragona.

Introducció

Es d'esperar que la biomassa jugui un paper important en la infraestructura energètica del futur per a la producció de combustibles i productes químics així com també per a la generació d'electricitat, calor i fred.

Existeix un ampli ventall de tecnologies i processos de conversió de biomassa en energia per aplicacions en transport o en la generació d'electricitat i calor (cogeneració) o electricitat, calor i fred (trigeneració), com son:

- Combustió directa i co-combustió
- Conversió Bioquímica (fermentació alcohòlica, degradació anaeròbia i aeròbica)
- Conversió fisico-química (combustibles líquids)
- Conversió termoquímica (carbonització, piròlisi i gasificació)

Aquesta ponència es centra bàsicament en les bases generals de la tecnologia de gasificació de biomassa, la situació actual i les perspectives futures.

Concepte i tecnologia de la gasificació

La gasificació es una de les conversions termoquímiques que poden ser utilitzades per a transformar l'energia química continguda en un combustible sòlid (com la biomassa) en energia tèrmica i en electricitat. El procés de gasificació té lloc a alta temperatura i requereix del subministrament d'un oxidant (aire, vapor o oxigen) però en menor proporció que en un procés de combustió. El producte final és una mescla de CO, CO₂, H₂ i altres gasos i que es coneix habitualment amb el nom de gas de síntesi. Té un poder calorífic baix (4-6 MJ/Nm³) però es pot utilitzar com a combustible en motors i turbines de gas, i també per a l'obtenció de productes químics realitzant una separació d'alguns dels seus components.

En un procés de gasificació es poden distingir quatre etapes diferents: *assecatge* de la biomassa, *piròlisi* (ruptura de molècules grans per efecte de la calor), *oxidació* de la fracció pesada de la biomassa per contacte amb l'oxidant i *reducció* amb vapor d'aigua procedent d'altres etapes.

La composició del gas de gasificació o de síntesi depèn de l'agent oxidant utilitzat, del tipus de biomassa, del tipus de gasificador, de la granulometria, etc. L'agent oxidant més habitual és l'aire degut bàsicament al baix cost que suposa. En aquest cas però l'alt contingut en N₂ del gas de síntesi fa que sigui només atractiu per a aplicacions de combustió.

Des del punt de vista tecnològic, els elements principals que integren una planta de gasificació són: pretractament (trituració, assecatge), gasificació i post-tractament (refredament, filtració i neteja del gas).

En gasificació s'utilitzen principalment equips de llit fix i llit fluid, encara que n'existeixen d'altres (forn rotatori, reactor ciclònic, etc). En llit fix es poden distingir principalment dues tecnologies: oxidant i biomassa en contracorrent (updraft) i en co-corrent (downdraft). En llit fluid podem tenir també principalment llit circulant, si el sòlid inert es separa del gas i retorna al reactor o, de reactor únic. En alguns casos també es poden utilitzar catalitzadors per a afavorir algunes reaccions o productes finals. A la taula següent es mostra una comparació bàsica dels principals tipus de gasificadors:

	Llit fix	Llit Fluid
Capacitat (MW _e)	0.1 - 10	1 - 50
Granulometria (mm)	10 - 100	0 - 20
Temperatura (°C)	800 - 1400	750 - 900
Temps d'arrencada	minuts	hores

Producció d'energia elèctrica, calor i fred a partir de biomassa

La tecnologia més desenvolupa fins al moment és la combustió de la biomassa en plantes basades en turbines de vapor. En aquest cas la biomassa substitueix altres combustibles més convencionals com el carbó o el gas natural per a la generació de vapor i potencia en una turbina. L'inconvenient principal d'aquests sistemes és el baix rendiment, al voltant del 20%, per a les capacitats de producció habituals en plantes de biomassa. Un exemple d'aquests sistemes és la planta de combustió de palla de cereals de 25 MW_e a Sangüesa (Navarra).

Per tal d'evitar la necessitat d'aconseguir altes pressions i temperatures de treball en plantes de turbina de vapor s'ha introduït des de fa uns quants anys el anomenats ORC, cicles Rankine orgànics. En aquestes plantes el vapor d'aigua es substitueix per un fluid orgànic (n-pentà, siloxans, etc) que permet treballar en unes condicions d'operació menys severes. La calor de condensació de les plantes de producció d'energia amb turbina de vapor es pot dissipar a l'ambient o ser utilitzada en forma d'aigua calenta. En aquest darrer cas la planta opera com a planta de cogeneració al produir electricitat i aigua calenta a partir d'una única font de combustible, la biomassa. Un exemple d'aquestes

instal·lacions és la planta de generació d'electricitat i calor a partir de biomassa a Ostfildern (Alemanya).

En lloc d'aprofitar la calor de combustió de la biomassa en plantes de turbina de vapor també poden utilitzar-se els anomenats motors Stirling que també estan basats en cicles accionats amb energia tèrmica externa. Actualment s'està desenvolupant algun sistema d'aquestes característiques (Solo Stirling GmbH) però encara no està plenament comercialitzat.

L'ús del gas procedent de la gasificació de biomassa com a combustible en motors de combustió interna o en turbines de gas està en fase de demostració però ofereix un rendiment elèctric molt superior al que poden oferir les tecnologies més convencionals esmentades anteriorment (turbina de vapor o ORC). Això succeeix sobretot per a petites potències (< 2 MWe) on el rendiment de les turbomàquines (turbines de vapor i ORC) tenen un rendiment molt baix. En canvi, els motors alternatius i les micro turbines de gas capaces de cremar combustibles de baix poder calorífic, són una opció molt atractiva en aquest rang de potències ja que són les potències més freqüents degut a les limitades quantitats de que es disposa habitualment de la biomassa,.

Pel que fa a gasificació de biomassa per a micro turbines de gas cal esmentar algunes plantes pilot a càrrec de Biomass Engineering LTd, CSIRO (Australia) o el projecte Flex-Microturbine.

Una opció a més llarg termini és l'ús de l'hidrogen procedent de la gasificació de biomassa en piles de combustible, les quals ofereixen un rendiment elèctric molt elevat i mitjançant processos electroquímics, no per combustió. Actualment el seu cost fa que aquesta opció no sigui factible encara comercialment (Dowaki et al, 2006).

Plantes de gasificació de biomassa

A continuació es descriuen breument les plantes o projectes de gasificació de biomassa més rellevants que hi ha actualment en operació o en desenvolupament a Espanya.

ENAMORA

La planta de Enamora a Mora d'Ebre disposa d'un motor dual fuel gas-diesel de 250 kW i 3 motors de 250 kWe en cicle Otto. La planta utilitza una tecnologia pròpia comercialitzada per l'empresa EQTEC. Fins al moment s'han assajat tot tipus de biomassa: closca d'ametlla, residus de l'oliva, estelles, residus d'hivernacles i forestals, cereals i palla (Sanchez, 2008). Però el combustible principal és la closca d'ametlla. Per cada quilogram s'obté aproximadament 1 kWh elèctric.

MOVIALSA

La planta de Movialsa a Campo de Criptana (Ciudad Real) també utilitza la tecnologia d'EQTEC amb una potència elèctrica total de 5.9 MWe (3 motors de

1970 kW). Està previst un consum de biomassa procedent de residus agrícoles de 4000 kg/h (19600 kW). A més la planta genera 5600 kg/h de vapor saturat a 6 bar. La inversió específica per plantes completes de gasificació d'una capacitat similar és d'uns 3000 €/MW_e que podria disminuir fins als 2500 €/MW_e per a potències fins a 10 MW_e (IDAE, 2007).

GUASCOR

El grup Guascor disposa d'un Centre d'investigació de biomassa a Júndiz (Vitoria) amb el suport de l'IDAE pel desenvolupament d'una tecnologia pròpia de gasificació de biomassa. Actualment es troben en fase de implantació sistemes d'assecatge de biomassa, gasificació amb oxigen i vapor i generació de gas de síntesi d'alt contingut en hidrogen.

TAIM-TFG

La instal·lació de TAIM-TFG a Saragossa té una potència instal·lada de 767 kWe utilitzant un gasificador de llit fix downdraft que opera 1200°C i aire com agent gasificant.

INERCO

Inerco pretén explotar comercialment amb el suport de diferents entitats andaluses, un reactor de gasificació de llit fluid bombollejant a temperatures d'operació d'uns 800°C. La planta pilot actual té una capacitat de tractament de biomassa d'estella o pellet de 15 t/dia.

A més d'aquestes instal·lacions i projectes, actualment es troba en fase de desenvolupament una planta de gasificació de biomassa al Parc d'Alba al Centre Direccional de Cerdanyola del Vallès dins del projecte Europeu Polycity. Aquesta planta constarà no només de motors alternatius per generació elèctrica i calor sinó també amb equips de producció de fred per absorció.

Xarxes de districte de distribució d'electricitat, fred i calor

Per tal d'aconseguir un aprofitament de la biomassa per a usos energètics atractiu des del punt de vista de l'eficiència energètica i del cost econòmic és convenient aprofitar la calor residual generada en la producció de l'electricitat de forma local mitjançant sistemes de cogeneració. Succeeix però que al període d'estiu, la demanda d'aigua calenta queda pràcticament restringida a l'ús per aplicacions d'aigua calenta sanitària, i per tant, en molts casos l'operació del sistema de cogeneració no està justificada. Al mateix temps, durant el període d'estiu, la demanda de fred per aplicacions de climatització en edificis, per diferents circumstàncies, és cada cop més elevada durant els darrers anys. Es per això que els anomenats sistemes de refrigeració activats tèrmicament en lloc dels sistemes convencionals accionats elèctricament, desperten cada cop més interès.

Els sistemes de refrigeració activats amb energia tèrmica tenen el mateix principi de funcionament que els activats amb motor elèctric i utilitzen dues

substàncies, una que actua de refrigerant i una de sorbent. El sorbent pot ser un líquid o un sòlid, que s'anomenen sistemes de refrigeració per absorció o per adsorció, respectivament. Al mercat hi ha actualment diferents tecnologies però amb un clar predomini dels sistemes per absorció, bàsicament utilitzant els fluids aigua/LiBr per a aplicacions d'aire condicionat o d'amoniac/aigua per a aplicacions de refrigeració.

El sistema de refrigeració poden utilitzar calor residual dels sistemes de cogeneració per a subministrar aigua freda, típicament a uns 7°C per a climatització. La calor residual es pot recuperar en forma d'aigua calenta (80 – 90°C) procedent de la calor dissipada pel circuit de refrigeració del motor i/o dels gasos d'escapament, en forma de vapor a alta temperatura utilitzant la calor dels gasos d'escapament del motor, o també directament fent circular els gasos d'escapament per l'equip de refrigeració per absorció. En aquests darrers casos l'eficiència de la instal·lació s'incrementa notablement respecte al cas de la recuperació amb aigua calenta. L'aprofitament de la calor residual per a climatització fa que l'operació de la planta de cogeneració sigui molt més regular al llarg de l'any donant lloc a una millora en la rendibilitat econòmica de la planta a afegir a la millora en el rendiment energètic que suposa l'ús de la gasificació de biomassa en motors alternatius de combustió interna.

La distribució d'aigua calenta i freda en les anomenades xarxes de districte es realitza mitjançant canonades aïllades, normalment de quatre tubs que permeten el subministrament simultani de fred i calor a tot una zona que pot incloure edificis de tot tipus: residencial, comercials o industrials. Actualment es troba en fase de construcció una instal·lació d'aquest tipus a Cerdanyola del Vallès en el marc del Projecte Europeu Polycity en el qual participa la Universitat Rovira i Virgili.

Conclusions

La tecnologia de la gasificació de biomassa pot transformar la biomassa sòlida en un gas de baix poder calorífic utilitzable en motors de combustió interna o en turbines de gas amb una eficiència elèctrica clarament superior a les tecnologies més utilitzades fins ara de simple combustió de la biomassa.

Actualment es troben en fase d'operació o en projecte unes poques plantes de gasificació de biomassa que han d'ajudar a desenvolupar aquesta tecnologia que amb la integració d'equips de refrigeració per absorció, pot ser una solució ideal per a les xarxes de districte d'electricitat, fred i calor en zones urbanes.

Referències

- Avelino, T., Planta modular de gasificació de biomasa de Jundiz, Jornada de la Biomasa en España, Valencia, 2008.
- Dowaki et al, An economic and energy analysis on bio-hydrogen fuel using a gasification process, *Renewable Energy*, 32, 80-94, 2006.
- IDAE, Biomasa: Gasificación, Publicaciones IDAE, 2007.

Sánchez, Ll., Plantas de gasificación en Mora de Ebro y Campo de Criptana, Jornada de la Biomasa en España, Valencia, 2008.

Polycity Project, Energy networks in sustainable cities, 6th Framework Programme, TREN/05FP6EN/S07.43964/513481, www.polycity.net

QUÍMICA VERDA I BIOREFINERIES

Neus Puy¹, Jordi Bartrolí²

¹Institut de Ciència i Tecnologia Ambientals (ICTA).

Universitat Autònoma de Barcelona.

² Departament de Química.

Universitat Autònoma de Barcelona.

1. Introducció

La importància dels boscos a Catalunya ve lligada, majoritàriament, al seu aprofitament com a font natural de recursos i a la seva funció com a sistema ecològic i paisatgístic. Actualment la superfície arbrada forestal existent a Catalunya representa aproximadament un 60% de la superfície de Catalunya (Joanati, Rodríguez et al. 2001; (Idescat) 2006; Domenjó and Llongarriu 2007) i un 10% de la superfície forestal d'Espanya (Ambiente 1997-2007). Si s'apliquen criteris de gestió silvícola, un 35% de la superfície forestal pot ser aprofitada per aprofitaments fusters rendibles (Terradas, Ibàñez et al. 2004). Tanmateix, els últims anys s'han incrementat les càrregues de combustible d'aquests boscos a causa de la seva subexplotació, per la qual cosa el foc esdevé un dels riscos més crítics i importants en zones rurals de l'àrea mediterrània (Tabara, Sauri et al. 2003). Els incendis forestals afecten de forma més o menys periòdica els boscos de Catalunya i es caracteritzen per tenir una irregularitat temporal i espacial molt elevada (Joanati, Rodríguez et al. 2001).

La manca d'un mercat forestal ben establert, la subexplotació dels boscos i el risc d'incendi són alguns dels factors que convergeixen en la necessitat d'una gestió sostenible de les masses forestals, encaminada a reduir la càrrega de combustible i alhora a aprofitar els productes i subproductes del bosc (Puy, Tabara et al.).

D'altra banda, la indústria química actual està basada principalment en el petroli i el gas natural com a matèria primera, cosa que implica que actualment existeixin en el mercat més de 2500 diferents productes basats en aquests recursos fòssils no renovables. Aquest fet representa que en la fabricació de productes químics es consumeix el 10% del consum mundial de gas natural, el 21% de gas natural líquid i el 4% del petroli. En una base global, la indústria química requereix aproximadament el 7-8% del consum mundial d'hidrocarburs líquids i gasosos (Danner and Braun 1999). La química verda, altrament coneguda com química sostenible, és una filosofia química per tal d'encoratjar el disseny de productes i processos que redueixen o eliminen l'ús i la generació de substàncies químiques perilloses. És a dir, busca reduir i prevenir la contaminació des de l'origen.

En aquest context, utilitzar la biomassa, primera matèria que es renova indefinidament mitjançant processos naturals, per a l'obtenció a gran escala de productes químics i energia es percep una de les opcions més factibles a implantar en aquest moment. Solament quan s'aconsegueixi que la biomassa substitueixi de manera significativa als recursos fòssils (petroli, carbó i gas natural) podrem considerar que la indústria química pot arribar a ser realment sostenible (Jenk, Agterberg et al. 2004).

Per tant, aquesta biomassa pot ser transformada en una àmplia varietat de productes líquids, sòlids i gasosos, els quals són interessants des del punt de vista energètic, industrial i agrícola. La transformació d'aquesta biomassa té dues aplicacions principals: (i) combustible per a generar electricitat i/o calor, i (ii) com a matèria primera per a obtenir altres matèries químically més simples.

Així, els arbres com a "fàbriques" químiques representen un recurs enorme de productes de carboni en molts països arreu del món. D'aquesta manera, existeix la necessitat d'investigar l'aplicació de tecnologies de química verda amb l'objectiu de desenvolupar noves, genuïnament sostenibles, rutes de baix impacte ambiental per a l'obtenció de productes químics, materials i bioenergia. Desenvolupar una economia sostenible que utilitzi bioprocessos i biorecursos renovables ecoeficients és una de les estratègies clau per al segle XXI. El primer pas per a desenvolupar estratègies a favor de la química verda i per a establir els fonaments del desenvolupament sostenible és el de disminuir la percepció negativa respecte la indústria química (veure Figura 1) (Clark 2006).

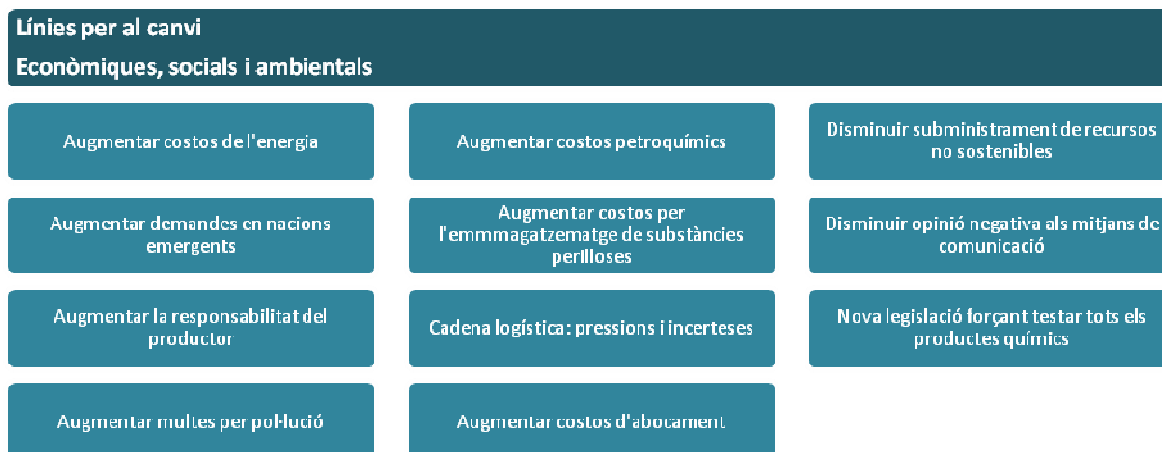


Figura 1. Línies guies per al canvi a l'impuls de la química verda (Adaptat de(Clark 2006)).

En aquest sentit, cal recordar indústries com *Derivados Forestales S.A.* a Sant Celoni, la qual produïa matèries primeres per a la Indústria Química a partir de la biomassa, però que posteriorment va passar a produir-les a partir del petroli a causa de la baixada del preu del cru. Aquest fet constitueix un dels grans reptes per a la Química i l'Enginyeria Química dels pròxims anys i que

poden donar un gran valor afegit a l'explotació sostenible dels nostres boscos (Domenjó and Llongarriu 2007).

2. Concepte de biorefineria

S'entén com a biorefineria una unitat integral de diferents indústries que converteix la biomassa en una àmplia varietat de productes químics, energètics i materials, mitjançant diverses tecnologies (Figura 2) (Clark, Budarin et al. 2006).

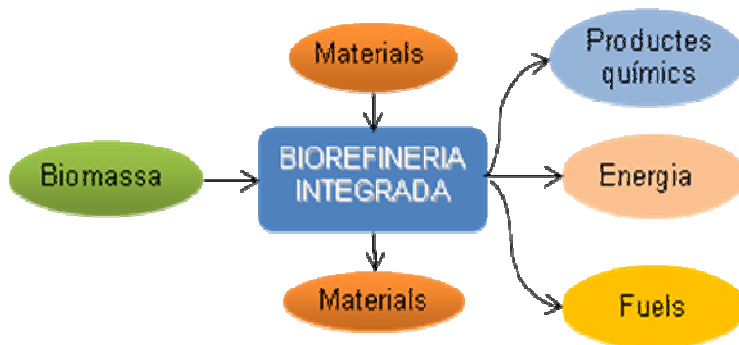


Figura 2. Biorefineria Integrada, des d'una varietat de primeres matèries produeix productes químics, energia i biocombustibles.

L'objectiu de les biorefineries és maximitzar el valor de la biomassa com a matèria primera, pel que es produeixen biocombustibles líquids, productes químics i energia al mateix temps, aconseguint tancar al màxim el cicle d'aprofitament de la biomassa.

En l'actualitat s'utilitzen matèries primeres derivades de la biomassa per a l'obtenció de productes, principalment en les indústries farmacèutica, cosmètica i alimentària. No obstant això, aquestes aplicacions sols representen l'aprofitament del voltant del 4% de la biomassa natural produïda anualment.

D'altra banda, actualment s'estan investigant compostos ambientalment sostenibles a partir de fibres naturals (biofibres) i plàstics derivats de cultius (bioplàstics). Són nous materials del segle XXI que són de gran importància per al món dels materials, no només perquè són una solució a la creixent amenaça ambiental, sinó com a solució a la incertesa del subministrament de petroli (Mohanty, Misra et al. 2002; Zhu, Wu et al. 2006).

La utilització de la biomassa forestal com a matèria primera ve determinada per la seva estructura formada per hemicel·lulosa, cel·lulosa i lignina. L'hemicel·lulosa i la cel·lulosa poden ser transformades per a obtenir etanol, mentre que la lignina es pot tractar com a font de productes fenòlics. A més, l'etanol juga un paper clau en l'economia de l'hidrogen i, per tant, amb les cel·les de combustible que s'estan investigant actualment per a la producció d'electricitat.

3. El futur: la química sostenible

El nou repte de la química és avançar, des de la situació actual, majoritàriament orientada a la millora dels processos i productes actuals, cap a una filosofia de disseny basada en nous tipus de processos i productes que possibilitin aconseguir majors increments en la seva ecoeficiència, contribuint en major mesura a desfer el binomi creixement econòmic – impacte ambiental i a assolir un creixement econòmic estable i més just, mitjançant:

- El desenvolupament de nous compostos químics i materials per a nous productes, amb propietats molt superiors a les dels actualment coneguts, que siguin capaços de cobrir tant les necessitats actuals com les del futur utilitzant quantitats de matèries significativament menors.
- El desenvolupament de noves formes de concebre els processos de fabricació dels productes químics, incloent nous tipus d'equipament, de manera que siguin molt més eficients, nets i segurs.
- El desenvolupament de tecnologies que permetin la utilització de la biomassa com primera matèria fonamental per a la producció de compostos químics i de combustibles.
- La consecució de cicles tancats d'utilització dels recursos no renovables mitjançant el desenvolupament de vies de reciclat de gran eficàcia així com de nous processos de producció que puguin utilitzar aquests productes reciclats com matèries primeres.
- La consideració en els punts anteriors de les necessitats i situació dels països en desenvolupament per estimular el seu creixement.

Així doncs, és necessari desenvolupar fonts de matèries primeres sostenibles per a compensar el futur dèficit i l'increment dels preus dels materials derivats del petroli. El concepte de biorefineria hauria d'estar expressat com un principi de sostenibilitat, el qual utilitza recursos renovables que poden provenir d'una gran diversitat de matèries primeres enlloc de fòssils i que produeix una gran varietat de productes, conjuntament amb un cicle tancat d'economia de materials i energia.

Referències

(Idescat), S. I. o. C. (2006). "Anuari estadístic de Catalunya 2005." Territory and environment, from <http://www.idescat.net/cat/idescat/publicacions/anuari/aec.html> (Accessed 09/24/06).

Ambiente, M. M. (1997-2007). Tercer Inventario Forestal Nacional (IFN3). M. d. M. Ambiente.

Clark, J. H. (2006). "Green chemistry: today (and tomorrow)." Green Chemistry **8**: 17-21.

Clark, J. H., V. Budarin, et al. (2006). "Green chemistry and the biorefinery: a partnership for a sustainable future." Green Chemistry **8**: 853-860.

Danner, H. and R. Braun (1999). "Biotechnology for the production of commodity chemicals from biomass." Chemical Society Reviews **28**: 395-405.

Domenjó, I. and A. Llongarriu (2007). Ponència marc del bloc d'Indústria i Productes forestals. Beneficis i oportunitats. . 2n Congrés Forestal Català.

Jenk, J. F., F. Agterberg, et al. (2004). "Products and Processes for a Sustainable Chemical Industry." Green Chemistry **6**: 544-556.

Joanati, C., J. Rodríguez, et al. (2001). Pla de Biomassa, Àmbit Forestal. Barcelona, Conveni de col•laboració entre el Centre de Recerca Ecològica i Recursos Forestals (CREAF), el Centre Tecnològic Forestal de Catalunya (CTFC) i l'Institut Català de l'Energia. Generalitat de Catalunya, Departament d'Indústria, Comerç i Turisme.

Mohanty, A. K., M. Misra, et al. (2002). "Sustainable Bio-Composites from Renewable Resources: Opportunities and Challenges in the Green Materials World." Journal of Polymers and the Environment **10**(1/2): 19-26.

Puy, N., D. Tabara, et al. "Integrated Assessment of forest bioenergy systems in Mediterranean basin areas: The case of Catalonia and the use of participatory IA-focus groups." Renewable and Sustainable Energy Reviews **In Press, Corrected Proof**.

Tabara, D., D. Sauri, et al. (2003). "Forest fire risk management and public participation in changing socioenvironmental conditions: A case study in a Mediterranean region." Risk Analysis **23**(2): 249-260.

Terradas, J., J. J. Ibàñez, et al. (2004). Els boscos de Catalunya: estructura, dinàmica i funcionament.

Zhu, S., Y. Wu, et al. (2006). "Dissolution of cellulose with ionic liquids and its application: a mini-review." Green Chemistry **8**: 325-327.

INTRODUCCIÓN A LA PIRÓLISIS DE BIOMASA

Ramón Murillo Villuendas

Instituto de Carboquímica, Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC)

Definición y aspectos generales del proceso

La pirólisis o termólisis es un proceso termoquímico en el que se produce la degradación térmica de un material generalmente en atmósfera inerte o a veces ligeramente oxidante (pirólisis oxidativa). Se trata de un proceso endotérmico que necesita un aporte externo de energía, la cual se utiliza para calentar el material hasta la temperatura de operación, romper los enlaces químicos entre los constituyentes originales y evaporar compuestos. Generalmente, se lleva a cabo a presión atmosférica o a vacío para así reducir la temperatura de trabajo. El valor de esta última variable depende tanto del material a tratar como de la posterior distribución de productos deseada. Al llevar a cabo este proceso utilizando biomasa de origen vegetal como material de partida, se obtienen tres fracciones:

- Sólido o char: material poroso constituido fundamentalmente por carbono (con un porcentaje en peso superior al 85%) y el material inorgánico que pudiera acompañar inicialmente a la biomasa (cenizas). Se trata de un material con un poder calorífico alto, incluso superior a 20 MJ/kg, un contenido en azufre muy bajo y un porcentaje de materia volátil inferior al 5 %. Por lo tanto, es un excelente combustible que puede ser utilizado en aplicaciones domésticas (briquetas para barbacoas) o industriales (producción de energía). Además, posee una superficie específica media alrededor de 500 m²/g por lo que es un excelente precursor para la producción de carbones activados de altas prestaciones.
- Líquido o bio-aceite: se trata de una mezcla compleja de hidrocarburos y agua procedente de la condensación parcial de los productos obtenidos durante la pirólisis. Esta mezcla de hidrocarburos, está constituida fundamentalmente por compuestos de tipo fenólico provenientes de la descomposición de la celulosa y la hemicelulosa. Se trata de líquidos combustibles con una densidad de aproximadamente 1200 kg/m³, un pH ácido comprendido entre 2 y 3 y con un poder calorífico medio alrededor de 17 MJ/kg. Debido a su naturaleza fenólica y su contenido en agua, estos líquidos no son directamente miscibles con fracciones de hidrocarburos típicamente obtenidas del petróleo como la gasolina o el gasoil. La principal aplicación de estos combustibles sería la producción de energía mediante su combustión en calderas, si bien también sería

posible llevar a cabo la extracción química de compuestos con interés industrial.

- Gas: se trata de compuestos que en condiciones normales de presión y temperatura están en fase gas. Son compuestos de bajo peso molecular provenientes tanto de la descomposición directa del material de partida como del posterior craqueo de los compuestos liberados inicialmente. Por lo tanto, su porcentaje será función de las condiciones de operación aumentando con la severidad del proceso. Entre los principales constituyentes de esta fracción se puede encontrar CO_2 , CO , H_2 , CH_4 , algunos hidrocarburos de mayor tamaño hasta C_4 y trazas de hidrocarburos pesados no condensados o arrastrados. Al tratarse de un gas combustible, es quemado en la misma instalación de pirólisis para suministrar la energía necesaria para llevar a cabo el proceso que de esta manera se convierte en térmicamente autónomo.

Mecanismo del proceso de pirólisis

El mecanismo fundamental que rige las reacciones de pirólisis es la transmisión de calor desde el exterior al interior de las partículas. En general, el calor se transmite desde el exterior mediante los mecanismos de convección y radiación. En algunas configuraciones de reactor, también la conducción puede tener cierta relevancia debido al contacto de las partículas con las paredes del reactor y también entre ellas. Por ejemplo, en el caso de utilizar lechos fluidizados como es el caso de la pirólisis rápida, los mecanismos fundamentales serían los de convección y radiación pero en un horno rotatorio, la conducción sería muy relevante. Por otra parte, está aceptado que la transmisión de calor en el interior de la partícula es únicamente mediante un mecanismo de conducción.

Inicialmente, se produce un calentamiento de la partícula hasta que se alcanzan los $100\text{ }^\circ\text{C}$, momento en el que comienza la vaporización del agua que pueda contener la biomasa (etapa de secado). La temperatura de la partícula se mantiene relativamente constante hasta que finaliza este fenómeno. A continuación, se produce el calentamiento gradual de la partícula comenzándose la liberación de material volátil alrededor de los $250\text{ }^\circ\text{C}$. Estudios en termobalanza, han demostrado que, en el caso de biomasa de origen lignocelulósico, son la lignina y la hemicelulosa los primeros constituyentes que comienzan a degradarse, comenzando la celulosa a una temperatura superior a $325\text{ }^\circ\text{C}$.

Durante este periodo de tiempo, la partícula va perdiendo masa la cual es transferida a la fase gas y evacuada fuera del medio de reacción en el caso de un proceso de pirólisis o bien es quemada en forma de llama en un proceso de combustión. Simultáneamente, se produce el char o residuo de pirólisis como consecuencia de una desvolatilización incompleta del material lignocelulósico o bien de posibles reacciones retrogresivas que conducen a compuestos más pesados. En el caso de la combustión de biomasa, este residuo sólido también se quemaría dentro del reactor pero mediante una reacción gas-sólido no catalítica sin formación de llama.

En su camino hacia el exterior, los volátiles generados pueden sufrir más reacciones químicas como por ejemplo su craqueo térmico para producir compuestos más ligeros y gases o reacciones de condensación que originarían compuestos más pesados, y en general, de naturaleza aromática.

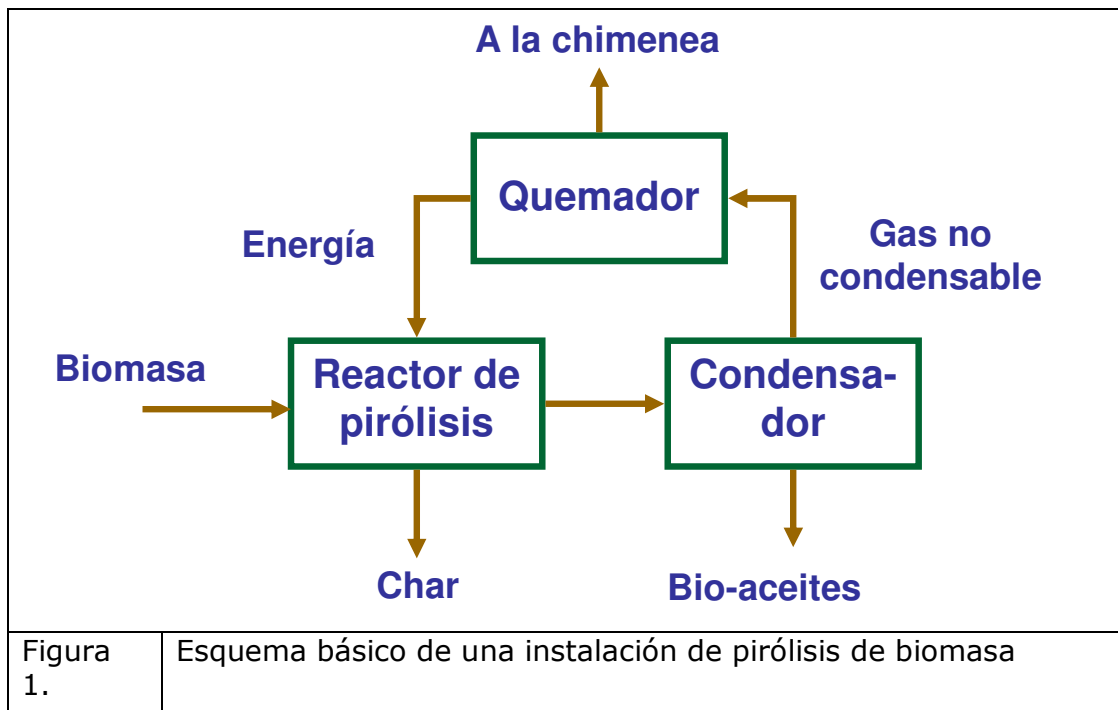
Influencia de las variables de proceso

Las variables fundamentales que influyen en el proceso de pirólisis son la temperatura final, la rampa de calentamiento y la presión.

- Temperatura final: como ya se ha mencionado anteriormente, la pirólisis es un proceso de naturaleza térmica por lo que la temperatura final es la variable más influyente. Esta variable afecta fundamentalmente a la velocidad a la que la partícula se calienta, a la velocidad intrínseca de desvolatilización y a la distribución de productos de tal manera que a mayor temperatura, mayor velocidad de reacción, mayor rampa de calentamiento interna y mayor formación de gases.
- Rampa de calentamiento: esta variable no suele afectar ni suele considerarse en muchos procesos químicos. Sin embargo, en el caso de la pirólisis tiene gran influencia. Rampas rápidas de calentamiento provocan, en general, una mayor producción de gases a costa de una menor producción de líquidos. Esto es debido a que las rampas rápidas favorecen la ruptura desordenada del material con la consiguiente liberación de gases ligeros. Se trata de una variable fundamental a la hora de escoger el reactor más apropiado para llevar a cabo el proceso.
- Presión: como es lógico, la presión es una variable que afecta negativamente al proceso de pirólisis. Altas presiones dificultan el proceso de desvolatilización de las partículas de biomasa. Por ello la mayor parte de los procesos operan a presión atmosférica o incluso a vacío. La pirólisis a vacío es una alternativa si se quiere reducir la temperatura del proceso y en consecuencia la formación de gases debido a la ruptura más ordenada de los enlaces químicos. Estaría indicada si se quieren obtener productos químicos de la madera para un posterior refinado y utilización en la industria.

Descripción básica de una instalación de pirólisis

En la Figura 1 se muestra el esquema de una instalación básica para llevar a cabo la pirólisis de biomasa. Como se puede observar, consta de tres elementos fundamentales: reactor, sistema de condensación y sistema para la combustión de gases no condensables.



Asimismo, también se puede observar como se obtienen los tres productos mencionados anteriormente: sólido o char, líquidos o bio-aceites y una corriente gaseosa. A continuación se van a mostrar algunos detalles de las partes fundamentales de la instalación:

- **Reactor de pirólisis:** evidentemente, se trata del equipo clave en toda instalación de pirólisis. Se trata del recipiente, que puede ser más o menos complejo, en el que tiene lugar la descomposición del material a tratar. Existen diversas configuraciones encontrándose reactores de lecho fluidizado burbujeante, reactores de lecho fluidizado circulante, reactores de lecho arrastrado, hornos rotatorios, lechos móviles, lechos fijos, reactores en forma de cono rotatorio etc. Si bien las geometrías de estos reactores pueden ser muy diferentes entre sí, todos poseen la característica común de necesitar un aporte de energía para llevar a cabo la reacción. Este aporte de energía puede llevarse a cabo mediante la combustión parcial del propio combustible (pirólisis oxidativa), el aporte al reactor de un sólido caliente como arena o cenizas o mediante el calentamiento externo del reactor con vapor de agua o los gases producidos en la propia pirólisis. Configuraciones tan diferentes conducen también a distribuciones de productos distintas. De hecho, uno de los criterios fundamentales a la hora de elegir una u otra configuración será el producto mayoritario que se desea obtener. Por ejemplo, si se desea obtener un rendimiento alto para líquidos, se utilizarán lechos fluidizados pero si se desean obtener grandes cantidades de sólido, se utilizará un horno rotatorio o un lecho móvil.
- **Sistema de condensación:** una vez que se ha producido la pirólisis del material, los productos volátiles son evacuados hasta el condensador. La misión de este equipo es retirar calor de la corriente proveniente del

reactor para así lograr su enfriamiento y condensación del bio-aceite. Existen varias configuraciones para este equipo. Desde los tradicionales condensadores tipo carcasa-tubos en los que se transfiere el calor a un fluido frío como agua de refrigeración, hasta diseños más elaborados en los que se produce el enfriamiento del gas poniéndolo en contacto con bio-aceite frío recirculado en una torre de lavado. Independientemente del sistema, se obtiene una fracción condensada y una fracción gaseosa no condensada formada por gases ligeros.

- Sistema de combustión de gas: en este sistema se lleva a cabo la combustión del gas no condensado en el equipo de condensación con el objetivo de generar energía utilizable para suministrar calor al reactor de pirólisis. De esta manera se consigue que el proceso no necesite un aporte externo de energía haciéndolo térmicamente autónomo. Los gases producidos en la combustión son conducidos a la chimenea y estarán constituidos fundamentalmente por CO_2 , H_2O , N_2 y O_2 .

LA QUÍMICA VERDA LES BIOREFINERIES

Josep Castells Boliart

Institut Universitari de Ciència i Tecnologia

La indústria Química Orgànica s'enfronta a un dels reptes més importants de la història; superar les conseqüències de l'esgotament dels recursos fòssils.

El permanent increment dels preus del petroli, en previsió de l'imminent esgotament d'aquests recursos, requereix mesures urgents i dràstiques.

La Indústria Química no pot contemplar sense preocupar-se les emissions de CO₂, CO o CH₄ a l'atmosfera, les quals són conseqüència directament o indirecta de la utilització en els processos químics de materials derivats fòssils.

Hi ha una necessitat urgent de desenvolupar nous mètodes i tecnologies per a la utilització massiva d'energies i matèries primeres renovables en les nostres indústries. Els coneixements químics, bioquímics i d'enginyeria actuals poden ser qualificats per a aquest propòsit d'immadurs o inexistent.

En aquest terreny cal esperar el desenvolupament de productes nous i millors, menys tòxics i assequibles fets a partir de biomaterials. Són àmpliament requerits nous productes reciclables i fàcilment biodegradables, especialment pels plàstics.

Els materials convenientment seleccionats a partir de biomassa renovable són molt prometedors a l'hora d'aconseguir maneres més senzilles, més convenientes i més econòmiques per a la producció de productes especialitzats. Aquests materials són estructuralment més propers a substàncies d'origen vegetal que als hidrocarburs, especialment quan hi ha implicades estructures quirals.

Els materials ligno-cel·lulòsics han demostrat llur potencial com a font de producció industrial d'especialitats químiques, matèries primeres o materials per mètodes microbiològics, químics o combinats. Però són necessaris procediments millorats i nous objectius. És àmpliament reconegut que el rendiment dels processos que utilitzen materials vegetals en comptes de matèries primeres químiques o combustibles, com ara l'etanol, és molt pobre.

El desenvolupament de biorefineries es veu dificultat per l'estat rudimentari del coneixement científic i tecnològic que necessitarien aquestes per ser tècnicament i econòmicament competitives. La Química, la Biotecnologia i l'Enginyeria Química tenen aquí un nou repte.

Per aquest motiu a IUCT i altres empreses del sector químic s'està treballant des de fa una desena d'anys, en el desenvolupament tecnològic de processos i productes amb capacitat de ser industrialitzables, que afavoreixin superar aquest repte de la immaduresa de la tecnologia viable industrialment.

Un clar exemple d'això es el projecte SOLVSAFE que es basa en l'aplicació dels principis de la Química Verda i l'ús de matèries primeres d'origen renovable, incloent productes derivats de residus rics en materials cel·lulòsics com ara l'àcid levulínic o derivats secundaris de la biomassa com la glicerina. Aquest projecte es basa en el desenvolupament de nous dissolvents que satisfacin les noves necessitats industrials.

Els dissolvents juguen papers crucials en una gran diversitat de processos i productes industrials. Amb la consolidació de la Química Verda, el concepte de selecció i utilització dels dissolvents ha evolucionat des de percebre'ls com a simples auxiliars per dur a terme els processos o com a ingredients vehiculars en formulacions comercials, a ser reconeguts com a components fonamentals dels processos i formulacions químiques.

Un dels objectius més importants del SOLVSAFE és explotar el fet que les propietats moleculars dels dissolvents poden ser confeccionades a través del disseny molecular de cara a modelar les seves funcions especialitzades així com el seu perfil mediambiental, de seguretat i de salut.

El SOLVSAFE està dirigit al desenvolupament de dissolvents més segurs usant matèries primeres renovables, per a llur aplicació en productes i processos clau dins de 6 sectors diferents que són: metal degreasing, extracció d'oli vegetal, principis actius farmacèutics, productes per a la protecció de la collita, pintures i vernissos. A través de l'ús dels principis de disseny de la Química Verda, els coneixements científics més punters i les metodologies generades durant el projecte seran orientats a aconseguir els següents objectius:

1. Reducció del nombre i la quantitat de dissolvents perillosos utilitzats.
2. Reducció de compostos orgànics volàtils (VOCs) emesos a l'atmosfera.
3. Reducció de les emissions de CO₂.
4. Increment de la quantitat de materials renovables utilitzats.

5. Reducció de la concentració de dissolvents de "Occupational Exposure Level" (OEL) a l'aire.

Aquest projecte a un any de finalitzar-se completament, està essent un èxit industrial, amb més de 10 patents presentades, diversos productes en fase de llicència industrial, i una línia de nous dissolvents en producció industrial. Però ha requerit una inversió en R+D molt important i el suport de la UE. En resum SOLVSAFE ha disposat d'un pressupost per R+D de 11 M€ un ajut de la EU de uns 6 M€, la participació de 22 empreses (~70%) i centres de recerca i de transferència tecnològica, de 8 països diferents.

fundació
abertis



JORNADA SOBRE NOUS USOS DE LA BIOMASSA:
REALITAT, EXPERIÈNCIES I PERSPECTIVES

CURRÍCULA

MIQUEL RIGOLA I LAPEÑA

Professor Titular de la Universitat de Girona al laboratori d'Enginyeria Química i Ambiental

Formació acadèmica

Llicenciat en Ciències Químiques (1962) i Farmàcia UB

Ingenieur Institut Génie Chimique. ENSGC Toulouse (1965) i MSc Advanced Chemical Engineering. Imperial College. Londres (1966)

Doctor en Ciències Químiques UAB (1984)

Activitat acadèmica

Professor en cursos d'Enginyeria Ambiental (Aigües, Atmosfera, Residus) i Producció més Neta. Masters de Medi Ambient, Tecnologia i Ciència de l'Aigua, Innovation and Management of Technology. 2004-2008 Director de l'Institut de Medi Ambient.

Durant el període acadèmic: Col·laboracions amb el CEMA, ARC i CAR/PL i amb les Nacions Unides, principalment en sistemes de prevenció a l'origen i minimització de residus.

Activitat internacional

En el període 1994-1998 Director de la Subdivisió de Medi Ambient i Energia a la ONUDI (Organització de les Nacions Unides per al Desenvolupament Industrial).

Activitats anteriors de caràcter professional

De 1966 a 1989 activitat professional en empreses

- 1966-1967 Enginyer de Processos Lummas Española
- 1968-1973 Cap d'Enginyeria i Processos Gas Natural SA
- 1974-1978 Director Tècnic-comercial Tecplant SA
- 1979-1989 Director General Cida Hidroquímica SA

Publicacions principals (llibres)

- *Tratamiento de Aguas Industriales*. Editorial Marcombo. Barcelona. 1989
- Ed. M.L. Richardson. Risk Reduction - Chemicals and Energy into the 21st Century. Taylor & Francis. Londres 1996. Capítol 3. *Risk Reduction Through Cleaner Industrial Production*
- *Producció + Neta*. Rubes Editorial/GenCat. Barcelona. 1998
- *Monografia Universitària de Prevenció en origen de la contaminació a l'empresa*. GenCat. 2005

- Manual d'ecogestió: *Prevenió de la contaminació en l'ús de dissolvents*. GenCat. 2005

JOAN ROVIRA I CIURÓ

Propietari forestal, enginyer tècnic agrícola (UPC - ESAB), Enginyer de Forests (UDL - ETSAL) i MBA (ESADE).

Amb experiència en el món de les associacions professionals des de l'any 1999. Secretari general del Consorci Forestal de Catalunya i gerent de la cooperativa Serveis Forestals des de l'any 2002.

En tant que secretari general del Consorci Forestal, l'associació de silvicultors de Catalunya, ha participat activament en:

- La creació de l'Associació de silvicultors de l'Arc Mediterrani (ARCMED)
- Confederació Europa de Propietaris Forestals en qualitat de vicepresident (2005 - 07)
- El procés de discussió de la proposta de Pla General de Política Forestal
- Grup consultiu de Desenvolupament Rural de la UE durant el període de finalització i discussió del reglament que desenvolupa el Fons Europeu de Desenvolupament Rural (FEADER)
- Procés de discussió i propostes al Pla d'Acció Forestal de la UE
- Procés de debat i aprovació de la Llei bàsica de boscos

A destacar la participació en:

- Confederació d'Organitzacions de Silvicultors d'Espanya (COSE)
- Junta de Govern de PEFC Espanya i PEFC Catalunya - associació promotora de la certificació forestal PEFC a nivell estatal i català respectivament
- Nombroses taules i projectes vinculades al sector productor forestal

JUDIT RODRÍGUEZ BAYO

Enginyera de forests, cap del grup d'aprofitaments fusters i biomassa del Centre Tecnològic Forestal de Catalunya, especialitzada en l'aprofitament de la biomassa forestal, aprofitaments forestals fusters i mercat.

Coordinadora del projecte Enersilva a Catalunya i col·laboradora del projecte 5Eures.

Membre del comitè tècnicocientífic del II Congrés forestal Català al bloc de Indústria i productes forestals.

Participació en la "Jornada de la biomassa en España" a la 16th European Biomass Conference & Exhibition (juny, 2008).

Darreres publicacions

Marques, A.; Rodríguez, J. 2007. Biomassa forestal primària, una proposta diferent. *Agrocultura*, 29: 33-35.

Marques, A.; López, I.; Rodríguez, J., 2007. Enersilva, un proyecto para la promoción de la biomasa forestal con fines energéticos en el sudoeste de Europa/ Enersilva, un projecte per la promoció de la biomassa forestal amb finalitats energètiques al sudoest d'Europa. *Rural&Forest*, 7: 14-21.

Marques, A.; López, I.; Merino, D.; Urquiza, J.; Arrey, J.; Massaguer, F.; Rodríguez, J. 2007. Aprofitament i processat de biomassa forestal amb finalitats energètiques. Vericat i Tusell, coord. 2007. XXIV Jornades Tècniques Silvícules. Ed. Consorci Forestal de Catalunya, Santa Coloma de Farners: 39-45.

Rodríguez, J.; López, I.; Centellas, A.; Pérez, D.; Muntada, J.. 2007. L'aprofitament, el desembosc i el processat de biomassa a Catalunya. *Silvilcultura*, 52: 5-6.

Rodríguez, J. i col. (Piqué, M. ; Bjorheden, R. ; Miviere, J.M. ; Sanz, F. ; Piñeiro, G. i Juanati, C.). 2005. Aprofitament i desembosc de biomassa forestal. Ed. CPF- DMAH. Col. Sistemes i tècniques de desembosc, 3: 187 pp

Rodríguez, J. ; Juanati, C. ; Piqué, M. i Tolosana, E. 2005. Tècniques de desembosc a l'aprofitament forestal, condicionants, mitjans i recomanacions. Exemple a Catalunya. Ed. CPF- DMAH. Col. Sistemes i tècniques de desembosc, 1: 209 pp.

Juanati, C.; Rodríguez, J.; Piqué, M.; Tolosana, E. 2004. Desembosc amb cable aeri. Ed. Generalitat de Catalunya, DMAH, CPF. Col. Sistemes i tècniques de desembosc, 2: 237 pp.

JOAN CARLES BRUNO ARGILAGUET

Llicenciat en Ciències Químiques en l'especialitat de Química Industrial, Universitat de Barcelona, 1990.

Doctor en Enginyeria Química, Universitat Rovira i Virgili, 1999.

Professor agregat de la Universitat Rovira i Virgili
Àrea de Màquines i Motors Tèrmics, Departament d'Enginyeria Mecànica,
Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Química (ETSEQ),
Avda. Països Catalans, 26,
43007 – Tarragona

Projectes més rellevants en curs

TRIGENED - Optimización del Diseño Integral y de la Gestión Energética de Sistemas Avanzados de Microtrigeneración en Edificios

Plan Nacional de I+D+I. Proyectos de Investigación Científica y Desarrollo Tecnológico 2005, ENE2006-15700-C02-01/CON, 2006 – 2009.

POLYCITY - Energy Networks in Sustainable Cities

EU, 6th Framework Programme on Research, Technological Development and Demonstration, FP6-2003-TREN

2.CONCERTO, TREN/05FP6EN/S07.43964/51381, 2005 – 2009.

OSMOSOL - Desalación por Ósmosis Inversa mediante Energía Solar Térmica

Plan Nacional de I+D+I 2004-07. Proyectos de Investigación Científica y Desarrollo Tecnológico 2005, ENE2005-08381-C03-03/ALT, 2005 – 2008.

Publicacions més rellevants

J.C. Bruno, E. Letelier, S. Romera, J. López, A. Coronas

Modelling and Optimization of Solar Organic Rankine Cycle Engines for Reverse Osmosis Desalination

Applied Thermal Engineering, 28, 2212-2226, 2008.

J.C. Bruno, V. Ortega-López, A. Coronas

Integration of absorption cooling systems into Micro Gas Turbine cogeneration systems using biogas: Case study of a sewage treatment plant

Applied Energy, doi:10.1016/j.apenergy.2008.08.007 , 2008.

A. Vidal, J.C. Bruno, R. Best, A. Coronas

Performance Characteristics and Modelling of a Micro Gas Turbine for their Integration with Thermally Activated Cooling Technologies

International Journal of Energy Research, 31, 119-134, 2007.

J.C. Bruno, A. Vidal, A. Coronas

Improvement of the Raw Gas Drying Process in Olefin Plants Using an Absorption Cooling System Driven by the Quench-oil Waste Heat

Energy Conversion and Management, 47, 97-113, 2006.

J.C. Bruno, A. Valero, A. Coronas

Performance Analysis of Combined Micro Gas Turbines and Gas Fired Water/LiBr Absorption Chillers with Post-combustion

Applied Thermal Engineering, 25, 87-99, 2005.

NEUS PUY MARIMON

Estudiant de Doctorat en Ciències Ambientals a l'Institut de Ciència i Tecnologia Ambientals (ICTA-UAB). Grup de recerca SosteniPrA. UAB.

Professora associada laboral. Departament de Química. Universitat Autònoma de Barcelona.

Dades acadèmiques

2007 Bioenergy Specialisation Diploma. University of Zaragoza, CIRCE and EUREC (European Association of Renewable Energy Research Centres).

2006 Master en Ciències Ambientals. ICTA – UAB.

Tesi: Integrated Assessment of forest bioenergy systems in Catalonia

Supervisors: Dr. J. Bartrolí and Dr. D. Tabara

2004 Llicenciatura Ciències Ambientals. Universitat Autònoma de Barcelona.

Publicacions

Puy, N., D. Tàbara, et al. (2008). "Integrated Assessment of forest bioenergy systems in Mediterranean basin areas: The case of Catalonia and the use of participatory IA-focus groups." *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 12(5): 1451-1464.

Puy, N.; Rieradevall, J.; Bartrolí, J. Sustainability and Biorefineries: Dissolution of wood with ionic liquids. 16th European Biomass Conference & Exhibition. València, 2-6 June 2008. In press.

Puy, N.; Bartrolí-Molins, J.; Bartrolí-Almera, J.; Rieradevall, J.; Tabara, D.; Martínez, S.; Rigola, M. Utilització de la biomassa com a font de primeres matèries i d'energia. 2n Congrés Forestal Català. Tarragona, 26-28 September 2007.

Gasol, C.M.; **Puy, N.**; Rieradevall, J.; Gabarrell, X.; Bartrolí, J.; Tàbara, D.; Anton, A. Aplicació, Oportunitats i Inconvenients DE la Biomassa forestal i Cultius Energètics destinats a la producció d'energia. 2n Congrés Forestal Català. Tarragona, 26-28 September 2007.

S. Martínez; E. Julià; **N. Puy**; J. Bartrolí; J. Bartrolí; M. Rigola. Cultiu de ricí per l'obtenció de matèries primeres. 2n Congrés Forestal Català. Tarragona, 26-28 September 2007.

N. Puy, C.M. Gasol, J. Rieradevall, X. Gabarrell, J. Bartrolí, A. Anton, M. Rigola. Life Cycle Assessment of two bioenergy systems in two Mediterranean regions. LCM 2007. August 2007. Zurich.

Puy, N.; Gasol, C.M. Biomasa Forestal y Cultivos Energéticos: Aplicación, Oportunidades y Riesgos. Bioenergía. 1-2 March 2007. Madrid.

N. Puy; S. Martínez; J. Bartrolí Almera; M. Rigola, J. Bartrolí Molins; J. Rieradevall. A viability analysis of sustainable implementation of energy production systems using biomass in Catalonia (Spain). 14th European Biomass Conference & Exhibition. París, 17-21 October 2005. pp 438-441.

N. Puy; S. Martínez; J. Bartrolí Almera; M. Rigola, J. Bartrolí Molins; J. Rieradevall. Environmental analysis and impacts of forestry biomass residues cycle using life cycle assessment approach in Catalonia (Spain). LCM 2005 –

Innovation by Life Cycle Management International Conference. Volum 1. Barcelona, 5-7 September 2005. pp 522-527.

Calvet, E; Millán, A.C.; **Puy, N.**; Villarreal, M. Avaluació del potencial d'aprofitament de biomassa al Parc del Montnegre i el Corredor. Diagnosi ambiental al Parc del Montnegre i el Corredor (book chapter). Coord. Martí Boada, Joan Rieradevall. Edit. Jordi Hernández, Josep Melero. Àrea d'Espais Naturals. Xarxa de municipis. Diputació de Barcelona, 2005. pp 55-60.

RAMÓN MURILLO VILLUENDAS

- Doctor en Ciencias Químicas (plan de doctorado de Ingeniería Química) por la Universidad de Zaragoza (fecha de defensa de tesis Julio de 1998), habiendo obtenido la máxima calificación por unanimidad de Sobresaliente "Cum Laude".
- Master en Administración y Dirección de Empresas (MBA) por la Escuela Superior de Administración y Dirección de Empresas (ESADE) de la Universidad Ramón Llull. Programa "MBA full time", especialidad de Finanzas.
- Licenciado en Ciencias Químicas (especialidad de Ingeniería Química) por la Universidad de Zaragoza (promoción de junio de 1994).

La mayor parte de su carrera profesional ha estado dedicada a la investigación en el sector público y concretamente a la investigación en el área medioambiental dentro del "Grupo de Investigación Medioambiental" del Instituto de Carboquímica del CSIC en Zaragoza.

- Becario predoctoral: en enero de 1995 obtuvo una beca competitiva del Gobierno de Aragón para realizar la tesis doctoral que duró hasta diciembre 1998.
- Becario posdoctoral: tras la defensa de la tesis doctoral permaneció contratado con cargo a un proyecto europeo desde enero de 1999 hasta septiembre de 1999.
- Investigador contratado con cargo al programa Ramón y Cajal: en julio de 2001 consiguió un contrato en la primera convocatoria del Programa Ramón y Cajal, obteniendo la cuarta posición a nivel nacional dentro del área de Tecnología Química. Tras superar dos evaluaciones positivas en 2003 y 2005, la ANEP fue reconocido como "investigador de trayectoria destacada de acuerdo con los criterios establecidos en el Programa I3".
- Funcionario de Carrera: en noviembre de 2005 obtuvo una plaza de investigador de grupo A en régimen de libre concurrencia dentro de la "Escala de Científicos Titulares del CSIC". Hasta la fecha ocupó este puesto en el Instituto de Carboquímica del CSIC realizando tareas afines al cargo tales como investigación, dirección de trabajos, supervisión de equipos, etc.

Durante estos años estuvo involucrado en tres líneas de investigación de marcado carácter medioambiental:

- Procesos termoquímicos para el tratamiento de residuos y biomasa: en esta línea de investigación se estudian diversos procesos termoquímicos como la combustión, la gasificación y la termólisis, para el tratamiento de biomasa de origen vegetal y residuos. La escala de trabajo ha variado desde un tamaño muy reducido (miligramos en termobalanza) hasta escala piloto (planta en continuo para tratar más de 10 kg/h). En esta línea de investigación, se han abordado de igual manera tanto la ingeniería de los distintos procesos como su correspondiente impacto ambiental.
- Control de emisiones de compuestos orgánicos volátiles en procesos de combustión: en esta segunda línea de investigación se ha estudiado el problema que constituyen las emisiones de compuestos orgánicos volátiles (principalmente hidrocarburos aromáticos policíclicos o PAHs) en los actuales sistemas de generación de energía. Se ha profundizado en los posibles mecanismos que intervienen en su formación, optimización de combustores para minimizar las emisiones y en el desarrollo de tecnología de limpieza de gases en calientes para remediar estas emisiones aguas abajo del combustor y previamente a su salida por chimenea (adsorción y catálisis).
- Procesos de captura de CO₂ mediante ciclos de carbonatación/calcinación: esta línea de investigación desarrolla un proceso de captura de CO₂ en gases de combustión aprovechando el carácter reversible de la reacción de carbonatación del CaO para producir CaCO₃. Se trata de una línea de gran éxito que ha culminado con la constitución de una Agrupación de Interés Económico entre Endesa, Hunosa y CSIC para llevar a cabo el escalado de la tecnología y posterior implantación en las centrales térmicas de Endesa.

Como resumen, a lo largo de los más de catorce años de carrera investigadora, ha conseguido:

- Publicar más de 60 artículos en revistas internacionales punteras en sus respectivas áreas destacando Environmental Science and Technology, Industrial and Engineering Chemistry Research, Energy and Fuels, Carbon, etc.
- Desarrollar 4 patentes y transferir una de ellas al sector industrial.
- Participar en 20 proyectos de investigación, varios de ellos europeos o con empresas.
- Realizar más de 70 comunicaciones en congresos.
- Dirigir 3 tesis doctorales
- Dirigir 5 proyectos fin de carrera de la titulación de Ingeniero Químico de la Universidad de Zaragoza

JOSEP CASTELLS BOLIART

Datos Académicos:

- 1987 - Licenciado en Ciencias Químicas por la Universidad de Barcelona (Fac. Química).
- 1988 - Licenciado con Grado en Ciencias Químicas por la Universidad de Barcelona (Fac. Farmacia).
- 1994 - Doctorado en Ciencias Químicas por la Universidad de Barcelona (Fac. Farmacia).
- 1995 - Post-Doctorado en la Universidad de California, Berkeley (Fac. Química).

Resultado Científicos:

- Autor de 4 Patentes Internacionales concedidas + 6 Patentes en fase de presentación.
- Autor de 9 artículos científicos publicados en revistas internacionales de prestigio.
- Autor de 10 comunicaciones a congresos internacionales.
- 21 proyectos dirigidos de I+D industrial con la aprobación del los programas marco de la UE, Ministerios de Industria, Ciencia y Tecnología y Educación y Ciencia, Departament de Treball de la Generalitat.
- Proyectos tecnológicos para más de 300 clientes industriales.

Trayectoria Profesional:

- Impulsor, Co-fundador y Consejero Delegado de IUCT, S.A. desde su fundación Nov.1997 a la actualidad.
- Impulsor, Co-fundador y Consejero Delegado de "Catalonia Internet Service Provider, S.A". desde su fundación en el año1996 hasta su venta al Grupo Claranet (UK) en el año 2000.
- Profesor Ayudante y Profesor Asociado del Dept. de Química Farmacéutica de la Facultad de Farmacia. Unv. Barcelona (1989-1996).