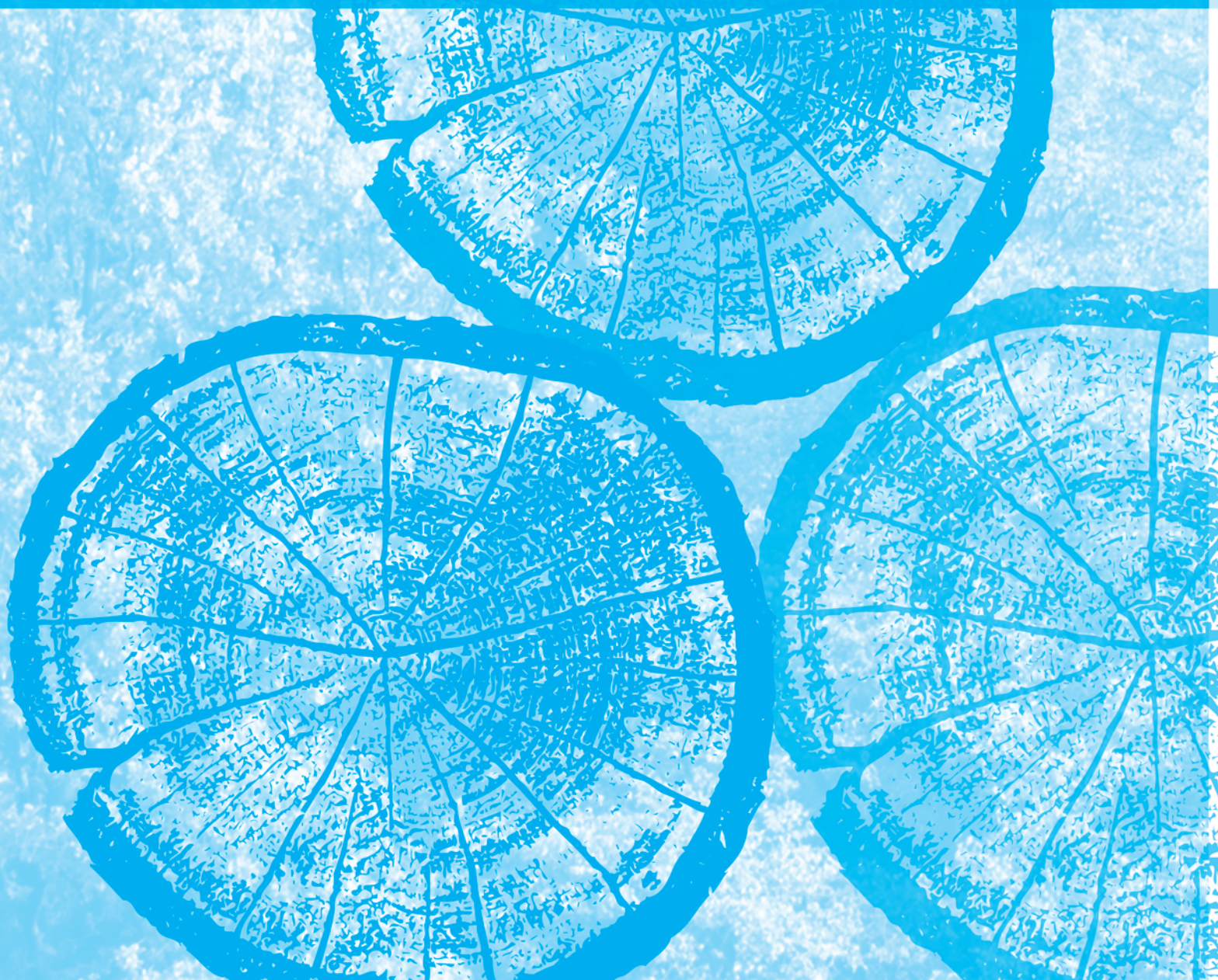




L'ús de la biomassa i la gestió dels boscos



Neus Puy, Santi Alier,
Jordi Bartrolí

Institut de Ciència i Tecnologia
Ambientals (ICTA) i Departament de
Química - Universitat Autònoma de
Barcelona

Els últims anys s'ha parlat a bastament sobre la possibilitat de què disposa Catalunya per a l'aprofitament de la biomassa forestal com a font d'energia, alternativa que s'ha vist reforçada en un context marcat per la manca de diversificació energètica i per la necessitat d'incorporar fonts d'energies renovables. El que no es coneix tant és el fet que no només es pot aprofitar la biomassa per generar energia, sinó que també es pot utilitzar per a l'obtenció de productes químics, fins ara fabricats a partir de derivats del petroli.

Entendre aquest nou tipus d'aprofitament suposa descriure què s'entén per biomassa i els diferents tipus, així com els processos per transformar-la i obtenir-ne energia, biocombustibles i productes químics. També cal donar especial importància al concepte de *biorefineria*, un sistema integrat d'aprofitament de biomassa a partir del qual s'obté energia, biocombustibles i productes químics, que actualment es fa servir en diferents localitats d'Europa i d'arreu del món.

Des del punt de vista d'utilitzar biomassa com a recurs, existeixen nombrosos estudis en què es constata un augment de les superfícies boscoses causat per la terciarització de l'economia catalana i la manca de rendibilitat dels productes forestals. 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 i Llongarri, 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 es pot destinar a aprofitaments fusters rendibles (Terradas, Ibáñez *et al.*, 2004).

Així doncs, factors com la subexplotació dels boscos, la manca d'un mercat forestal ben establert i el risc d'incendi 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.*).

No cal oblidar que són els ecosistemes socials i ecològics com els boscos els que ens proveeixen dels serveis i dels béns que garanteixen el nostre estil de vida. Una manera de mitigar els efectes negatius sobre aquests ecosistemes és convertir la biomassa en una varietat de productes químics, biomaterials i energia, maximitzant-ne el valor i minimitzant-ne els residus (Clark i Deswarte, 2008).

És en aquest punt que cal introduir el concepte de sistemes integrats de biomassa, que és el que s'entén per *biorefineria*. La biorefineria del futur serà anàloga al que avui són les petroquímiques: generarà diferents productes a partir de biomassa, en lloc de fabricar productes químics i energia a partir de petroli cru.

La indústria química actual està basada principalment en el petroli i el gas natural com a matèria primera, resultat pel qual actualment existeixen en el mercat més de 2.500 productes diferents basats en aquest recurs fòssil no renovable. 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. Si ho mesurem globalment, la indústria química requereix aproximadament el 7-8% del consum mundial d'hidrocarburs líquids i gasosos (Danner i Braun, 1999).



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 com una de les opcions més factibles per implantar en aquest moment. De fet, només quan s'aconsegueixi que la biomassa substitueixi de manera significativa els recursos fòssils (petroli, carbó i gas natural) podrem considerar que la indústria química pot arribar a ser realment sostenible (Jenk, Agterberg *et al.*, 2004).

Partint de la base de la possibilitat d'aprofitar la biomassa i, concretament, la biomassa forestal, cal primer explicar què s'entén per *biomassa* i els diferents tipus.

Biomassa com a primera matèria

Amb el nom de *biomassa*, que és un terme genèric, s'indica la quantitat de matèria viva produïda per plantes, animals, fongs i bacteris en una zona determinada, o també la quantitat d'energia que es pot obtenir directament o indirectament a partir d'aquests recursos biològics.

En general es pot dir que la biomassa representa una forma d'emmagatzemar una determinada quantitat d'energia. A títol d'exemple

les plantes. Una biomassa té en comú amb la resta de biomasses el fet de provenir en última instància de la fotosíntesi vegetal. En el procés de la fotosíntesi les plantes converteixen l'energia solar, l'aigua i el diòxid de carboni en sucres senzills (solubles) i en teixit.

Per tant, la composició de la biomassa útil com a font energètica i de producte químic està determinada pel conjunt de sucres, midons, cel·lulosa i hemicel·lulosa que tingui o pugui aportar. Però, quan es vol utilitzar la biomassa amb fins energètics, això implica que el conjunt de sucres i midons hauran de competir amb la indústria de l'alimentació, mentre que la cel·lulosa i l'hemicel·lulosa no han de competir, i en conseqüència, aquestes fonts energètiques marquen una clara diferenciació i tenen efectes molt diferents.

El gas natural i el petroli necessiten milers d'anys per transformar-se a partir de biomassa vegetal, i per tant, si aquesta es crema o s'aprofita químicament, la velocitat d'eliminació del recurs del seu embornal supera la velocitat de formació, i s'esgota la matèria del sistema. En canvi, la biomassa vegetal es renova contínuament, i tanca un cicle amb certa «rapidesa».

Taula 1. Percentatge de cel·lulosa, hemicel·lulosa i lignina per a diversos tipus de biomassa (adaptat de Mohan, Pittman *et al.*, 2006; Ragauskas, Williams *et al.*, 2006).

Font	Cel·lulosa %	Hemicel·lulosa %	Lignina %
Palla de civada	40-44	28-30	20-22
Fusta	44-50	26-30	17-30
Residu de canya de sucre	50	20	30
Residu de blat de moro	36	23	17
Palla de blat	33	25	23
Palla d'arròs	34	25	23

es diu que per cada tres quilograms de biomassa es pot aconseguir la mateixa energia que amb un litre de gasolina, ja que el poder calorífic mitjà de la biomassa és de 15 MJ/kg, mentre que el de la gasolina és de 44 MJ/kg i el del gasoil, 42 MJ/kg.

La font inicial de l'energia present en la biomassa és el sol. Aquesta energia solar queda emmagatzemada en forma d'energia química dins de

El percentatge en pes de la biomassa vegetal seca consisteix aproximadament en un 40-60% de cel·lulosa, un 20-40% d'hemicel·lulosa i un 10-25% de lignina. D'aquests tres productes només els dos primers són valoritzables, cosa que significa que quan s'aprofita la biomassa com a font energètica es genera un residu final. Cal mencionar també que no tots els tipus de biomassa contenen les mateixes quan-

titats de cel·lulosa, hemicel·lulosa i lignina. En la taula 1 es mostren algunes fonts de biomassa vegetal i forestal que il·lustren la diferent composició.

Existeixen dos tipus bàsics de biomassa: la biomassa natural que procedeix o es genera en la mateixa natura, i la biomassa residual que és produïda per les activitats humanes, i en aquest sentit engloba els residus sòlids urbans, els fangs de depuradora, els cultius energètics, les activitats procedents de la ramaderia, l'agricultura i l'explotació forestal, la indústria de la fusta, la indústria de l'alimentació i altres indústries. Una tercera forma de biomassa que no s'inclou en aquest estudi és l'anomenada «biomassa fòssil», ja que els combustibles fòssils són també una forma de biomassa, amb, normalment, un valor energètic intern més alt, i aquest és el motiu del seu elevat ús actual tant en combustibles com en qualitat de precursors d'altres productes desctables d'ús estès.

La biomassa natural pot arribar a tenir un considerable interès en els països en desenvolupament, perquè la fusta és el principal biocombustible en aquests països. La meitat de la producció anual de la fusta en roll s'utilitza per produir energia. Més de 2.000 milions de persones en el món depenen de la fusta per a les seves necessitats energètiques diàries, sobretot per cuinar, escalfar les llars i per a la petita indústria (Rosillo-Calle, Groot et al., 2007).

Les necessitats actuals han fet mirar amb interès la biomassa en aquesta part del món, fet que podrà afectar els boscos, ja que les superfícies forestals ocupen terres que podrien ser destinades a la producció agrícola per obtenir biocombustibles líquids. Per tant, la biomassa natural s'obre a dos camins totalment diferents, amb un equilibri que pot ser extremadament fràgil: l'ús racional pot donar lloc a una clara reducció de la pobresa amb una font energètica rendible i disponible localment però que hauria de ser respectuosa amb el medi ambient; tanmateix, també podria implicar la desforestació i la degradació dels boscos i de les terres fèrtils on fins ara estaven implantats.

Per contra, la biomassa residual s'obté com a conseqüència del continu avenç de la nostra civilització, que dona lloc en alguns casos a un problema important en els països rics tant per la magnitud com per les conseqüències. Aquesta biomassa és d'origen orgànic i per tant valoritzable, de forma que es pot equilibrar l'elevat cost del seu tractament amb el cost ambiental i social quan és utilitzada com a font energètica. Dins de la biomassa residual estan inclosos els residus agraris, ramaders i forestals, els residus industrials i els residus urbans.

Dins dels residus agraris, ramaders i forestals es poden citar les fraccions de les plan-

zones per complir amb demandes de mercat, sobretot per a la indústria de la fabricació de pastes de paper. No obstant això, la situació actual és diferent, atès que es tracta de convertir la biomassa en energia, i en aquesta direcció engloba cultius tradicionals (com ara la canya de sucre o la remolatxa, i plantacions forestals com pollancre, salzes i altres) o cultius poc freqüents en llocs de poca utilització com a resultat de condicions climatològiques especials (com els cards, les figueres de moro, les falgueres), o cultius aquàtics de les algues, tant les marines (els mars i oceans tenen una superfície considerablement superior a les zones de cultiu terrestre) com les algues d'aigua dolça, o de les plantes productores de combustibles líquids

Taula 2. Tipus de biomassa, processos i productes finals obtinguts.

Biomassa	Procés	Forma	Producte final
Oleaginosa	Extracció	Transesterificació	Èsters metílics
Seca	Termoquímica	Combustió	Calor / Electricitat
		Gasificació	Gas pobre / Gas síntesi
		Piròlisi	Biooli (combustibles)
Humida	Bioquímica	Fermentació	Etanol / bioalcohol
		Digestió aeròbica	Metà / Biogàs

tes cultivades que es produeixen en separar els fruits recollits, o les fraccions orgàniques que s'obtenen per facilitar el cultiu de les plantes, o els residus procedents de les branques, escorces, encenalls, serradures, fulles, podes dels arbres tant dels boscos com de jardineria, d'arbres fruiters i similars, o de les dejeccions dels animals, o d'altres residus procedents de les granges com a resultat de la mateixa estabulació dels animals. Tota aquesta font de biomassa agrícola i forestal depèn, però, de factors climatològics i per tant no controlables, com la radiació solar o la quantitat de pluja i nutrients, i per aquest motiu no s'aconsegueixen condicions homogènies de producció.

Una altra font important relacionada amb els residus agraris són els cultius energètics, és a dir, la utilització de plantes i arbres que tenen un creixement molt ràpid i amb un elevat índex per emmagatzemar energia. Són plantacions que tradicionalment s'han fet en determinades

similars als combustibles que s'estan utilitzant actualment per a l'automoció (palmeres, ricí, etc.).

Ara bé, no tots aquests cultius tenen el mateix impacte econòmic ni susciten el mateix interès nisensibilitat social, perquè poden presentar efectes negatius en les zones cultivables, o en els climes, o entrar en conflicte amb les necessitats humanes per a l'alimentació, i d'altres, tot i que el seu ús permet regular l'homogeneïtat de producció, que és un dels problemes que cal resoldre. Per tot això i amb vista a equilibrar l'homogeneïtat amb els problemes que es poden generar, sembla convenient que s'hagi d'harmonitzar la biomassa tenint en compte el principi de la sostenibilitat, és a dir, consumir com a molt el que es produeix, tot evitant, al mateix temps, pràctiques negatives com l'extracció excessiva de llenyes o l'establiment de monocultius a gran escala.



.....

**La biomassa representa una
forma d'emmagatzemar
una determinada quantitat
d'energia.**

.....

Els residus industrials procedents de molts sectors i processos donen lloc a la formació de biomassa: les conserves vegetals, les serradores, la producció d'olis, vi i fruites seques, són exemples típics de sectors industrials que produeixen biomassa. D'altra banda, entre els residus urbans n'hi ha dos d'àmplia projecció que topen amb el rebuig social pels problemes derivats de la seva producció: són els residus sòlids urbans i els residus procedents de les plantes de depuració d'aigües urbanes, que donen lloc a molèsties si no són tractats convenientment. Un cop descrits els tipus de biomassa, a continuació es descriuen els processos de transformació d'aquesta biomassa que s'utilitzen actualment en els diferents països.

Processos de transformació de la biomassa

.....

Per utilitzar la biomassa amb fins energètics, és evident que ha de passar per un tractament que permeti traspassar l'energia química en un combustible amb densitat energètica i física més elevada. Aquesta transformació s'ha dut a terme utilitzant diversos processos depenent de la qualitat de la biomassa tractada. Cal mencionar que si es canvien les condicions i prestacions del procés es poden millorar les característiques del producte final. A la taula 2 es detallen els processos i productes finals que es poden obtenir en cada procés.

A continuació s'explicitaran breument les principals característiques dels processos de transformació de la biomassa en energia. En general, en un procés d'extracció, un cop entra la biomassa a la planta cal un pretractament d'assecatge i trituració, fins a obtenir petites partícules que es poden sotmetre a l'extracció amb acetona o algun dissolvent similar, que s'haurà de recuperar (perquè és contaminant, i valoritzable). Extraccions posteriors amb hexà o benzè poden permetre l'obtenció d'un oli negre amb propietats similars als crus, perquè està constituït per hidrocarburs i un residu ric en proteïnes i hidrats de carboni que pot ser utilitzat com a matèria primera per produir etanol per fermentació. Depenent del tipus de biomassa agrícola que entra a la planta d'extracció s'utilitza un determinat dissolvent i per tant les fraccions que s'obtenen seran diferents, cosa que afecta el rendiment del procés d'extracció.

En canvi, els tractaments tèrmics són més complexos. La combustió (que ha estat la forma més tradicional i antiga d'utilitzar la biomassa per part de la humanitat), consisteix a utilitzar un excés d'oxigen o d'aire i obtenir diòxid de carboni, aigua, cendres i calor. La temperatura de la combustió està entre 600 i 1.300° C. La combustió es realitza de diverses maneres (amb fogonades a cel obert, amb calderes d'alt rendiment, etc.), però en tots els casos es pot obtenir calor, vapor o energia mecànica a partir del vapor. Dins de la combustió es pot incloure la incineració, que no està ben vista quan s'utilitza per cremar residus sòlids urbans, per les emissions de productes nocius (tot i la regulació) i perquè no té en compte el principi de reutilització dels productes. Els elements clau per realitzar una bona combustió des del punt de vista només energètic inclouen el forn (reactor), l'equip de recuperació de la calor (caldera) i el sistema d'utilització de l'energia (conducció del vapor i els turbogeneradors).

Una altra manera de realitzar un tractament termoquímic és la gasificació que es realitza en presència d'oxigen o d'aire, amb una quantitat d'oxidant que és entre un 10 i un 50% més petita que la que teòricament és necessària per aconseguir una combustió completa. Les temperatures que s'assoleixen en el gasificador assoleixen entre els 700 i els 1.500° C. En cas que la gasificació utilitzi aire, s'obté un gas pobre que serveix per

Taula 3. Rendiment màxim per a diversos subproductes obtinguts des del biooli d'una piròlisi (Bridgwater, 2005).

.....

Producte	% (EN PES)
Levoglucosan	30,4
Hidroxiacetaldehid	15,4
Àcid acètic	10,1
Àcid fòrmic	9,1
Acetaldehid	8,5
Alcohol furfurilic	5,2
Metilglioxal	4,0
Etanol	3,6
Formaldehid	2,4
Fenol	2,1
Acetona	2,0

.....

Els residus industrials

procedents de molts sectors
i processos donen lloc a la
formació de biomassa.

.....

produir calor i electricitat; quan la gasificació es realitza en presència d'oxigen, s'obté gas de síntesi, que s'utilitza per a la producció de líquids combustibles (com el metanol).

La piròlisi també és un procés termoquímic que consisteix en la descomposició de la biomassa a una temperatura més baixa, entre els 400 i els 600° C. El procés es realitza en absència d'oxigen i la biomassa resta en el reactor amb un temps de permanència molt curt, de pocs segons. Amb la piròlisi s'obtenen tres productes diferents: (a) líquid, conegut com a biooli; (b) gasos, i (c) sòlid, conegut com a carbó. Un altre dels avantatges associats a aquesta tecnologia són les noves estratègies que estan sorgint actualment, com l'anomenada *biochar bioenergy*, la qual no només considera que el balanç de diòxid de carboni provinent de la combustió de la biomassa és neutre, sinó que, a més, pot actuar com un embornal de carboni aplicant el producte sòlid (*biochar*) al bosc per aportar recursos minerals que s'havien extret prèviament (Lehmann, 2007). Per tant, aquests productes sòlids són valoritzables, sigui aplicant-los com a fertilitzant o sigui per a usos industrials, com la fabricació de carbó actiu.

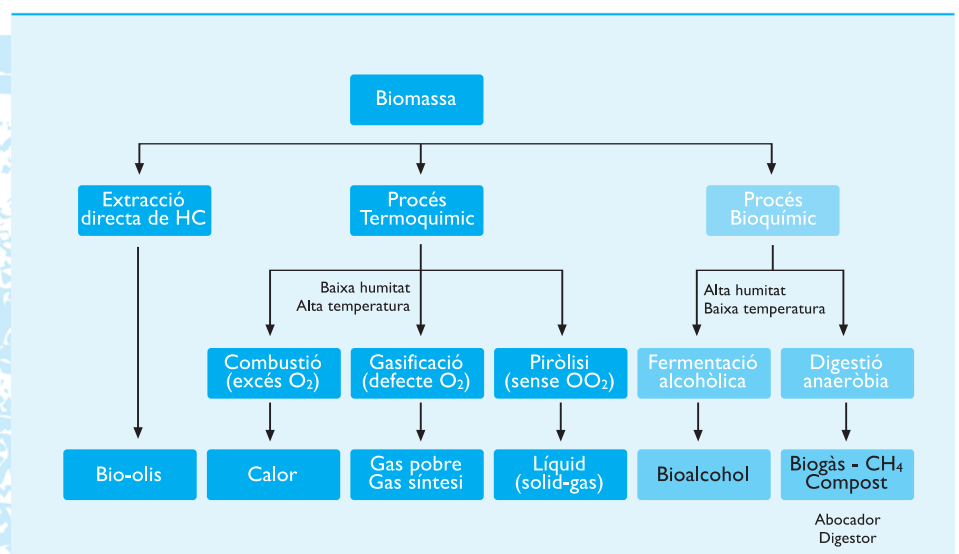
Per exemplificar el tema, és conegut que el biooli líquid produït en una piròlisi conté fins a 150 productes diferents: 12 àcids, 8 sucres, 5 aldehids, 4 alcohols, 32 cetones, 56 productes

fenòlics, 16 compostos oxigenats, 15 esteroïdes i 6 hidrocarburs. Però, a més, les empreses que han desenvolupat una planta pilot experimental de piròlisi, i han pogut continuar amb una de demostració, han aconseguit tenir actualment plantes productives amb capacitat de tractament de més de 200 tones per dia i han arribat a desenvolupar el concepte de *bio-refineria*, integrant la planta de piròlisi amb una fermentació o amb una gasificació, concepte que s'ampliarà en el proper apartat.

D'altra banda, la taula 3 mostra alguns dels rendiments màxims que s'han arribat a publicar d'alguns dels productes derivats i existents dins del biooli procedent d'una piròlisi. A més dels productes indicats cal recordar, com ja s'ha mencionat prèviament, que en la piròlisi es produeixen també fraccions sòlides i gasoses, que poden donar lloc a carbó actiu, aromes i d'altres, a més de millorar el contingut energètic del biooli des dels 17-19 MJ/kg fins als 45 MJ/kg, que forma part d'un dels objectius de la biorefineria.

Cal assenyalar, a més, que tots els processos termoquímics requereixen un pretractament de la biomassa, que consisteix, en general, en una trituració i de vegades en un assecatge de la biomassa. D'altra banda, cal recordar que antigament aquests tipus de processos eren utilitzats en forma de carboneres, s'agafava per exemple fusta d'alzina i s'encenia en un entorn on quedava tapada (és a dir, on es

Figura 1. Processos de tractament de la biomassa i productes que se n'obtenen.





consumia tot l'oxigen inicial, i posteriorment passava a ser o una piròlisi o una gasificació). D'aquesta manera la fusta de l'alzina es transformava en un carbó molt apreciat pel seu valor energètic, tot i que els gasos formats eren emesos directament a l'atmosfera, mentre que actualment es condueixen els gasos perquè tenen valor energètic.

La fermentació dels hidrats de carboni senzills (els sucres) o més complexos (midó, cel·lulosa) procedents de la biomassa vegetal permet obtenir bioalcohols. En aquest cas és necessari també un pretractament de la biomassa (principalment una trituració), seguit d'una hidròlisi en presència d'enzims o reactius químics. Actualment, la fermentació també s'està aplicant a la biomassa forestal perquè s'han pogut desenvolupar els enzims corresponents.

En la figura 1 es mostren els principals tractaments de la biomassa i els productes derivats en cada procés.

Tot el que s'ha exposat fins aquí sembla que indica que de la biomassa només es pot extreure electricitat, calor i combustibles com els bioalcohols. No obstant això, mitjançant els estudis dels diversos productes que s'han anat trobant amb l'ajut de les tecnologies esmentades s'ha vist que els productes obtinguts contenen altres subproductes que poden tenir més valor afegit. D'aquesta manera ha nascut el concepte de *biorefineria*.

Les biorefineries

Com ja s'ha introduït abans, les biorefineries són sistemes integrats d'aprofitament de biomassa en què es maximitza el seu valor. N'existeixen de diversos tipus, bàsicament es diferencien en 3 grans grups segons han anat evolucionant:

- *Biorefineries de fase I: un tipus de biomassa, un procés i un producte principal*
Les biorefineries de fase I utilitzen només un tipus de biomassa, estan actualment en funcionament i són econòmicament viables. En aquest punt hi hauria les biorefineries que produeixen biodièsel i glicerina a través de la transesterificació. Un altre exemple d'aquest tipus de biorefineries inclouria les indústries papereres, que produeixen etanol a partir de subproductes i productes d'etanol a partir de gra (Clark & Deswarte, 2008).

- *Biorefineries de fase II: un tipus de biomassa, múltiples processos i múltiples productes*

Les biorefineries de fase II es diferencien de les de fase I pel fet que poden produir diversos productes (energia, productes químics i materials) i, per tant, responen a la demanda de mercat, preus i els límits d'operació de la planta. Un exemple d'aquesta planta és la de Novamont (Itàlia), que utilitza el midó procedent del blat per produir productes químics, incloent polièsters biodegradables i termoplàstic (Origi-Bi; Mater-Bi, www.materbi.com).

- *Biorefineries de fase III: diversos tipus de biomassa, múltiples processos i múltiples productes*

Les biorefineries de fase III corresponen al tipus de biorefineria més avançada i desenvolupada que existeix actualment. No només són capaces de produir una gran varietat de productes químics i energia, sinó que són capaces d'utilitzar diversos tipus de matèries primeres mitjançant diversos processos. Existeixen diversos tipus de biorefineria de fase III i es resumeixen en la taula 4. La majoria d'aquestes biorefineries estan en fase de desenvolupament, tot i que n'hi ha algunes que ja estan en fase de producció, tal com s'explica més endavant.

Independentment de la classificació segons els tipus de biorefineries, de manera general es pot explicar què s'entén per biorefineria partint del procés de transformació de biomassa i dels productes que se n'obtenen. És a dir, si s'aplica un procés de piròlisi i se n'obtenen diversos productes químics a més d'energia, com ja s'ha citat anteriorment, s'està parlant de *biorefineria*.

En cas d'utilitzar un procés de gasificació dins del concepte de la *biorefineria*, es pot continuar la piròlisi amb una reacció de Fischer-Tropsch (com és el cas de Choren, Alemanya) o amb un hidrotractament (com és el cas d'Ensyn i de Dinamotive, Canadà) per produir gasolines. Aquests processos han deixat de ser projectes, ja que estan en fase d'explotació, i han necessitat una elevada suma de capital (alguns han estat finançats per la Comunitat Europea), que es tradueix en elevades produccions d'energia (fins a 100 MWe) i de productes finals (de diverses desenes de milions de litres de gasolina). A més, s'està observant una clara competència entre les empreses per demostrar millors eficiències de producció. Per tant, no és gens estrany anar observant millores de manera contínua en els productes obtinguts.

Taula 4. Principals característiques de biorefineries de fase III (R. Van Ree, B. Annevelink, 2007).

Tipus de biorefineria	Biomassa utilitzada	Tecnologies principals	Fase de desenvolupament
Biorefineria verda	Biomassa humida, gespa, alfals, etc.	Pretractament, pressurització, fraccionament, separació, digestió	Planta pilot
Biorefineria de cultius	Cultius (inclou palla), cereals (blat, blat de moro, etc.)	Factoria seca o humida; conversió bioquímica	Planta pilot
Biorefineria de lignocel·lulosa	Biomassa rica en lignocel·lulosa: fusta, palla, canya, eulàlia, etc.	Pretractament, hidròlisi enzimàtica, hidròlisi química, fermentació, separació	Planta pilot (CEE) Planta demostració (EUA)
Biorefineria de fraccionament	Tot tipus de biomassa	Combinació de la plataforma de sucre (conversió bioquímica) i la plataforma de formació de gas pobre (conversió termoquímica)	Planta pilot
Biorefineria termoquímica	Tot tipus de biomassa	Conversió termoquímica mitjançant piròlisi, gasificació, posterior depuració, separació de productes, síntesi catalítica	Planta pilot
Biorefineria marina	Biomassa aquàtica: microalgues i macroalgues	Trencament cel·lular, extracció de productes i separació	Investigació i desenvolupament

Figura 2. Producció d'etanol a partir de la fermentació de la biomassa agrícola.

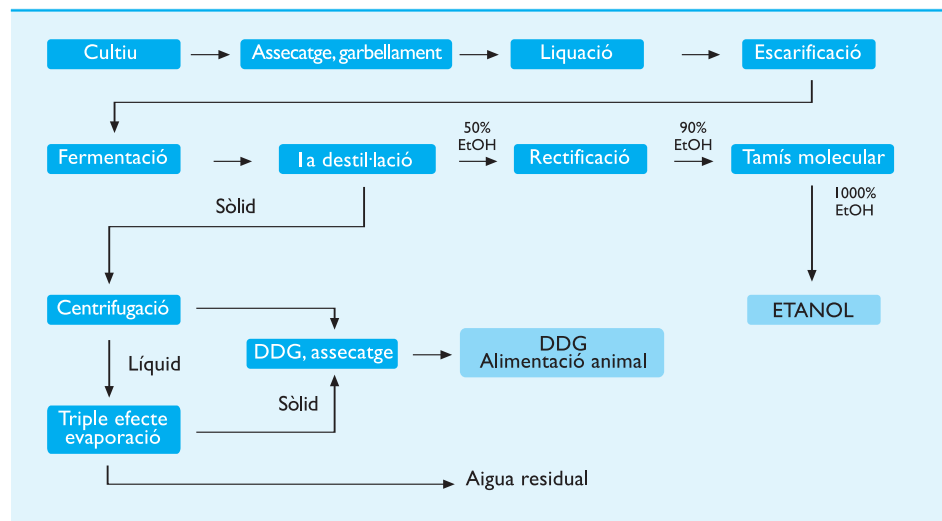
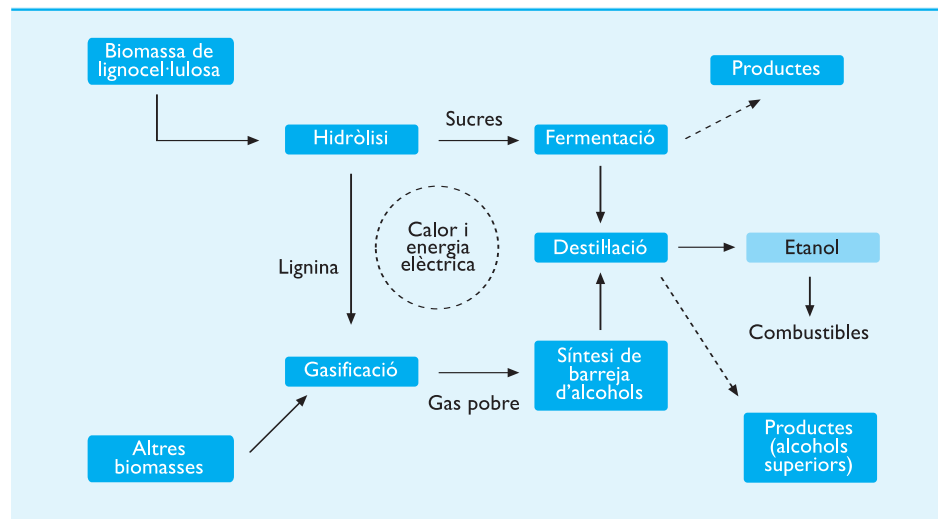


Figura 3. Concepte americà de biorefineria per a produir bioalcohols.



L'objectiu és, doncs, a partir de productes de baix valor, com ara plantacions agrícoles, zones silvícoles o altres, trobar productes d'alt valor afegit. Aquest fet pot dinamitzar importants zones que en el moment actual tenen una pobra percepció des del punt de vista econòmic, perquè, en general, la gent considera més rendible, econòmicament parlant, una finca prop del mar que no pas una finca forestal o agrícola. I és precisament en aquest punt on el concepte de *biorefineria* entra i on, per tant, pot ajudar a canviar aquesta perspectiva.

Taula 4. Principals característiques de biorefineries de fase III (R. Van Ree, B. Annevelink, 2007). D'altra banda, atès el pobre rendiment que es pot obtenir d'aquestes zones, bé agreujat en moltes ocasions pels baixos preus dels productes que se n'obtenen, bé com a resultat d'altres interessos generals o fins i tot d'altres interessos industrials, tot plegat provoca que en aquestes zones no hi hagi tota la dedicació que convindria. El resultat és que es produeix una quantitat de biomassa addicional per any que fa que

el futur d'aquestes zones sigui molt incert, ja que la majoria de la biomassa que es produeix només pot arribar a ser un biocombustible important en cas d'incendi, i malmetem una font energètica i de productes químics que tenim a l'abast i davant nostre.

Això no vol dir que l'ús de la biomassa (forestal o agrícola) sigui el revulsiu actual d'aquestes zones, però segur que podrà ajudar a reduir i minimitzar els costos, i en funció de l'evolució del preu de l'energia, la biomassa forestal i agrícola podrà dinamitzar la situació. En aquest sentit, i segons un estudi presentat per l'ICAEN al Col·legi d'Enginyers Industrials, es preveu que en una situació normal i gens extraordinària l'energia pugui duplicar els valors actuals. Si aquestes prediccions es compleixen, i seguint les pautes del mateix estudi, la biomassa forestal i agrícola pot arribar a situar-se a preus de 120 euros la tona. És necessari considerar que aquest és un preu excepcionalment elevat i engrescador; atès que els preus de la biomassa forestal i agrícola estan avui en dia molt per desota de la meitat de l'indicat, cosa que provoca que no hi hagi una especial predisposició forestal, perquè els costos de recollida poden arribar a ser més alts que els preus de venda.

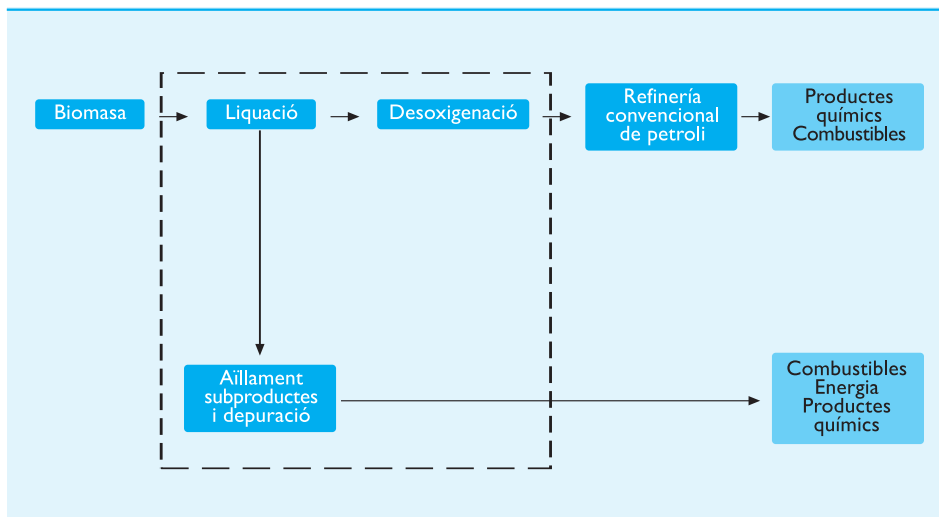
Fins aquí s'ha explicat la producció d'etanol a partir de biomassa agrícola mitjançant un procés de fermentació, biorefineries existents a Brasil i als Estats Units, el procés de les quals es mostra resumit en la figura 2.

Si, en lloc d'utilitzar biomassa de cultius agrícoles que competeixen amb l'alimentació animal i humana, s'utilitzen residus de biomassa agrícola i forestal, es poden produir i obtenir els biocombustibles de segona generació. El motiu d'utilitzar els residus, sobretot forestals, és pel fet que la lignina, que és la part de la vegetació que encara no és fermentable actualment, i que està en una proporció entre el 20-30%, subministra el 40-50% del contingut energètic útil de la biomassa. En la figura 3 es mostra la visió americana per a una biorefineria utilitzant residus forestals.

Els primers estudis realitzats han donat una indicació que la producció de biocombustibles a partir de residus lignocel·lulòsics implica uns costos que estan per sota dels 0,37 €/litre (Jones, 2009), i aquest cost comença a ser inter-



Figura 4. Diagrama de la planta pilot de la biorefineria de VTT, Ensyn, Shell i d'altres.



.....
**per tal de saber si una
biorefineria pot ser rendible**

cal saber si la biomassa

per tractar és la més

òptima.



ressant. No està tan clar quina és la millor tecnologia, perquè el tractament de la lignocel·lulosa és actualment incert, ja que alguns opten per la fermentació (via enzims, bacteris o fongs) i d'altres per tractaments tèrmics. Per tant, amb els diferents projectes de recerca que s'estan duent a terme no és estrany que els propers anys es vegin avenços considerables que reduiran els costos de producció i d'explotació de les biorefineries.

El projecte que està liderant VTT (Finlàndia), entre altres empreses, per realitzar una planta pilot de biorefineria ha implicat un pressupost de 13,3 milions d'euros (que ha finançat amb 7,6 milions la Comunitat Europea), té una durada de 5 anys i es va iniciar el 2006. La quantia de la inversió cal tenir-la present com a referència en cas de voler fer una planta pilot. En la figura 4 es mostra el corresponent diagrama de blocs.

És evident que cal tenir responsables amb prou coneixements per desenvolupar tècnicament les millors condicions de treball i obtenir els mínims costos d'explotació dins d'una biorefineria, i per tant, cal que en aquests projectes intervinguin empreses que disposin dels mitjans oportuns, ja que la suma d'experiències sensibles normalment és sinònim d'obtenció de resultats òptims. Cal mencionar, d'altra banda, que molts dels projectes actuals estan orientats només a l'obtenció de biocombusti-

bles o biogasolines, perquè és clara la demanda d'aquest producte i dels costos globals. Tanmateix, no s'ha d'oblidar que es poden obtenir altres productes d'alt valor afegit com, per exemple, formaldehid o d'altres.

En teoria es poden produir molts productes diferents a partir dels principals precursors de la biomassa: carbohidrats, midó, hemicel·lulosa, cel·lulosa, lignina, lípids, olis i proteïnes. No obstant això, només els que siguin realment viables a partir de camins tradicionals de producció o després de la investigació en una planta pilot seran els que s'aniran produint a escala industrial en un futur.

És evident que per tal de saber si una biorefineria pot ser rendible cal saber si la biomassa per tractar és la més òptima.

No cal oblidar que moltes indústries actuals són, de fet, una forma convencional de biorefineria. Per exemple, la indústria del sucre, midó, olis vegetals, alimentació, fusta, pasta de paper (de la fusta), petroquímica i la indústria que produeix biocombustibles es poden incloure en el grup de les biorefineries tradicionals. Això significa que aquestes indústries utilitzen tecnologies de conversió i de depuració per separar la biomassa en altres productes i residus, tot i que aquestes indústries només volen produir un o dos productes de l'espectre global de productes químics que es deriven de la biomassa.

El futur de la biomassa i les biorefineries

Els principals interessos per utilitzar biomassa per abastir les necessitats energètiques i de productes químics són:

- Diversificar els subministres energètics dins d'Europa, que actualment estan molt concentrats en pocs proveïdors.
- Reduir les emissions dels gasos amb efecte d'hivernacle.
- Crear llocs de treball directes.

Aquests interessos es poden aconseguir, a més, sense que es produeixin nivells més alts de contaminació ni altres perills ni perjudicis ambientals, ja que, com s'ha dit anteriorment, el balanç de la combustió de la biomassa és neutre quant a emissions de diòxid de carboni.

En resum, es pot afirmar que queda un ampli marge d'actuació per tractar altres tipus de biomasses dins del nostre país, on s'està produint un augment important de les masses boscoses que donen peu a un increment potencial de risc d'incendis, tant per la baixa explotació silvícola com per polítiques forestals poc determinants, i amb la pràctica anul·lació dels ajuts que s'havien tingut de l'Administració.

Ara bé, aquest marge d'actuació ha d'anar acompanyat dels principis de sostenibilitat necessaris, tant per gestionar els boscos, com per implantar sistemes industrials com els descrits en aquest article. Una explotació intensiva i no sostenible del sotabosc i dels residus forestals podria portar a una extracció de biomassa per sobre de la capacitat de càrrega del sistema, cosa que afectaria de manera crítica els diversos ecosistemes presents a la zona produint una disminució i destrucció d'hàbitats, una disminució d'individus i, fins i tot, d'espècies, amb la consegüent pèrdua de diversitat.

Mesures com el manteniment del mosaic del paisatge, introduint cultius energètics a fi de fragmentar les grans masses forestals, representen una gran oportunitat per dinamitzar no només els nostres boscos, sinó també l'economia. La piròlisi de biomassa, que permet valoritzar tots els productes que se n'obtenen (biooli, gasos i biochar), pot ser una tecnologia clau tant en el

futur dels boscos com en l'obertura d'un nou mercat energètic. Aquesta tecnologia, a més, pot ser mòbil, perquè l'ús de plantes de piròlisi mòbils permet disminuir els costos del transport de biomassa i facilita la introducció d'aquests nous sistemes d'aprofitament de biomassa. Aquest aprofitament, unit a la futura entrada del biooli de la piròlisi en una biorefineria, pot ser un canvi clau en la gestió dels boscos i en la indústria d'aquest país. ●

Referències

(IDESCAT), S. I. o. C. «Territori i medi ambient», Anuari estadístic de Catalunya 2005, <http://www.idescat.net/cat/idescat/publicacions/anuari/ae.html> (consultat el 09/24/06), 2006.

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

BRIDGWATER, T. *Fast pyrolysis based biorefineries*, ACS, Washington DC, Bio-Energy Research Group, Aston University, Birmingham, UK, 2005.

CLARK, J. H., DESWARTE, F. E. I. *Introduction to Chemicals from Biomass*, York, John Wiley & Sons, 2008.

DANNER, H., BRAUN R. «Biotechnology for the production of commodity chemicals from biomass», *Chemical Society Reviews*, 28: 395-405, 1999.

DOMENJÓ, I., LLONGARRIU A. *Panència marc del bloc d'Indústria i productes forestals. Beneficis i oportunitats*, 2n Congrés Forestal Català, 2007.

JENK, J. F., AGTERBERG F., et al. «Products and Processes for a Sustainable Chemical Industry», *Green Chemistry*, 6: 544-556, 2004.

JOANATI, C., J. RODRÍGUEZ, et al. Pla de biomassa, àmbit forestal. Barcelona, Conveni de col·laboració entre el Centre de Recerca Ecològica i Aplicacions 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, 2001.

JONES, S. B. *Production of gasoline and diesel from biomass via fast pyrolysis, hydrotreating and hydrocracking: A design case*, Richland, Washington, Pacific Northwest National Laboratory, 2009.

LEHMANN, J. «Bio-energy in the black», *Frontiers in Ecology and the Environment*, 5(7): 381-387, 2007.

MOHANI, D., PITTMAN, C. U. et al. «Pyrolysis of Wood/Biomass for Bio-oil: A Critical Review», *Energy & Fuels*, 20(3): 848-889, 2006.

PUY, N., TABARA, D. 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, versió revisada.

RAGAUSKAS, A. J., WILLIAMS, C. K. et al. «The Path Forward for Biofuels and Biomaterials», *Science*, 311 (5760): 484-489, 2006.

ROSILLO-CALLE, F., GROOT P. D., et al. *The biomass assessment Handbook*, Padstow, Cornwall, Earthscan, 2007.

TERRADAS, J., IBÁÑEZ J. J., et al. *Els boscos de Catalunya: estructura, dinàmica i funcionament*, 2004.