

**Desenvolupament sostenible dels  
boscós mediterranis.  
Centre del sector forestal, a Sant Celoni.**

*- INFORME RESUM -*

fundació  
abertis



Institut de medi Ambient (IMA)  
Universitat de Girona (UdG)

icta



Institut de Ciència  
i Tecnologia Ambientals • UAB

**Investigadors:**

Neus Puy Marimón

Jordi Bartrolí Almera

Jordi Bartrolí Molins

Joan Rieradevall

Sergio Martínez Lozano

Elena Julià Maset

Miquel Rigola Lapeña

**Octubre 2007**

# ÍNDEX DE CONTINGUT

<b>1.</b>	<b>INTRODUCCIÓ</b>	<b>5</b>
<b>2.</b>	<b>ANÀLISI DAFO DEL PROJECTE DE CENTRE DEL MÓN FORESTAL A SANT CELONI</b>	<b>6</b>
2.1	Anàlisi de col·laboradors i “competidors”	6
2.2	Definició de productes i serveis	6
<b>3.</b>	<b>QUÍMICA VERDA I BIOREFINERIES</b>	<b>7</b>
3.1	Quantificació dels residus de biomassa a Catalunya i Espanya	8
3.2	El ricí com una alternativa per a mantenir el mosaic del paisatge	9
3.3	Part experimental: Dissolució i fraccionament dels components de la biomassa forestal per a una possible obtenció de productes químics.	10
3.3.1	Part experimental: Pre-piròlisi de la biomassa forestal	11
3.3.2	Dissolució i fraccionament dels components de la biomassa (cel·lulosa, hemicel·lulosa i lignina)	11
3.4	Divulgació	11
<b>4.</b>	<b>REFERÈNCIES</b>	<b>12</b>



# 1. INTRODUCCIÓ

Aquest projecte parteix de l'anterior projecte *La biomassa com a font de matèries primeres i d'energia: Estudi de viabilitat al Montseny i Montnegre-Corredor* (Bartrolí Molins, Bartrolí Almera et al. 2005), on es revisava l'estat de l'explotació de la biomassa forestal en general, tenint en compte les experiències externes i la lògica d'una explotació local. Aquest primer estudi es va localitzar a la zona del Montseny i el Montnegre-Corredor, zona caracteritzada per tenir una activitat significativa en la valorització dels recursos forestals.

Així, al llarg de l'estudi d'ambdós projectes, s'ha vist que actualment el sector forestal està en un procés de renovació absolutament canviant. S'ha perfilat una clara necessitat de veure cap a on s'orienta la ciència i la tecnologia forestals, així com els nous usos socials d'aquests paisatges que no estan quiets i que són forestalment acumulatius.

Per aquest motiu, es va resituar Sant Celoni, a causa de les seves particularitats històriques, geogràfiques i econòmiques, com la localització ideal per tal d'impulsar un Centre del Sector Forestal, que permetés un recorregut històric des dels inicis de l'activitat forestal fins les perspectives futures, tot passant per l'anàlisi de la situació present. Tal i com es va plantejar, aquest centre contemplaria tres àmbits dins les seves línies d'acció estratègiques: àmbit educació, àmbit territori i àmbit recerca.

Així doncs, aquest projecte té com a objectiu principal detectar les possibles potencialitats d'aquest Centre del Sector Forestal, així com desenvolupar parcialment les seves línies d'acció estratègiques.

D'aquesta manera, s'ha dividit aquest projecte en dues parts principals:

- I) **El centre del sector forestal** a Sant Celoni, projecte impulsat des de l'ICTA amb la col·laboració de l'Ajuntament de Sant Celoni i l'Associació de propietaris del Montnegre i del Corredor, que es basa en la projecció d'un centre del món forestal a Sant Celoni que serveixi per impulsar les potencialitats socioeconòmiques del sector a la regió i donar una projecció positiva del municipi a l'exterior. Es basa en una anàlisi DAFO, la qual és una tècnica de diagnòstic qualitatiu que s'ha utilitzat per a detectar les debilitats, les amenaces, les fortaleses i les oportunitats presents i de futurs del projecte de centre que es planteja.
- II) **Química verda i biorefineries**. Per tal de desenvolupar l'Àmbit Recerca, un dels eixos del centre, s'ha aprofundit en l'Impuls i estudi de nous usos de la biomassa forestal.

En aquest projecte es diferencien tres apartats sobre la Química verda i les biorefineries:

## 1) Quantificació dels residus de biomassa a Catalunya i Espanya

En aquest apartat s'actualitza la informació i la quantificació sobre recursos disponibles de diferents tipus de biomassa duta a terme a l'anterior projecte.

## 2) El ricí com una alternativa per a mantenir el mosaic del paisatge

Es planteja aplicar cultius agrícoles energètics com una possibilitat de mantenir el mosaic del paisatge i així evitar els riscos d'incendi associats a la continuïtat actual de les masses forestals. Aquest mosaic del paisatge facilita el corredor ecològic entre ecosistemes i permet augmentar la biodiversitat, a més d'evitar riscos d'incendis.

A més, amb aquest tipus de cultius, es fomenta la recuperació de parcel·les agrícoles abandonades a causa del despoblament rural, a més de proporcionar un valor afegit a aquest tipus d'agricultura.

En aquest projecte s'escull el ricí (*Ricinus communis*) com una alternativa aplicable, a causa de les seves característiques, per tal de mantenir el mosaic del paisatge.

**3) Part experimental: Dissolució i fraccionament dels components de la biomassa forestal per a una possible obtenció de productes químics.**  
Aquesta part experimental consta de dues fases:

- a) Pretractament de les estelles de biomassa forestal – “Pre-piròlisi” de la biomassa forestal
- b) Dissolució i fraccionament dels components de la biomassa (cel·lulosa, hemicel·lulosa i lignina)

**4) Divulgació**

A continuació es presenta de forma resumida els resultats i les conclusions extretes d'aquestes dues parts principals estudiades al llarg del projecte.

## **2. ANÀLISI DAFO DEL PROJECTE DE CENTRE DEL MÓN FORESTAL A SANT CELONI**

L'anàlisi DAFO és la tècnica de diagnòstic qualitatiu que s'ha utilitzat per detectar les debilitats, les amenaces, les fortaleces i les oportunitats presents i de futurs del projecte de centre que es planteja.

### **2.1 Anàlisi de col·laboradors i “competidors”**

Nombroses institucions o projectes són alhora potencials col·laboradors o “competidors” del projecte. En funció de com s'acabi definint el projecte i el paper que aquestes institucions hi desenvolupin aquestes institucions actuaran com a col·laboradors o “competidors”. Les dues principals institucions que poden desenvolupar aquest doble paper són: Centre Tecnològic Forestal de Catalunya (CTFC) i el Consorci Forestal de Catalunya (CFC).

Per altra banda les experiències existents a la zona poden ser en certa manera també potencials “competidors” o col·laboradors segons com s'acabi definint el projecte. La principal iniciativa que pot desenvolupar aquest paper és el centre tecnològic dedicat parcialment a la biomassa que s'impulsa a Sant Hilari Sacalm.

Apuntar també les dificultats que pot tenir l'ajuntament de Sant Celoni per impulsar simultàniament diversos projectes relacionats amb el món de la recerca i la investigació: Observatori de la Tordera, Sant Llorenç de Vilardell, Centre Forestal.

### **2.2 Definició de productes i serveis**

El centre mitjançant les seves àrees de treball podria oferir un conjunt de productes i serveis en els seus tres àmbits de treball, d'acord amb seva especialització temàtica. Cal considerar que l'aplicació d'aquests productes i serveis no té perquè ser simultània en el temps i que per tant el projecte de centre podria ben bé considerar diverses fases d'execució.

De manera estratègica per la continuació i impuls del projecte es plantegen 2 línies de treball:

- 1) Incorporar determinats actors forestals de pes en el projecte. Existeixen contactes avançats amb el CTFC i el CFC de cara a incorporar-los al conveni de 2007-2008.
- 2) Tant l'ICTA com l'Ajuntament de Sant Celoni estan treballant temes de recerca medi ambiental en un altre projecte com és l'Observatori de la Tordera, caldria estudiar si existeixen sinergies positives a aprofitar entre ambdós projectes a la vegada que contemplar en quins aspectes poden estar produint-se solapaments o competència.

A banda d'aquestes línies estratègiques de treball, a la Figura 1 es detallen els principals productes i serveis que es creu el centre podria donar en cadascun dels àmbits.

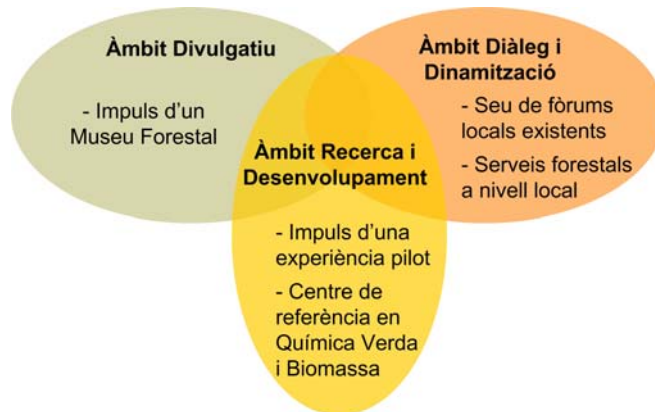


Figura 1. Principals productes i serveis que es creu que el Centre del món forestal podria oferir als diferents àmbits.

### 3. QUÍMICA VERDA I BIOREFINERIES

En aquest apartat s'exposa la quantificació de residus de biomassa a Catalunya i Espanya; la cerca bibliogràfica sobre el ricí; la part experimental sobre dissolució i fraccionament de la biomassa forestal per a una possible obtenció de productes químics; i, finalment, el subapartat de divulgació del projecte, que inclou les participacions en el 2n Congrés Forestal Català.

S'entén com a biorefineria una unitat integrada 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).

Un exemple de biorefineria seria la d'una indústria paperera que produeix no només per al mercat del paper sinó que també produeix bioetanol, productes químics tals com aldehids i, a més, genera energia elèctrica aprofitant el calor derivat dels seus propis processos (Figura 3).

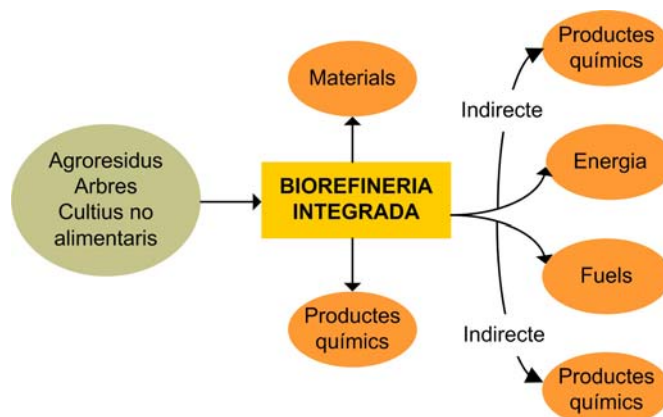


Figura 2. Biorefineria Integrada, des d'una varietat de primeres matèries produeix productes químics, energia i biocombustibles.

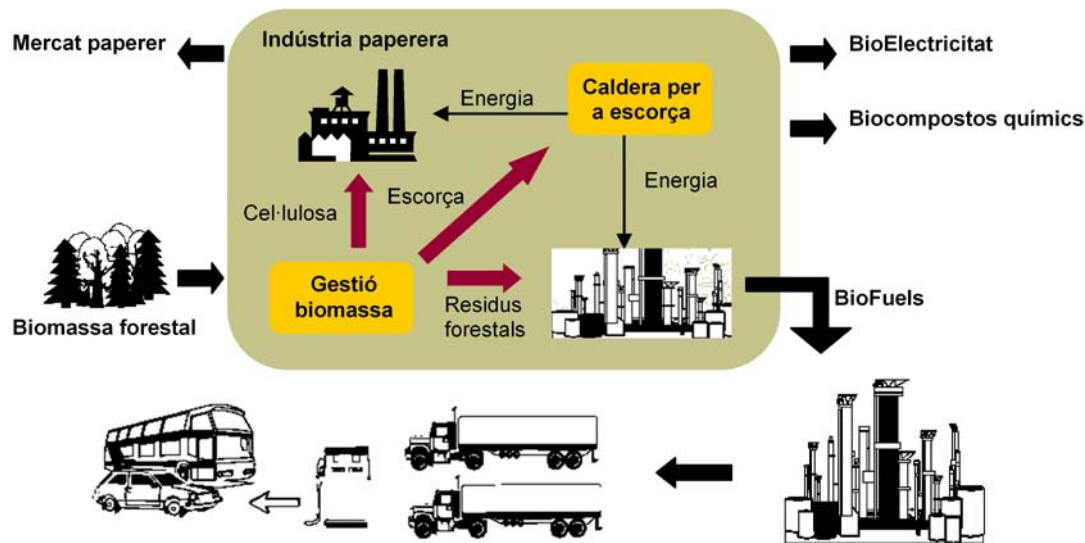


Figura 3. Exemple de biorefineria conjuntament amb la indústria paperera.

### 3.1 Quantificació dels residus de biomassa a Catalunya i Espanya

Considerant totes les tipologies de residus de biomassa generats a Catalunya, una quantitat de 2,2 milions de tones de residus de biomassa poden ser valoritzables per a l'obtenció d'energia (veure Taula 1). Tenint en compte una eficiència d'un 30% en una planta de generació elèctrica, es generarien un total de 2560 GWh d'electricitat.

Com es pot observar a la Taula 1, la principal biomassa present a Catalunya que aprofitable energèticament són els cultius energètics (923.000 tones), amb una representació del 38% sobre el potencial energètic total calculat. Els cultius energètics vénen representats principalment per la colza, el card i la melca.

Una altra fracció de residus important també aprofitables energèticament són els que provenen de les indústries agrícoles (588.000 tones). Aquests residus representen el 24% del potencial energètic calculat. Pel que fa a la biomassa llenyosa que prové de collites en la silvicultura, normalment aquests tipus de residus s'utilitzen en forns petits, principalment en petites calderes amb propòsits de calefacció.

La tercera fracció de residus més important avaluada és el CdR (279.000 tones). Aquest valor s'ha calculat a partir del total de residus municipals generats a Catalunya al 2004, considerant que aproximadament el 50% es generarien a la regió metropolitana de Barcelona, essent aquests residus més fàcilment valoritzables energèticament. S'ha considerant una eficiència de separació del paper i del plàstic del 72.3% i 49.0% respectivament. La quantitat potencial de paper i plàstic de ser valoritzada energèticament representa un 19% sobre el potencial energètic total calculat.

L'energia produïda pels diferents residus de biomassa (inclòs el CdR) quantificats, podria contribuir a la producció d'energia amb fonts renovables a Catalunya d'un 21,8% a un 25,4% l'any 2010.

A partir d'aquestes dades i considerant un factor de generació de CO<sub>2</sub> per una planta de generació elèctrica a partir de gas natural de 0,40 tones de CO<sub>2</sub>/MWh, al voltant d'1,02 milions de tones de CO<sub>2</sub> es podrien evitar d'emetre a l'atmosfera substituint aquest combustible fòssil per residus de biomassa en els processos de generació d'energia.

Taula 1. Valors resultants de la quantificació de la biomassa.

	Existència de biomassa (milers de tones, base seca/any)	Residus de biomassa susceptibles de ser valoritzats energèticament (milers de tones, base seca/any)	Potencial energètic (ktep)	Contribució (%)
<b>Biomassa d'origen forestal</b>				
Existència biomassa forestal	76.500*	-	-	-
Residus de biomassa forestal	878	246	73,8	10,1
Residus d'indústries forestals	236	6	2,1	0,3
<b>Biomassa d'origen agrícola</b>				
Residus agrícoles de cultius no energètics	602	-	-	-
Residus d'indústries agrícoles	588	588	176,4	24,1
Cultius energètics	923	923	276,9	37,8
<b>Biomassa d'origen industrial</b>				
	Fems: 7.513 milers de tones Purins: 13.222 milers m <sup>3</sup>	-	-	-
Fems i purins		-	-	-
Residus de la indústria del cuir i la pell	42	8	3,1	0,4
Residus de desfets de carn (farines)	-	112	42,2	5,8
<b>Biomassa d'origen municipal</b>				
Fracció orgànica de residus municipals (FORM)	176	-	-	-
Fangs depuradores	142	41	20,6	2,8
Residus de poda i jardineria	73	-	-	-
Residus de fusta	147	-	-	-
Combustible derivat de residus (CdR)	558	279	137,6	18,8
		<b>2203</b>	<b>732,7</b>	<b>100,0</b>

\*Quantitat absoluta de biomassa, expressada en milers de tones en base seca.

### 3.2 El ricí com una alternativa per a mantenir el mosaic del paisatge



Figura 4. Il·lustració del ricí.

El ricí (*Ricinus communis*) és una planta de la família de les euforbiàcies l'origen de la qual es fixa en el continent Africà. La seva característica principal són les seves llavors que contenen l'oli de ricí, el qual es caracteritza per tenir un 90% d'àcid ricinoleic en els seus àcids grassos. El ricí (Figura 4) és una planta que té com a hàbitat òptim les zones calentes del món, és dir, les regions tropicals i subtropicals. En aquestes zones es sol trobar de forma salvatge, no obstant, per propòsits de cultiu, el ricí també s'ha distribuït a molts països temperats del món. A nivell mundial, les millors condicions climàtiques es troben a l'Índia, el Brasil i els països del sud d'Àsia.

La planta del ricí és una planta molt variable morfològicament degut a l'elevada quantitat de varietats conegudes. A les zones tropicals és una planta perenne que viu uns 10 anys aproximadament i que aconsegueix una alçada elevada; mentre que a les zones temperades és una planta anual i molt més petita. El ricí no és una planta gaire existent; donat un terra ben drenat i humit, sense gebrades i ric en nutrients, la planta produeix un bon creixement i recollida. No obstant, segons la fase del cicle en la que es trobi el ricí, els requeriments són diferents. Es destaca el requeriment d'una temperatura elevada en la fase de maduració de les llavors (mitjana de 40°C) per tal d'aconseguir una bona qualitat de l'oli. En general, els

rendiment són generalment pobres, de l'ordre de 500-900 kg/ha tot i que en certs punts de l'Índia s'han aconseguit rendiments de dins a 3.000kg/ha.

La llavor del ricí és una llavor que s'ha produït globalment en quantitats estables ja fa molts anys. Actualment l'Índia està ocupant una posició dominant en el mercat del ricí, fet que les activitats especulatives en els mercats indis són un impediment important pel creixement del consum de l'oli de ricí. També es pot destacar la Xina i el Brasil com a principals països productors i exportadors de llavors de ricí. Prenent com a referència les exportacions de l'Índia, els preus del ricí són de l'ordre de 650 €/tona aproximadament.

L'oli de ricí té una gran varietat d'aplicacions; a nivell mundial és venut principalment per a usos industrials i farmacèutics. Existeixen quatre grans aplicacions que ofereixen oportunitats a l'oli de ricí: com a plàstics, com a producte industrial (ús químic), cosmètics i medicinals/terapèutics. En el cas dels plàstics, a partir de l'oli es pot sintetitzar polioli i altres polímers de diferents característiques. Degut a aquest fet, els components de l'oli de ricí presenten una gran versalitat d'aplicació amb propietats superiors als polímers derivats del petroli. Últimament també s'està plantejant l'ús de ricí com a biocombustible; aquest es pot obtenir per a transesterificació amb metanol i presència d'un catalitzador tot i que actualment el preu no és suficientment competitiu.

Amb tot això, s'aconsegueix tenir una visió global de la planta del ricí, es conclou la necessitat de recerca del cultiu i es destaca l'interès europeu de potenciar el cultiu a les regions del Sud d'Europa.

### 3.3 Part experimental: Dissolució i fraccionament dels components de la biomassa forestal per a una possible obtenció de productes químics.

En aquesta part del projecte, s'ha dut a terme de manera qualitativa la dissolució i fraccionament dels tres components de la biomassa, per així facilitar el seu posterior tractament per tal d'extreure'n productes químics. L'esquema general plantejat per tal de valoritzar la biomassa forestal cap a l'obtenció de productes químics i energia, es mostra a la Figura 5.

Principalment, es poden diferenciar dues parts principals: (1) l'assecatge o "pre-piròlisi" de la biomassa forestal i (2) la dissolució i fraccionament dels components de la biomassa. Els resultats experimentals d'ambdues parts es presenten a continuació.

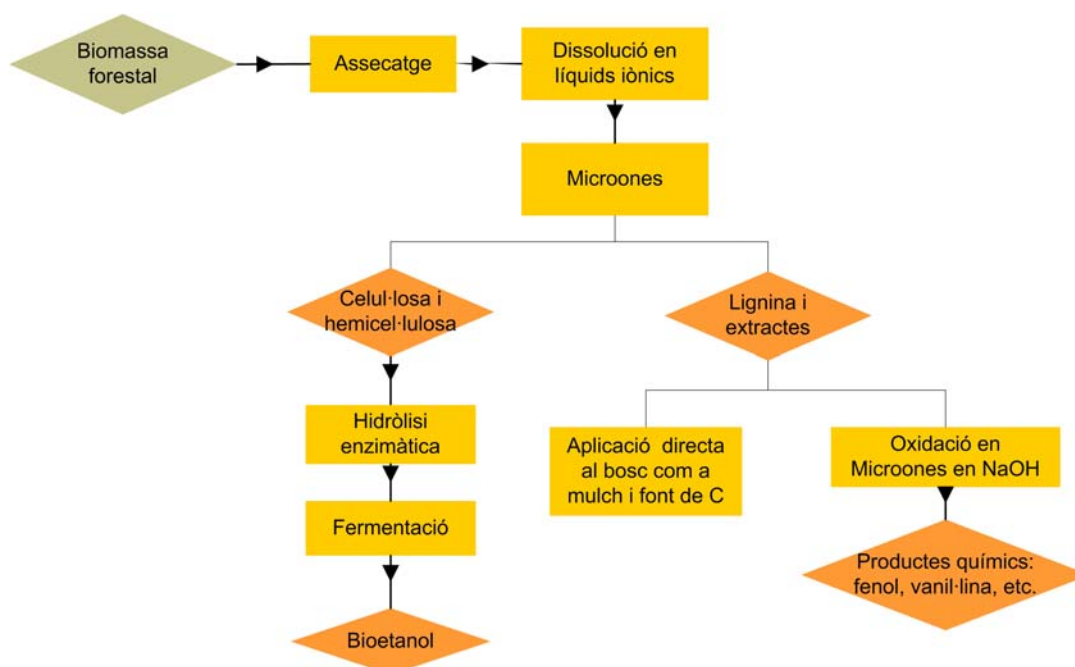


Figura 5. Esquema del plantejament del procés de valorització de la biomassa forestal mitjançant el fraccionament dels seus components i el seu posterior ús.

### 3.3.1 Part experimental: Pre-piròlisi de la biomassa forestal

Com l'objectiu principal és dissoldre les estelles de biomassa forestal mitjançant l'addició de líquids iònics i l'aplicació de microones, es necessita eliminar el contingut d'aigua de les estelles forestals acabades d'extreure del bosc, ja que la presència d'aigua amb el líquid iònic s'ha demostrat que decreix significativament la solubilitat de la cel·lulosa i, per tant, el rendiment de fraccionament dels components de la biomassa (Swatloski, Spear et al. 2002).

Aquesta pre-piròlisi de la biomassa forestal (Figura 6) es va dur a terme a l'Institut de Carboquímica (Saragossa), que desenvolupa la seva activitat científica a l'àrea de Ciències i Tecnologies del CSIC (Consejo Superior de Investigaciones Científicas).



Figura 6. Imatges de la pre-piròlisi de biomassa a l'Institut de Carboquímica (d'esquerra a dreta): Reactor; Biomassa abans de l'assecatge; Biomassa assecada i aigua condensada procedent de l'assecatge.

### 3.3.2 Dissolució i fraccionament dels components de la biomassa (cel·lulosa, hemicel·lulosa i lignina)

Per tal d'aprofundir en l'obtenció de productes químics a partir de la biomassa forestal, es realitza un fraccionament d'aquests tres components majoritaris de la biomassa (cel·lulosa, hemicel·lulosa i lignina) mitjançant l'aplicació de líquids iònics i microones (Swatloski, Spear et al. 2002; Remsing, Fort et al. 2006; Zhu, Wu et al. 2006; Fort, Remsing et al. 2007). Aquesta separació es duu a terme als Laboratoris de Química Orgànica de la Universitat Autònoma.

Així, un cop les estelles de biomassa forestal han estat assecades, s'addicionen a la sal d'imidazolina. Un cop aplicat el microones a una temperatura controlada de 120 °C, s'observa que les estelles s'han dissolt amb el líquid iònic. Posteriorment, s'addiciona aigua per tal de fer precipitar la cel·lulosa. La solució final es filtra i així se separa la cel·lulosa i l'hemicel·lulosa de la lignina i extractes, que resten en solució amb el líquid iònic. Aquest líquid iònic se separa mitjançant una extracció en columna i així es recupera la part orgànica formada per la lignina i els extractes de la biomassa forestal.

Com a conclusió, s'ha pogut observar qualitativament la dissolució de les estelles de biomassa forestal mitjançant l'addició del líquid iònic, així com la recuperació de la cel·lulosa precipitant-la mitjançant l'addició d'aigua.

## 3.4 Divulgació

Per tal de difondre la recerca i el coneixement adquirit en aquest projecte, es participa en el 2n Congrés Forestal Català (2007). En aquest congrés (veure Figura 7) es van realitzar dos tipus d'aportacions que es resumeixen a continuació:

- (1) Participació en la redacció de la Ponència Marc del Bloc 3. Indústria i Productes Forestals. Beneficis i Oportunitats.
- (2) Presentació de dues comunicacions orals:

- a. *Cultiu de ricí per a l'obtenció de matèries primeres, al Bloc 6. Temàtica Lliure – Subbloc 6.1. Botànica, ecologia i genètica.*
- b. *Utilització de la biomassa com a font de matèries primeres i d'energia, al Bloc 3. Indústria i Productes Forestals. Beneficis i Oportunitats.*



Figura 7. Fotografies del 2n Congrés Forestal Català (Arnau Urgell).

## 4. REFERÈNCIES

(2007). Catalunya, un País de Boscos: Gestió Forestal i Tecnologia del Sector Forestal. 2n Congrés Forestal Català, Tarragona.

(2007). Conclusions preliminars. 2n Congrés Forestal Català, Tarragona.

Bartrolí Molins, J., J. Bartrolí Almera, et al. (2005). La biomassa com a font de matèries primeres i d'energia: Estudi de viabilitat al Motnseny i Montnegre-Corredor, Institut de Ciència i Tecnologia Ambientals-UAB, Insitut de Medi Ambient - UdG, Fundació Abertis.

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

Domenech, X. (2005). Química Verda.

Fort, D. A., R. C. Remsing, et al. (2007). "Can ionic liquids dissolve wood? Processing and analysis of lignocellulosic materials with 1-n-butyl-3-methylimidazolium chloride." Green Chemistry **9**(1): 63-69.

Remsing, R. C., D. A. Fort, et al. (2006). "Use of ionic liquids for the processing and analysis of lignocellulosic materials." Abstracts of Papers of the American Chemical Society **231**.

Swatloski, R. P., S. K. Spear, et al. (2002). "Dissolution of Cellulose with Ionic Liquids." J. Am. Chem. Soc. **124**(18): 4974-4975.

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