



Escola Superior d'Agricultura de Barcelona

# VIABILITAT TÈCNICA I ECONÒMICA DEL CÀNEM INDUSTRIAL ALS SECANS FRESCALS I SEMIFRESCALS DE CATALUNYA



Gil Gorchs Altarriba  
Eduard Hernández Yáñez  
Jordi Comas Angelet

Desembre de 2006

# VIABILITAT TÈCNICA I ECONÒMICA DEL CÀNEM INDUSTRIAL ALS SECANS FRESCALS I SEMIFRESCALS DE CATALUNYA

Estudi realitzat per:

**Gil Gorchs Altarriba**  
**Eduard Hernández Yáñez**  
**Jordi Comas Angelet**

Escola Superior d'Agricultura de Barcelona  
Universitat Politècnica de Catalunya

Estudi encarregat per:

**Generalitat de Catalunya**  
**Departament d'Agricultura, Alimentació i**  
**Acció Rural**

Desembre de 2006

Foto portada: Vista de l'assaig rotació cànem — blat el 15 de juny de 1996 a Merlès (Gil Gorchs).

**Imprès en paper de cànem (canemuixa) lliure de clor**

# SUMARI

RESUM .....	1
1. Aprofitament del cànem industrial.....	3
1.1 Aprofitament de la fibra.....	3
1.2 Aprofitament del gra.....	6
2. Evolució del cultiu a Europa.....	7
2.1 Principals països europeus productors.....	7
2.2 Evolució del cultiu del cànem a la UE.....	8
3. Aplicacions energètiques del cànem.....	10
3.1 Introducció .....	10
3.2 Tecnologies d'aprofitament de la biomassa.....	14
3.3 Característiques del recurs .....	15
3.4 Aplicacions del cànem com biocombustible .....	15
3.4.1 Aplicacions elèctriques.....	16
3.4.2 Aplicacions tèrmiques .....	23
4. El cultiu i l'aprofitament del cànem a la Catalunya central .....	27
5. Ecologia del cultiu .....	30
5.1 Implantació. Creixement vegetatiu lent.....	30
5.2 Creixement actiu del cultiu.....	32
5.3 Collita.....	34
6. Resultats experimentals al Lluçanès.....	36
6.1 Efecte de la dosi de sembra i de la fertilització nitrogenada sobre la densitat de plantes .....	36
6.2 Efecte de la dosi de sembra i de la fertilització nitrogenada sobre el diàmetre de la tija .....	38
6.3 Efecte de la dosi de sembra i de la fertilització nitrogenada sobre la qualitat de la fibra.....	40
6.4 Efecte de la dosi de sembra i de la fertilització nitrogenada sobre el rendiment en gra .....	42
7. Material vegetal disponible.....	45
8. El cànem i el medi ambient.....	47

9. Possibilitats del cànem en els sistemes de cultiu dels secans frescals i semifrescals de Catalunya .....	51
9.1 El cànem és un bon precedent per al blat .....	52
9.2 Resultats experimentals al Lluçanès sobre l'efecte positiu del cànem en el blat .....	53
9.3 Consideracions econòmiques sobre el cultiu del cànem .....	58
9.3.1 Escenaris de producció possibles .....	58
9.3.2 Marges bruts estimats per a diferents cultius a l'àrea de cultiu del cànem .....	61
10. Conclusions .....	65
11. Referències bibliogràfiques .....	67
ANNEXOS .....	73
Annex 1: Unitats energètiques .....	75
Annex 2: Fulls de cultiu i marges bruts .....	77

## Índex de figures

Figura 1. Aprofitament del cànem a la UE-25, 2001 .....	3
Figura 2. Proporció de fibra cortical i fibra central (canemuixa).....	4
Figura 3. Aprofitament de la fibra cortical del cànem a la UE-25, 2001.....	5
Figura 4. Aprofitament de la fibra del cilindre central (canemuixa).....	6
Figura 5. Aprofitament del gra del cànem a la UE-25, 2001 .....	6
Figura 6. Distribució de la superfície de cultiu del cànem industrial a la UE-25 .....	7
Figura 7. Possibilitats d'aprofitament energètic de la biomassa .....	11
Figura 8. Tecnologies d'aprofitament biomassa (Kaltschmitt (2006).....	14
Figura 9: Esquema generació electricitat a partir de palla (Acciona, Sangüesa) .....	17
Figura 10. Esquema alimentació caldera co-combustió.....	19
Figura 11. Esquema sistema district heating.....	24
Figura 12. Isohietes mitjanes anuals a Catalunya. Delimitació de zones segons règim de pluges (López i Serra, 1995).....	27
Figura 13.. Diagrama ombrotèrmic de Prats de Lluçanès.....	28
Figura 14. Camps de cànem a Sagàs .....	28
Figura 15. Recol·lecció del gra a Olost.....	35
Figura 16. Densitat de cultiu a naixença i a collita i mortalitat (%) en funció l'adobat nitrogenat ( $\text{kg N ha}^{-1}$ ) i la dosi de sembra ( $\text{kg ha}^{-1}$ ). .....	37
Figura 17. Diàmetre de la tija (mm) a la base (punt fosc) i a inici de la inflorescència.....	39
Figura 18. Rendiment de fibra cortical, de fibra (de la fibra cortical) i de canemuixa a collita en funció de l'any, la dosi de nitrogen i la dosi de sembra.....	41
Figura 19. Rendiment de gra a Collita 2 (maduració gra), segons l'adobat nitrogenat ( $\text{kg N ha}^{-1}$ ) i la dosi de sembra ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) aplicada al cànem.....	43
Figura 20. Inflorescència de planta mascle, femella, i monoica.....	46
Figura 21. Detall del cultiu on es pot observar la fulla caiguda al sòl i l'absència de males herbes a l'interior de la parcel·la .....	47
Fig. 22. Comparació global sobre la benignitat sobre l'entorn en relació a els principals cultius seguint 26 criteris objectius .....	49
Figura 23. Esquema de la rotació cànem—blat estudiada a Merlès.....	53
Figura 24. Rendiment de gra (14% d'humitat) del blat en funció de la rotació. ....	54
Figura 25. Densitat d'espigues i pes del gra segons la rotació.....	55
Figura 26. Diferència entre els agregats estables pretractats amb alcohol i els estables a l'aigua .....	56
Figura 27. Nitrogen nítric en el sòl a filloleig i després de collir el blat segons la rotació.....	57

## Índex de taules

Taula 1. Objectius del Pla d'acció sobre la biomassa europeu .....	10
Taula 2. Objectius biomassa PER .....	10
Taula 3. Objectius biomassa .....	11
Taula 4. Criteris per l'avaluació dels efectes mediambientals del cànem .....	12
Taula 5. Balanç i rendiment energètic conreus .....	13
Taula 6. Productivitat i balanç energètic del cànem .....	13
Taula 7. Composició del cànem .....	15
Taula 8. Contingut en cel·lulosa, hemicel·lulosa, lignina i poder calorífic.....	15
Taula 9. Rendiments i tecnologies de combustió biomassa.....	16
Taula 10. Característiques dels combustibles .....	18
Taula 11. Generació elèctrica amb conreus energètics .....	19
Taula 12. Determinació retribució pagès (plantes de biomassa).....	20
Taula 13. Generació elèctrica amb co-combustió en central tèrmica de carbó.....	20
Taula 14. Producció d'energia a la Central Tèrmica de Cercs (FREE) .....	21
Taula 15. Determinació retribució al pagès (co-combustió) .....	22
Taula 16. Determinació retribució al pagès en els nous escenaris .....	22
Taula 17. Exemple domèstic casa unifamiliar 150 m <sup>2</sup> i 6 messos calefacció l'any.....	23
Taula 18. Xarxa de calor centralitzada .....	25
Taula 19. Referències d'instal·lacions district heating .....	25
Taula 20. Exportacions d'elements nutritius del cultiu del cànem .....	33
Taula 21. Efecte rotació del cànem en el rendiment de gra del blat.....	55
Taula 22. Escenaris possibles de producció del cànem a Catalunya segons el tipus de varietat, la data de collita i l'objectiu de producció. ....	59
Taula 23. Marges bruts estimats per a diferents cultius al Berguedà-Lluçanès. ....	61
Taula 24. Variació del marge brut del cànem per a fibra o biomassa collit a floració (varietats de fibra) en funció del preu i del rendiment de palla.....	62
Taula 25. Variació del marge brut del cànem per a gra i fibra o biomassa collit a maduració del gra (varietats de fibra) en funció del preu del gra i de la palla. ....	63
Taula 26. Variació del marge brut del cànem per a gra i fibra o biomassa collit a maduració del gra (varietats de gra) en funció del rendiment i del preu del gra i de la palla. ....	63

## RESUM

Actualment es considera que els cultius de fibra són els “nous” cultius a desenvolupar, de forma similar al que succeí amb els cultius oleaginosos durant la segona meitat del segle XX, perquè donen productes (fibra i cel·lulosa) dels quals la UE i els països desenvolupats en són deficitaris i són més benignes per al medi ambient que les alternatives ara utilitzades.

Entre els cultius de fibra, el cànem (*Cannabis sativa* L.) desperta un gran interès, perquè és font de múltiples productes industrials renovables, també alimentaris, i té el perfil adequat per ajudar a establir sistemes agrícoles més sostenibles. El cànem és probablement el cultiu de fibra més ben adaptat a les condicions climàtiques dels secans frescals i semifrescals de la Catalunya Central, on ha esdevingut el cultiu idoni per conrear en rotació amb el blat. Malauradament, el trasllat de la planta de l'empresa que processava la palla (Agrofibra SL) a França ha provocat la desaparició del cultiu durant el 2006.

Una de les opcions que actualment presenta molt interès és l'aprofitament energètic de la biomassa. Tanmateix, el cànem no té cap punt fort i no ha aconseguit ser imprescindible per a cap de les múltiples utilitzacions possibles. Per diverses raons, especialment perquè ha estat una planta foragitada de la investigació i actualment té diverses debilitats a resoldre. Alguns punts a estudiar són:

- Els factors que limiten la producció del cànem, particularment algunes limitacions fisiològiques (pèrdua de plantes i fulles, cicle, etc.).
- La tecnologia per la separació i el processat de la fibra.
- La selecció i l'obtenció de noves varietats de gra i de fibra adaptades a les condicions de Catalunya, així com el valor nutritiu que presenten.
- La viabilitat tècnica i la tecnologia òptima per utilitzar la biomassa per a l'obtenció d'energia elèctrica i tèrmica.
- El valor del cànem per a la sostenibilitat i l'agricultura ecològica

Els atots que reuneix el cànem justifiquen plenament que l'administració prengui un seguit de mesures per aprofitar les possibilitats de futur que ofereix aquest cultiu. Entre aquestes mesures es poden destacar les següents:

- Crear les condicions que facin possible tornar a enllaçar el sector productiu i la indústria del cànem a Catalunya
- Promoure l'eliminació de la normativa actual que obliga a sembrar un mínim de 40 kg llavor ha<sup>-1</sup>, o baixar-la a la meitat com a mínim.
- Fer accessible per al cànem ajuts agroambientals per inclusió en la rotació de cultius o per l'eficàcia com a tallafocs.
- Impulsar la investigació i el desenvolupament dels nous productes del cànem. Incentivar-ne les aplicacions industrials i estendre'n el coneixement.



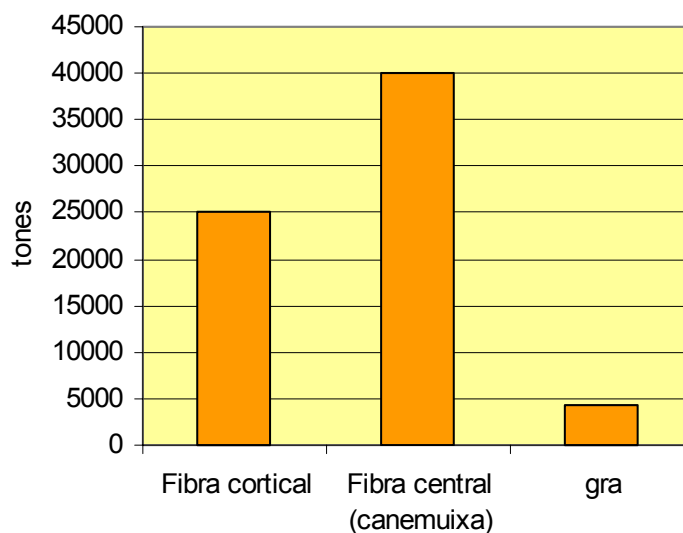


## 1. Aprofitament del cànem industrial

El cànem industrial (*Cannabis sativa* L.), espècie originària d'Àsia Central, és una de les plantes cultivades més antigues i versàtils conegudes per l'home. La seva utilització data del neolític (Abel, 1980, Dempsey, 1975).

Tradicionalment, aquest cultiu s'ha aprofitat principalment per la seva fibra. També es pot aprofitar pel gra.

Per al conjunt de la UE per a l'any 2001, producció d'unes 25.000 tones de fibra cortical, d'unes 40.000 tones de fibra del cilindre central, anomenada canemuixa, i d'unes 4.300 tones de gra (Karus, 2002).



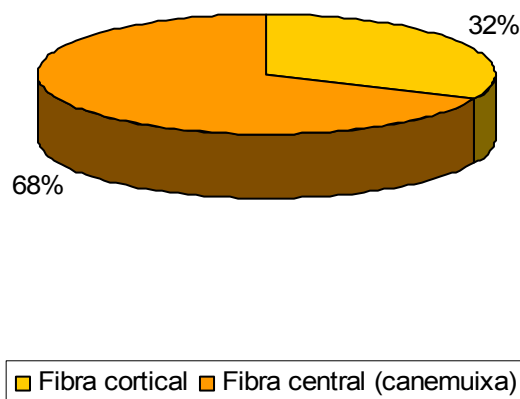
**Figura 1. Aprofitament del cànem a la UE-25, 2001 (Karus, 2002)**

De la planta del cànem també es poden obtenir cannabinols que s'han utilitzat amb finalitats medicinals, rituals i recreatives. De tota manera, actualment a la Unió Europea només es permet el cultiu de culti-vars registrades que tinguin un nivell de THC ( $\Delta^9$  tetrahidrocannabinol) inferior al 0,2% sobre matèria seca (CE, 2000)

### 1.1 Aprofitament de la fibra

Per a l'aprofitament de la tija del cànem cal separar la fibra cortical, també anomenada fibra del floema, dels teixits situats a l'interior del cambium, és a dir del cilindre central o canemuixa (Ranalli, 1999).

En general, la fibra cortical representa un 32% de la tija, mentre que la canemuixa un 68% (Gilabert, 1981; Meijer, 1994). El fet que aquestes dues fibres siguin, morfològica i químicament, molt diferents fa que s'hagin de considerar dues matèries primer distintes.



**Figura 2. Proporció de fibra cortical i fibra central (canemuixa) en el cànem (Gilabert, 1981; Meijer, 1994)**

### **La fibra cortical**

La fibra cortical està formada per fibres llargues (uns 20 mm), amb un alt contingut de cel·lulosa (67%) i un baix contingut en lignina (4%), cosa que les fa molt aptes per a la fabricació de teixits, cordes, sacs i paper. Darrerament la fibra cortical s'utilitza també per a la manufactura de compòsits d'alta tecnologia (Van der Wef *et al.* 1994b)

El valor de la tija depèn primerament de la proporció de fibra cortical, per a les utilitzacions que requereixen fibra llarga (p. ex. tèxtil, compòsits d'alta tecnologia, paper).

Per a tèxtil i per a compòsits d'alta tecnologia és necessita un rendiment alt en fibres primàries individualitzades, la qual cosa depèn del contingut en fibra cortical de la tija i del procés de separació emprat (separació mecànica de la tija, separació de les fibres per a enzims, etc.) (Keller *et al.*, 2001; Dreyer *et al.*, 2002). També interessa un contingut baix en fibres secundàries (dificulten la separació), entre molts altres aspectes (Mediavilla *et al.*, 2001).

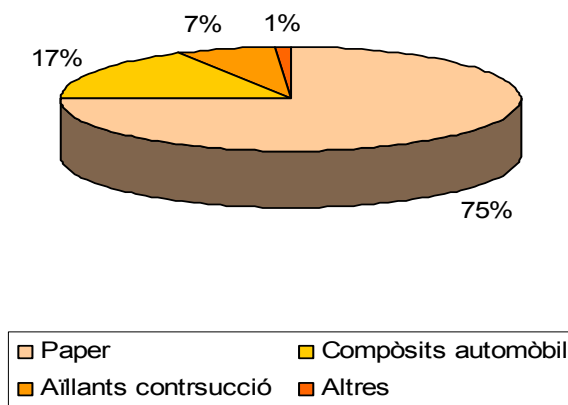
Com a matèria primera per a paper, la fibra cortical també és més valuosa perquè les fibres són més llargues, el contingut en cel·lulosa més alt, i el contingut en lignina més baix que en la canemuixa (Van der Werf *et al.* 1994b).

A més a més, per a la fabricació de paper, és desitjable un contingut baix en lignina, donat que la lignina es treu mitjançant procediments nocius per al medi ambient (lleixius). D'aquí que, per a paper, també interessin més les fibres primàries (les secundàries tenen més lignina i són més curtes), si bé obtenir fibres individualitzades no és transcendent perquè durant el procés de fabricació de la pasta ja s'alliberen sense problema.

Per a la producció de pasta i paper, l'avaluació completa de les matèries primeres es realitza amb els mètodes normalitzats de la "Technical Association of the Pulp and Paper Industry" (TAPPI) (cel·lulosa, hemicel·lulosa i lignina, principalment). El procediment T-212 om-88 (TAPPI, 1988) permet estimar el rendiment en pasta d'una matèria primera (fibra cortical o canemuixa en el nostre cas) extraient els elements no fibrosos (solubles) d'una mostra mòlta bullida en una solució d'hidròxid de sodi (1%).

Per valorar la qualitat de la tija de cànem, primer s'ha de determinar la proporció de fibra cortical a la tija, ja que és la fracció amb major valor econòmic. Després caldrà avaluar els paràmetres adequats per a cada aplicació. Per a pasta per paper, estimant el rendiment en pasta de la fibra cortical segons el mètode simplificat de la norma T-212 (Van der Werf, 1994) es té una informació valuosa de la qualitat de la tija de cànem, permetent discriminar la qualitat de diverses mostres.

Actualment, 2001, a la UE l'aprofitament de la fibra cortical és el següent: paper un 75%, compòsits per a la indústria de l'automòbil un 17%, aïllants per a la construcció un 7%, i altres un 1% (Karus, 2002).



**Figura 3. Aprofitament de la fibra cortical del cànem a la UE-25, 2001 (Karus, 2002)**

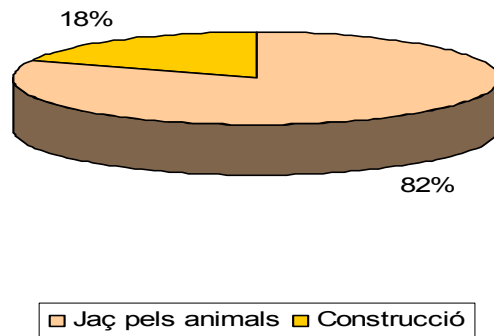
### **La canemuixa**

La canemuixa, formada per fibres curtes (0,55 mm), amb un contingut de cel·lulosa moderat (38%) i un alt contingut en lignina (18 %).

Les referències que tracten sobre els trets que marquen la qualitat de la canemuixa són molt escasses, a diferència del que succeeix amb la fibra cortical. S'ha estudiat la utilització de la canemuixa com a matèria primera per a paper, el qual té unes característiques similars al paper produït amb fusta dura (De Groot *et al.*, 1998).

La canemuixa és molt adequada per jaç d'animals, perquè és molt absorbent (de sis a vuit vegades el seu pes; Brunet, 2000), fàcilment compostable, fàcil de manejar i ha de ser clara i lliure de fibra cortical (Karus i Lesson, 1997). Però no s'especifiquen els paràmetres que permeten valorar la qualitat ni quins factors hi influeixen. Utilitzada per a la fabricació de materials de construcció, tampoc no es troben referències que detallin els trets més convenients de la canemuixa.

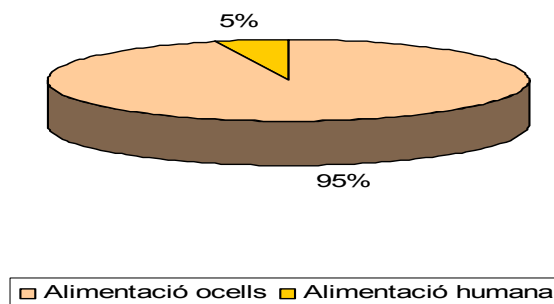
Actualment a la Unió Europea, els dos principals usos son com a jaç pels animals un 92% i per a la construcció un 8% (Karus, 2002)



**Figura 4. Aprofitament de la fibra del cilindre central (canemuixa)  
Del cànem a la UE-25, 2001 (Karus, 2002)**

## 1.2 Aprofitament del gra

El gra del cànem s'ha utilitzat com aliment i pel seu oli (Mela, 1992; Karus i Lesson, 1997). Actualment, dades de 2001, a la Unió Europea, un 95% del gra s'aprofita per a l'alimentació dels ocells i un 5% per a l'alimentació humana. No obstant, l'ús per a alimentació humana està guanyant terreny i ha esdevingut l'objectiu de producció a països com el Canadà. Avui es considera un aliment valuós, degut al fet de tenir àcids grassos i aminoàcids essencials en una proporció molt equilibrada, des del punt de vista nutritiu.



**Figura 5. Aprofitament del gra del cànem a la UE-25, 2001 (Karus, 2002)**

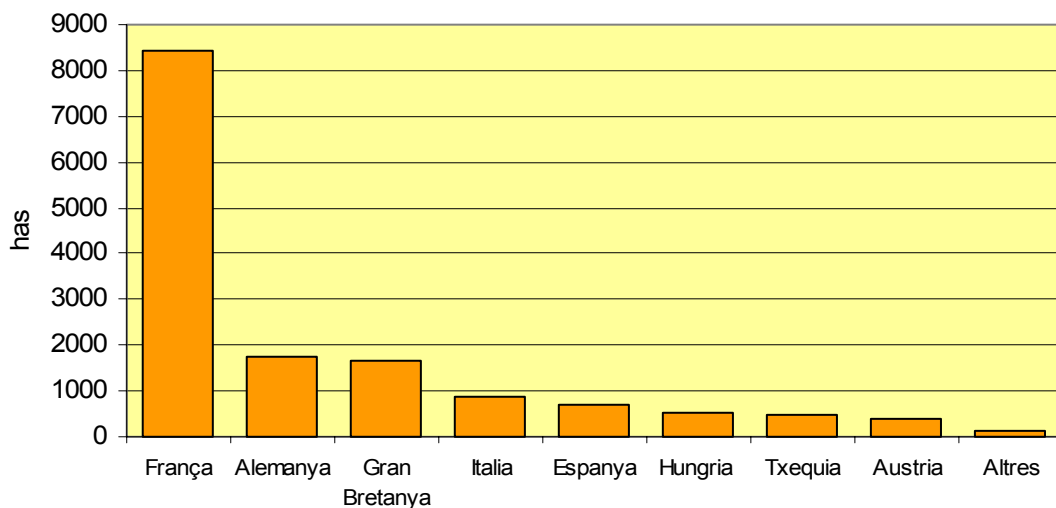
## 2. Evolució del cultiu a Europa

### El cultiu del cànem industrial al Mon

S'estima que la superfície de cultiu del cànem a l'any 2004 era d'unes 106.000 ha. Els països asiàtics amb unes 79.000 ha són els principals productors mundials, seguits de l'Europa dels 25 amb unes 15.000 ha. Tot seguit trobem Rússia, Romania, Ucraïna i Servia amb unes 5.700 ha, seguits pel Canadà amb unes 5.500 ha, Xile amb unes 4.300 ha i finalment Austràlia amb unes 250 ha (FAOSTAT, 2004).

### 2.1 Principals països europeus productors

Dintre de l'Europa dels 25, a l'any 2004 els principals països productors són França, Alemanya, Gran Bretanya, Itàlia i Espanya, amb 8500, 1700, 1600, 885 i 700 ha, respectivament (EUROSTAT, 2004).



**Figura 6. Distribució de la superfície de cultiu del cànem industrial a la UE-25 (EUROSTAT, 2004)**

## 2.2 Evolució del cultiu del cànem a Europa

Encara que probablement el cànem es cultiva a Europa des de fa més de 3.000 anys, no es fins al segle XVII que es tenen dades més o menys fiables de la importància del cultiu. A Europa el cultiu del cànem ha seguit moltes vicissituds derivades del seu aprofitament. Tot seguit es descriuen de forma molt resumida.

### **Segles XVII i XVIII**

Si bé el cànem sempre s'ha utilitzat per a la confecció de teixits i estris per a la pagesia, el desenvolupament del transport marítim feu que el cultiu del cànem es convertís en un cultiu de renda. De manera que mitjans segle XVII s'arribés a un màxim de producció (Abel, 1980). Efectivament el cànem va esdevenir una matèria primera molt valuosa per a la confecció de veles i de cordes per a vaixells mercants (se'n necessitaven unes 20 t per vaixell), degut a que era la fibra més resistent disponible a occident..

### **Segle XIX**

A partir de mitjans del segle XIX el cultiu del cànem va començar a perdre importància, experimentant una caiguda continuada de les superfícies de cultiu a tots el països desenvolupats. Aquesta davallada es pot atribuir a:

- El desenvolupament del transport a vapor va fer que es deixés d'utilitzar el cànem per a la confecció de veles
- La mecanització del cultiu del cotó feu que aquests cultiu fos molt més competitiu davant del cànem. L'èxode rural, i el subsegüent creixement de la població urbana, afavorí la substitució del cànem pel cotó com a teixit de confecció. Efectivament, les importacions de cotó cada cop foren més importants i van anar substituint el cànem (Mela, 1962).
- El gran desenvolupament de les fibres sintètiques tampoc afavorí el cultiu del cànem (Herer, 1992).

### **Segle XX**

Des de mitjans del segle XX, l'àrea més important de cultiu ha estat Xina, Rússia, Corea i Europa de l'Est. A l'Europa de l'Oest, França i Espanya són el únics països on s'ha mantingut el cultiu ininterrompudament, gràcies a l'oportú canvi de l'ús. És a dir, es passa de l'aprofitament tèxtil tradicional a la fabricació de pasta de paper especial i tècnic.

Aquesta era la situació a Espanya fins a l'any 2005, on la fibra cortical s'utilitzava quasi de forma exclusiva en la producció de pasta per a papers especials i tècnics, és a dir paper de fumar, paper bíblia, paper moneda, filtres (Gilbert, 1981)

Finalment, també caldria assenyalar que l'associació del cultiu del cànem amb l'ús il·legal de narcòtics tampoc a afavorit aquest cultiu (Herer, 1992).

### **Segle XXI**

Situats a començament del segle XXI, per un costat un canvi de tendència en la sensibilitat del consumidor que es podria concretar en:

- Retorn cap a la naturalitat
- Preocupació per la protecció de l'entorn

Per un altre banda el canvi de la conjuntura econòmica general que es podrien concretar en:

- Increment de preu de l'energia
- Increment de preu de les matèries primeres

Actualment, el cànem desperta un renovat interès arreu, perquè és font d'un ampli ventall de productes renovables, encaixa en sistemes agrícoles més sostenibles (van der Werf *et al.*, 1996) i és més benigne per al medi ambient que altres grans cultius (van der Werf, 2004).

De fet, a partir dels anys vuitanta del segle passat hi ha un redescobrimet del cànem. Hanson (1980) va ser un dels primers en apuntar l'interès del cànem com a cultiu atractiu per a la producció sostenible de fibra, opinió que van confirmar posteriorment a Holanda, amb un ampli estudi sobre el cànem (van der Werf *et al.*, 1995c).

### 3. Aplicacions energètiques del cànem

#### 3.1 Introducció

Entre la biomassa amb utilització energètica, són els conreus energètics els que presenten major potencial. Aquest fet queda palès en els diferents programes relacionats amb el foment de les energies renovables, tant a nivell europeu, estatal com autonòmic.

#### *Pla d'acció sobre la biomassa (2005)*

**Taula 1. Objectius del Pla d'acció sobre la biomassa europeu**

EU biomass production potential<sup>42</sup>

Mtoe	Biomass consumption, 2003	Potential, 2010	Potential, 2020	Potential, 2030
Wood direct from forest (increment and residues)	67 <sup>43</sup>	43	39-45	39-72
Organic wastes, wood industry residues, agricultural and food processing residues, manure		100	100	102
Energy crops from agriculture	2	43-46	76-94	102-142
<b>TOTAL</b>	<b>69</b>	<b>186-189</b>	<b>215-239</b>	<b>243-316</b>

<sup>42</sup> Sources: 2003 data from Eurostat; projections for 2010, 2020 and 2030 from European Environmental Agency, "How much biomass can Europe use without harming the environment", briefing 2/2005

<sup>43</sup> This figure includes 59 Mtoe of wood and wood wastes; 3 Mtoe of biogas; and 5 Mtoe of municipal solid waste.

#### *Pla d'energies renovables (PER 2005)*

**Taula 2. Objectius biomassa PER**

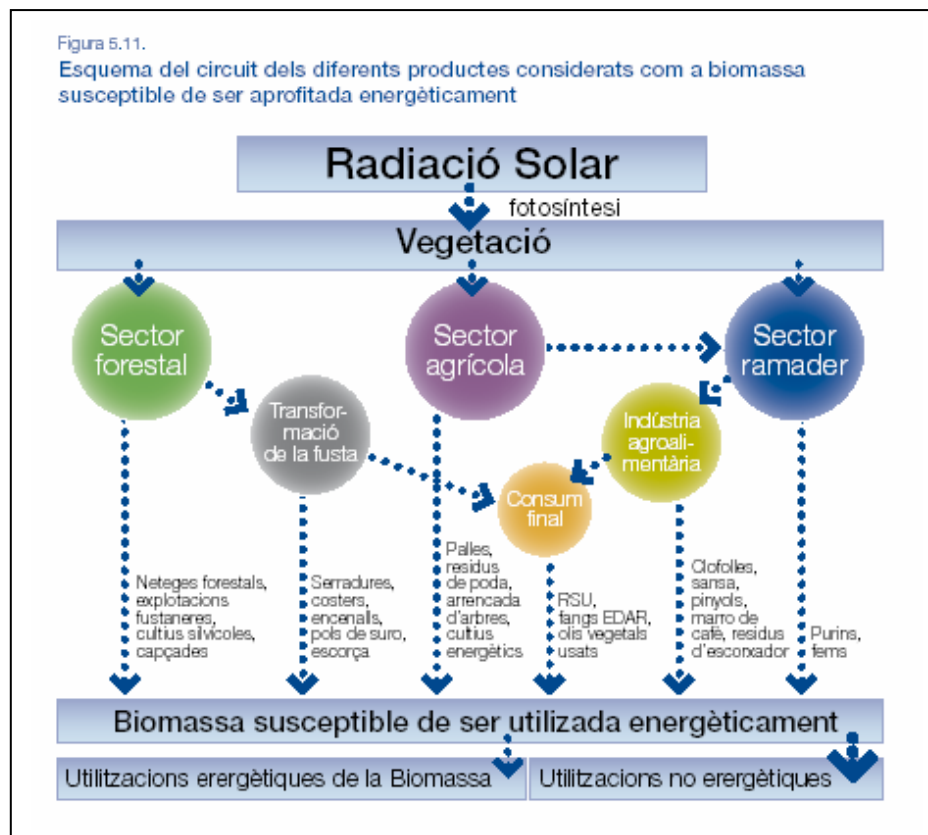
	Projectes en explotació 1999-2004		Objectiu PER 2010 (tep)
	Nombre projectes	Energia primària (tep)	
Residus forestals	149	9.671	450.000
Residus agrícoles llenyosos	0	0	350.000
Residus agrícoles herbacis	2	58.803	1.350.000
Residus d'indústries forestals	121	206.946	250.000
Residus d'indústries agrícoles	37	262.882	250.000
Conreus energètics	0	0	3.350.000
<b>TOTAL</b>	<b>309</b>	<b>538.302</b>	<b>6.000.000</b>



**Pla de l'energia de Catalunya (2006)****Taula 3. Objectius biomassa**

Tipus biomassa	2003	2010	2015
Biomassa forestal i agrícola	93,9	180,9	278,6
Biogàs	22,7	162,6	205,6
Residus renovables	147,7	166,7	198,8
Biocarburants	25,3	377,7	844,1
TOTAL	289,6	887,9	1.527,1

En el Pla de l'energia de Catalunya els conreus energètics estan inclosos dins la biomassa agrícola tal com es mostra a la Figura següent.

**Figura 7. Possibilitats d'aprofitament energètic de la biomassa**

Una vegada vista la importància de la utilització energètica de la biomassa i els conreus energètics, així com les seves potencialitats, cal plantejar-se les possibilitats del cànem com a biocombustible.

Segons Fernández (2003) les característiques ideals dels conreus extensius dedicats a la producció de biomassa són:

1. Alts nivells de productivitat en biomassa amb baixos costos de producció
2. Possibilitats de desenvolupar-se en terres marginals, o en terres de retirada de la producció d'aliments

3. Requeriments de maquinària agrícola convencional, que també s'utilitza en altres conreus propis de la zona
4. Balanç mediambiental positiu, superior a la terra sense conreu o amb conreu tradicional
5. Balanç energètic positiu, es a dir energia neta continguda en el biocombustible produït, superior a la consumida en el conreu i processos de transformació fins obtenció del biocombustible
6. Possibilitat de recuperar fàcilment les terres després d'utilització del conreu energètic, per tal de realitzar altres conreus si les condicions socioeconòmiques ho aconsellen

L'opinió general dels cultivadors de cànem i dels tècnics d'arreu, és que el cànem és un cultiu millorant i bon precedent per al blat. Es diu que millora l'estructura del sòl, no necessita fitosanitaris, suprimeix les males herbes i alguns patògens importants del sòl i és més benigne per al medi ambient que altres grans cultius, ja que té un baix consum d'intrants i un baix impacte pel medi ambient (van der Werf 2004). En els secans frescals de Catalunya l'increment de rendiment del blat rere cànem respecte el blat en monocultiu seria d'uns 1400 kg/ha (Gorchs 2006).

El cànem (hemp) es troba dins el conreus prioritzats en estudis desenvolupats per l'Agència Europea del Mediambient (EEA 2006), tal com es recull en el quadre que s'adjunta.

**Taula 4. Criteris per l'avaluació dels efectes mediambientals del cànem (EEA 2006)**

**Table 3.4 Priorisation of annual crops in Atlantic Central and Lusitanian Zone**

	Double cropping	Linseed (oil)	Other Cereals	Cultivated grass	Clover, alfalfa	Hemp	Mustard seed	Wheat	Sun flower	Rapeseed	Sugar beet	Potato	Maize
Erosion	A	A	A	A	A	A/B	A (B)	A	B/C	B	C	C	C
Soil compaction	A	A	A	A/B	A/B	A	A	A	A	A	C	C	B
Nutrient inputs ground- and surface water	A	A	A	B	B	A	B	A	A/B	B/C	B	B	C
Pesticide pollution of soils and water	A	B	A	A	A	A	B	A	B	C	B	B	C
Water abstraction	A/B	A	A	A	A	B	B	B	B	B	B	C	B/C
Increased fire risk	—	—	—	C	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Link to farmland biodiversity	B	A/B	B	A	A/B	B	B	B/C	A/B	B/C	B	B/C	B/C
Diversity of crop types	A	A	B	A	A	B	A	C	B	A/B	B	A/B	B/C

**Note:** A means low risk; B means medium risk; C means high risk; — means that the criterion is not relevant for the specific zone or crop. Perennial energy crops are not included as they were assessed separately due to different impacts on the environment and the landscape. The criteria 'link to farmland diversity' is based on the other environmental pressures and does not cover interactions and influences of the biotic and abiotic factors in detail. Mustard seeds are relevant for the Lusitanian zone, only. The criterion 'erosion' is 'A' for mustard seed in general, but 'B' if grown as row culture for oil use.

Resultats obtinguts a casa nostra per Gorchs (2006), situen el rendiment entre 4.800 i 5.600 kgs M.S./ha, segons sigui varietat per a gra o per biomassa. Aquests rendiments equivalen a 19.500 i 22.000 Mcal/ha.

Segons dades proporcionades per Acciona Energía (2006), el cànem s'inclou dins els conreus amb potencialitat energètica i balanç energètic positiu (taula 4.3).

**Taula 5. Balanç i rendiment energètic conreus**

	Balanç energètic (Mcal/ha)	Rendiment energètic
Blat	12.445	4
Sorgo	158.128	28
Cànem	43.977	8
Gira-sol	41.016	8

En l'estudi de la Fundació Abertis (2005) sobre l'aprofitament de la biomassa com a font de matèries primeres i d'energia, es contemplen com a conreus energètics el cànem, gira-sol i colza. Estudis realitzats a Alemanya (Scholz 2005) durant vuit anys, amb 10 conreus energètics indiquen que el cànem (*Cannabis sativa*) va ser el més productiu (8,9-11,2 t M.S/ha) i de major eficiència energètica entre els diferents conreus (dactil, pollancre (*Populus* spp), salzes (*Salix* spp), sègol, tritcale, topinambur (*Helianthus tuberosus*).

També Khokhotva (2004) aporta més informació relativa a la productivitat i balanç energètic del cànem i altres conreus. Com es pot apreciar pel cànem el ratio sortida/entrada del balanç energètic oscil·la entre 5 i 20.

**Taula 6. Productivitat i balanç energètic del cànem (Khokhotva , 2004)**

*Table 1. Energy requirement and output for herbaceous crop production in Europe.*

Crops	Yield range				Energy balance		
	Fresh matter, t/ha	Dry matter		Energy content, GJ/t	Output, GJ/ha	Ratio output/input	Gain (output-input), GJ/ha
		%	t/ha				
Willow <sup>a</sup>		40	10-15	18.7	187-280		
Poplar <sup>a</sup>		55	10-15	17.3	173-259		
Fiber sorghum <sup>b</sup>	50-100	25-40	20-30	16.7-16.9	334-507	13-39	309-494
Sweet sorghum <sup>b</sup>	50-100	25-35	12-25	16.7-16.9	250-422	10-32	225-409
Hemp <sup>b</sup>	25-35	40-45	8-15	16.0-18.0	128-270	5-20	103-257
Miscanthus <sup>b</sup>	40-70	35-45	15-30	17.6-17.7	260-530	12-66	238-522
Cardoon <sup>b</sup>	25-35	40-45	10-15	15.5-16.8	155-252	7-31	133-244

Sources: a – McKendry (2002a), b - Venturi and Venturi (2003). Input range is 13-25 GJ/ha for annual crops and 8-22 GJ/ha for perennial ones.

Finalment cal fer referència als treballs de N. El Bassam (1998, 2004) del Centre Internacional d'Investigació d'Energies Renovables (IFEED) a Alemanya. S'han identificat més de 200 espècies de plantes en diferents regions per ser utilitzades com a biocombustibles. Pel que fa al cànem considera que tota la planta es pot utilitzar com a combustible sòlid. Permet la obtenció d'altres biocombustibles gràcies a un ampli ventall de tecnologies de conversió. L'oli de cànem pot utilitzar-se com a biodiesel, a nivells de producció 600 l/ha.

Tot el que s'ha exposat confirma les possibilitat d'utilització del cànem com a biomassa per producció energètica.

## 3.2 Tecnologies d'aprofitament de la biomassa

En la figura 6 es proporciona una visió general de les tecnologies energètiques d'aprofitament de la biomassa.

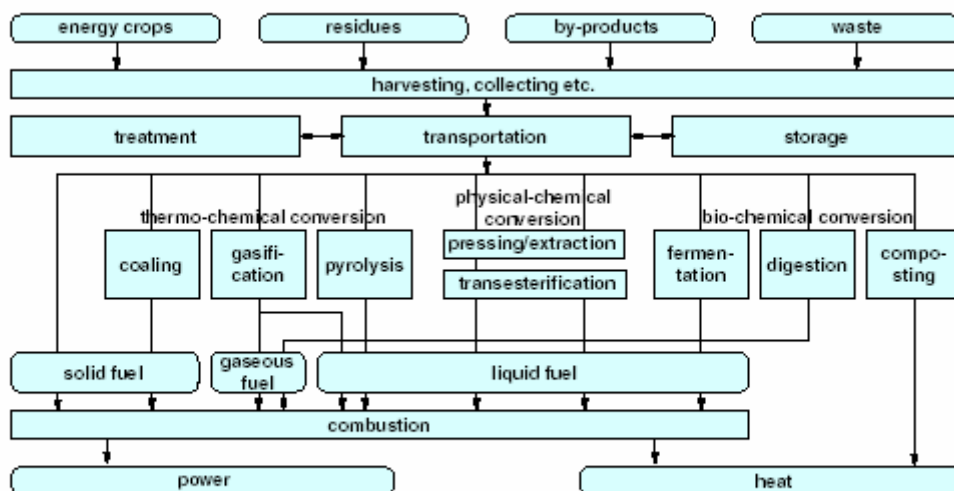


Fig. 1. Possibilitats to provide heat and power from biomass [2].

### Figura 8. Tecnologies d'aprofitament biomassa (Kaltschmitt (2006))

Tots aquests processos de valorització es poden dividir en tres grups en funció del tipus de tractament: fisicoquímics, termoquímics i bioquímics

Les tecnologies **termoquímiques** utilitzades son: la combustió; la gasificació; la piròlisi.

La **combustió directa o incineració** es una oxidació total que es fa a forns, calderes i generadors de vapor de la que s'obtenen gasos calents, dels que s'aprofita la calor sensible.

La **gasificació** consisteix en una oxidació parcial del residu. Es treballa entre el 25 i 30% de l'oxigen necessari estequiomètricament. El producte es una barreja de CO, hidrogen i metà que encara pot ser cremat per obtenir mes energia. En els processos convencionals, el poder calorífic d'aquest gas està al voltant de 4 MJ/Nm<sup>3</sup>. Qualsevol sòlid amb un alt contingut de carboni és gasificable.

La **piròlisi** és la descomposició tèrmica del residu en absència d'oxidants, a temperatures d'entre 400 i 900°C. Com a resultat s'obté una mescla que és en part sòlida (principalment carbó), en part líquida i en part gasosa. Els líquids i els gasos són hidrocarburs i compostos alifàtics. Aquests productes poden ser utilitzats com a combustibles i matèries primeres.

Les conversions **físico-químiques** estan destinades a l'obtenció de biocarburants. Els cultius energètics poden anar orientats a obtenir biocombustibles sòlids per a generar calor o energia elèctrica i de biocarburants líquids (alcohols i olis o els seus derivats)

Els processos **bioquímics** estan relacionats amb la descomposició bacteriana de la matèria orgànica. Entre ells es poden esmentar la fermentació alcohòlica i la digestió anaeròbia. La **fermentació alcohòlica** s'utilitza principalment per a les plantes de conreus sucres o amilacis per obtenir alcohols (bioalcohols) que es poden utilitzar directament o barrejat amb gasolina en els motors d'explosió. Pel que fa a la **digestió anaeròbia** és un procés que s'utilitza pels residus biodegradables a fi de reduir la càrrega contaminant. En absència d'oxigen determinats bacteris degraden la matèria orgànica, i s'obté d'una banda gas (biogàs) i una fracció sòlida rica en minerals. El biogàs conté una elevada proporció de metà i pot utilitzar-se com a combustible.

### 3.3 Característiques del recurs

A falta de realitzar una analítica completa, així com la determinació del poder calorífic de les varietats produïdes a casa nostra, s'adjunten alguns valors obtinguts de treballs realitzats sobre el tema.

**Taula 7. Composició del cànem**

	Anàlisi elemental (% en pes, matèria seca)								
	C (%)	H (%)	O (%)	N (%)	S (%)	K (%)	Cl (mg/kg)	Volàtils (%)	Cendres (%)
Fibra de cànem <sup>(a)</sup>	41,2	6,5	52,2	<0,2	<0,2				1,6
Palla de cànem <sup>(b)</sup>	45,1	5,7	40,1	0,6	0,10		300	74,3	2,5
Palla de cànem <sup>(c)</sup>	46,1	5,9	39,2	0,74	0,10	1,5		81,4	4,8(2,0-9,0)

**Taula 8. Contingut en cel·lulosa, hemicel·lulosa, lignina i poder calorífic**

	Cel·lulosa	Hemicel·lulosa	Lignina	Poder calorífic CV (MJ/kg)
Fibra de cànem <sup>(a)</sup>	67	16,1	3,3	16,4
Palla de cànem <sup>(b)</sup>	57-60		8-10	18,6
Palla de cànem <sup>(c)</sup>				17
Fibra de cànem <sup>(d)</sup>	57-77	14-17	9-13	
Fibra de cànem <sup>(e)</sup>	60-75	12-18	1-4	
Fibra de cànem <sup>(f)</sup>	67	16	8	
Cànem <sup>(g)</sup>				16,93
Fibra cortical <sup>(h)</sup>	67	13	4	
Canemuixa <sup>(h)</sup>	38	31	18	

(a): Reed (2004), (b): El Seaidy (2004), (c): FNR Guide (2000), (d): Vallejos (2006), (e): Van Gelder et altres (1993), (f): López Sánchez (2004), (g): Fundació Abertis (2005), (h): Gorchs (2006)

### 3.4. Aplicacions del cànem com biocombustible

Tenint en compte les diferents tecnologies existents, el seu grau de desenvolupament, la potencialitat de desenvolupament de la biomassa dins les polítiques energètiques, així com les característiques del recurs estudiat (cànem) s'han identificat les següents aplicacions.

### 3.4.1 Aplicacions elèctriques

En les aplicacions elèctriques s'han considerat dos tipus de planta:

- planta de generació d'energia elèctrica a partir de biomassa exclusivament
- plantes de generació d'energia elèctrica a partir de co-combustió de biomassa en plantes tèrmiques convencionals

#### Aspectes tècnics.

#### **Generació d'electricitat a partir de biomassa (plantes de biomassa).**

Es tracta de la combustió de la biomassa per produir vapor en una caldera. Aquest vapor acciona una turbina que genera energia elèctrica seguint el cicle de Rankine. La eficiència del cicle de Rankine es pot millorar utilitzant vapor a alta pressió sobreescalfat, combinat amb sistemes de generació més complexes, rescalfament i regeneració. En plantes de mida petita aquesta complexitat addicional implica un cost important i per tant els cicles de vapor que s'utilitzen són més senzills i alhora menys eficients.

Els rendiments varien segons tecnologia i la mida de la planta.

**Taula 9. Rendiments i tecnologies de combustió biomassa (Khokhotva 2004)**

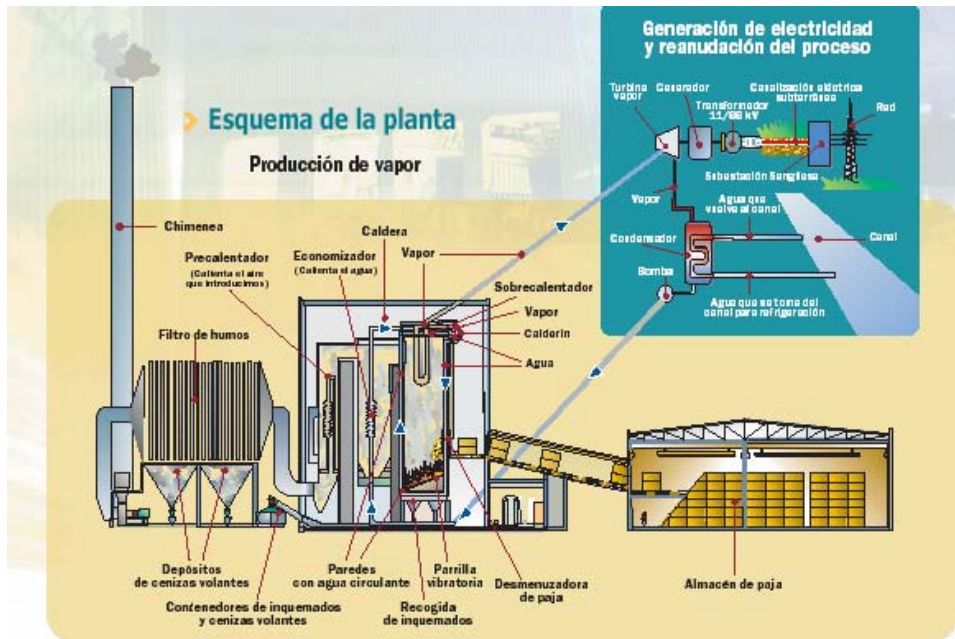
Mida	Rendiment	Tecnologia
1-10 MW	20-30 %	Graella
≥ 50 MW	35-40 %	Llit fluiditzat

Estudis realitzats a Estats Units (EERE 1997) en plantes de biomassa estableixen uns rendiments del 23 % per plantes de 50 MW. A l'any 2000 el rendiment arriba al 27,7 % , amb tendència a incrementar la mida de planta fins 100 MW en el 2005. Finalment es preveu que per plantes de fins 180 MW es podrien assolir a l'any 2020 rendiments del 33,9 %.

Les instal·lacions específiques de biomassa requereixen sistemes complexes que permetin la combustió de tots els components de la biomassa, inclosos els volàtils. Això obliga a dissenyar calderes amb una mida de llar més gran, que juntament als consums energètics associats al tractament i transport de la biomassa dins la planta, es tradueixen en rendiments de generació elèctrica inferiors als obtinguts en centrals convencionals. Els costos d'inversió estan al voltant dels 1.800 €/kW.

El rendiment també va lligat a la mida de la planta, de manera que a menor mida, rendiment més baix. Ara bé el disseny d'instal·lacions de major potència implica una major demanda de biomassa, que s'ha de portar de més lluny i per tant s'incrementen els costos de transport.

Com exemple d'aquests tipus d'instal·lació es pot fer referència a la planta de producció d'energia elèctrica a partir de palla, de la empresa Acciona, situada a Sangüesa (Navarra).



**Figura 9. Esquema generació electricitat a partir de palla (Acciona, Sangüesa)**

Pel que fa als aspectes de disseny dels equips de combustió típics (calderes de graella), els paràmetres més importants de la biomassa que cal tenir en compte per evitar o reduir els dipòsits i les corrosions són:

- contingut de potassi < 7 % sobre cendres
- contingut sofre < 0,1 % matèria seca
- contingut clor < 0,1 % matèria seca
- òxids alcalins ( $K_2O + Na_2O$ ) < 0,17 kg/GJ

Si es preveu que qualsevol d'aquests components pugui ser problemàtic caldrà fer dissenys especials. Amb les dades analítiques disponibles actualment podrien derivar-se problemes pel contingut de potassi en les cendres.

### ***Aprofitament de la biomassa lignocelul·lòsica mitjançant la co-combustió.***

Una alternativa interessant per la generació d'energia elèctrica a partir de biomassa és la co-combustió en centrals tèrmiques de carbó convencionals en funcionament. Es tracta d'una tecnologia relativament recent i que consisteix en la substitució de part del carbó utilitzat en la central (entre 5-20%) per biomassa. Malgrat tractar-se d'un percentatge petit, degut a la gran mida de les centrals, el resultat final és una producció important d'electricitat a partir de combustibles renovables. Apart de la biomassa residual seca (residus forestals, agrícoles, etc...), aquesta tecnologia s'adapta força bé als conreus energètics. Davant les plantes de biomassa per producció d'energia elèctrica, presenta algunes avantatges (Canalís 2005) :

- Inversió inferior per unitat de potència
  - Generació d'electricitat amb rendiments superiors
  - Més flexibilitat d'operació. Fàcil adaptació a la disponibilitat de biomassa en cada moment.
  - Reducció emissions de NOx. Depend de cada planta
- També cal esmentar alguns inconvenients:

- Absència de primes a la producció d'energia elèctrica
- Cert grau d'incertesa respecte al comportament de la caldera enfront la barreja de combustibles
- Costos d'operació. En general els pretractaments de la biomassa per a co-combustió son més elevats, tenint en compte que majoritàriament s'utilitzarà en centrals de carbó pulveritzat. En part es pot compensar pel fet que el personal ja està especialitzat, i l'increment del cost de mà d'obra serà reduït.

Els aspectes tècnics més importants a considerar son:

- Tot i que aquesta tècnica es pot aplicar a qualsevol tipus de central tèrmica, les possibilitats reals es centren a les centrals amb **calderes de carbó polvoritzat**, per tractar-se de la tecnologia més estesa. Aquesta característica determina uns requeriments similars per la biomassa: humitat entre 10-20 % i granulometria no superior a 3-4 mm. Això implica el secatge (natural o forçat) així com la molturació de la biomassa.
- Resulta especialment interessant en centrals que utilitzen **carbó de baix rang**, pel fet que son les més freqüents a Espanya. Els carbons de baix rang tenen una densitat energètica molt semblant als principals tipus de biomassa (taula)

**Taula 10. Característiques dels combustibles**

	Poder calorífic (MJ/kg)
Carbó d'alt rang	26
Carbó de baix rang (lignit negre)	16,3
Biomassa forestal	17,2
Cànem	17

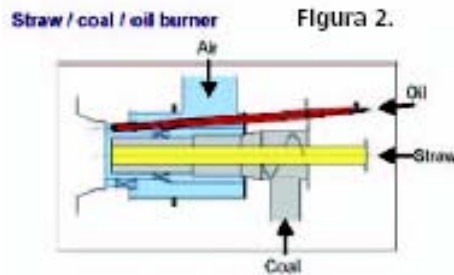
En qualsevol cas per l'adaptació d'una central tèrmica a un sistema de co-combustió, caldria un estudi específic per decidir la tecnologia òptima a utilitzar en funció del tipus de caldera, carbó i biomassa. Les principals modificacions a realitzar afecten principalment a la línia d'alimentació de la caldera. Hi ha diferents experiències de substitució:

- Central Tèrmica de Studstrup en Dinamarca (150 MWe), amb substitucions de fins el 10 % amb palla de cereal, que opera a ple rendiment des de el 2002. Amb substitucions fins el 20 % es va observar un increment dels índexs de corrosió.
- Central Tèrmica de Escucha (Terol) planta de 160 MWe, amb substitució de fins el 5 % amb residus forestals (*Pinus sylvestris* i *Pinus nigra*)

Es pot considerar que la opció més viable consisteix en la co-combustió de biomassa, on la biomassa s'introdueix a la caldera de forma independent del carbó, utilitzant els mateixos cremadors de carbó (veure esquema). Els límits d'utilització de biomassa son:

- biomassa fins a un 20 % de la energia generada
- biomassa de tipus herbaci fins 10 % energia generada





**Figura 10. Esquema alimentació caldera co-combustió (Quijano 2006)**

### Aspectes econòmics

#### *Generació d'electricitat a partir de biomassa (plantes de biomassa).*

El principal component de les despeses d'explotació es sempre el cost de la biomassa utilitzada. Degut a la gran demanda de biomassa en aquestes instal·lacions l'àrea de subministrament pot ser molt gran, fet que encareix el transport.

Els principals paràmetres que defineixen una instal·lació tipus d'aprofitament elèctric a partir de conreus energètics son els següents (PER 2005):

**Taula 11. Planta tipus de generació elèctrica amb conreus energètics**

<b>Potència elèctrica</b>	5 MW	
<b>Rendiment global</b>	21,6 %	
<b>Vida útil</b>	20 anys	
<b>Quantitat de biomassa consumida</b>	53.500 t/any biomassa poder calorific 11,7 MJ/kg	
<b>Despeses de combustible</b>	0,061753 €/kWh	2.315.737 €/any
<b>Despeses d'operació i funcionament</b>	0,009306 €/kWh	348.975 €/any
<b>Inversió</b>	1.803 €/kW	9.015.200 €
<b>Producció elèctrica</b>	37.500 Mwhe/any	

En el cas del cànem amb conreu de producció de biomassa o sigui per altres produccions, es considera assimilable als conreus energètics.

Amb produccions de l'ordre de 5.600 kgs M.S./ha i poder calorific 17 MJ/kg, la superfície necessària de conreu per la producció de 37.500 Mwhe/any i amb rendiment global de 21,6% de la instal·lació tipus, seria:

$$5.600 \text{ kgs/ha any} \cdot 17 \text{ MJ/kg} = 95.200 \text{ MJ/ha any} = 26.440 \text{ kWh/ha any}$$

$$(37.500.000 \text{ kWh/any}) / (26.440 \text{ kWh/ha any}) \cdot 0,216 = \mathbf{6.570 \text{ ha}}$$

Per producció de gra i amb rendiments de 4.770 kgs M.S./ha i poder calorific 17 MJ/kg, la superfície de conreu per aquesta instal·lació tipus serien de l'ordre **7.700 ha**.

Els ingressos de la instal·lació corresponen a la venda d'electricitat. Aquest tipus d'instal·lació està acol·lida al règim especial de producció elèctrica, segons el R.D. 436/2004 de 12 de març. Amb preus actuals, la venda d'energia elèctrica a tarifa fixa resulta a 0,065974 €/kWh, que no supera les despeses de combustible, operació i funcionament de la instal·lació tipus de la taula 11. Per tant actualment aquests tipus d'instal·lació son econòmicament inviables.

Fins i tot en un escenari més favorable, si considerem la biomassa del cànem com a residu agrícola, amb una producció principal (p. Ex. llavor per producció d'oli, producció de fibra de cànem), segons els models del PER, les despeses de combustible (0,044942 €/kWh) i d'operació i funcionament (0,009306 €/kWh) estan al voltant de 0,054248 €/kWh, amb un marge de 0,011726 €/kWh que no cobreix l'amortització de la planta (0,012 €/kWh).

### Preu de retribució al pagès en la situació actual

Venda d'energia elèctrica a tarifa fixa resulta a 0,065974 €/kWh. Amb aquesta retribució s'han de cobrir les despeses de la matèria primera (combustible), despeses d'operació i manteniment, amortització i benefici de l'empresa. Per obtenir 1 kWh en la planta de biomassa es requereixen:

$1/0,216 = 4,63$  kWh tèrmics

1 kg de cànem proporciona 17 MJ = 4,72 kWh

Finalment  $(4,63 \text{ kWh} / 4,72 \text{ kWh/kg cànem}) = 0,98$  kg cànem/kWh

Es a dir per 0,98 kg cànem la planta de biomassa acollida a règim de generació especial, n'obté un ingrés de 0,065974 €, i per tant per 1 kg de cànem n'obté 0,06732 €

**Taula 12. Determinació retribució pagès (plantes de biomassa)**

Ingressos planta biomassa :	Despeses planta biomassa:
Venda d'electricitat:	Operació i funcionament: 0,0095 €/kg
0,06732 €/kg cànem (0,065974 €/kWh)	Transport: 0,018 €/kg (fins radi 50 km)
	Amortització: 0,01224 €/kg
	Benefici: 0,01 €/kg
	Total: 0,04974 €/kg
	<b>Retribució al pagès: 0,01758 €/kg</b>

### Aprofitament de la biomassa lignocelul·lòsica mitjançant la co-combustió.

A les instal·lacions de co-combustió la major part dels equips utilitzats formen part de la central convencional existent. La inversió queda limitada als equips de condicionament de la biomassa. Les despeses d'inversió estan a l'entorn dels 856 €/kW.

**Taula 13. Planta tipus de generació elèctrica amb co-combustió en central tèrmica de carbó (PER 2005)**

Potència elèctrica	56 MW	
Rendiment global	30 %	
Vida útil	20 anys	
Quantitat de biomassa consumida	340.300 t/any biomassa poder calorífic 14,81 MJ/kg	
Despeses de combustible	0,038 €/kWh	15.960.000 €/any
Despeses d'operació i funcionament	0,0076 €/kWh	3.192.000 €/any
Inversió	856 €/kW	47.936.000 €
Producció elèctrica	420.000 Mwhe/any	

Així mentre la despesa de combustible de biomassa està en 0,038 €/kWh, el carbó per electricitat està sobre 0,001425 €/kWh. En aquest marc de preus si no hi ha primes a la generació d'energia elèctrica a partir de fonts renovables, aquest tipus d'instal·lació resulta econòmicament inviable.

Si considerem la hipòtesi de que la producció en co-combustió s'aculli al R.D. 436/2004, resultaria un preu de venda de 0,065974 €/kWh, que enfront les despeses de combustible, operació i funcionament de 0,0456 €/kWh donaria marge per absorbir amortitzacions (0,0057 €/kWh) i beneficis (0,01467 €/kWh).

### Preu de retribució al pagès en la situació actual

De la mateixa manera que en el cas de les plantes de biomassa, podem arribar a establir el **preu de retribució al pagès**. En aquest cas es considera que la co-combustió s'aplicarà a la Central Tèrmica de Cercs, doncs és la única que a Catalunya compleix els requeriments tècnics d'aquesta tecnologia.

Es tracta d'una central propietat de Viesgo Generación, amb una potència instal·lada de 160 MWe, que utilitza carbó polvoritzat de baix rang (lignit negre), situada al municipi de Cercs (Berguedà). Les dades més rellevants d'aquesta central en el període 2000-2005 son les següents (REE):

**Taula 14. Producció d'energia a la Central Tèrmica de Cercs (REE)**

ANY	Potència (MW)	Energia (GWh)	Funcionament (h/any)
2000	160	767	5349
2001	160	246	2728
2002	160	961	6669
2003	160	578	4431
2004	160	896	6220
2005	160	993	6971
<b>Promig</b>		<b>740</b>	<b>5395</b>

D'acord amb els criteris indicats, un 10 % de la energia promig generada (740 GWh/any) es pot obtenir a partir de biomassa herbàcia (cànem), resultant 74 GWh/any (74.000.000 kWh/any).

Amb produccions de l'ordre de 5.600 kgs M.S./ha any i poder calorífic 17 MJ/kg, la superfície necessària de conreu, per produir els 74.000.000 kWh, a rendiment global del 30 %, seria:

$$5.600 \text{ kgs/ha any} \cdot 17 \text{ MJ/kg} = 95.200 \text{ MJ/ha any} = 26.440 \text{ kWh/ha any} \\ (74.000.000 \text{ kWh/any}) / (26.440 \text{ kWh/ha any}) \cdot 0,3 = \mathbf{9.329 \text{ ha}}$$

Per producció de gra i amb rendiments de 4.770 kgs M.S./ha any i poder calorífic 17 MJ/kg, la superfície de conreu per aquesta instal·lació tipus serien de l'ordre **10.950 ha**.

Amb preus actuals, la venda d'energia elèctrica a tarifa fixa (R.D. 436/2004) resulta a 0,065974 €/kWh.

Per obtenir 1 kWhe en la planta de co-combustió es requereixen:

$1/0,3 = 3,33$  kWh tèrmics

1 kg de cànem proporciona 17 MJ = 4,72 kWh

Finalment  $(3,33 \text{ kwht/kWhe}) / (4,72 \text{ kWh/kg cànem}) = 0,706$  kg cànem/kWhe

Es a dir per 0,706 kg cànem la planta de co-combustió obté un ingrés de 0,065974 €, i per tant per 1 kg de cànem obtindria 0,0934 €.

**Taula 15. Determinació retribució al pagès (co-combustió)**

Ingressos planta co-combustió (Cercs) :	Despeses planta biomassa:
Venda d'electricitat:	Operació i funcionament: 0,011 €/kg
0,0934 €/kg cànem (0,065974 €/kWhe)	Transport: 0,018 €/kg (fins radi 50 km)
	Amortització: 0,0081 €/kg
	Benefici: 0,01 €/kg
	Total: 0,0471 €/kg
	<b><i>Retribució al pagès: 0,0463 €/kg</i></b>

Com es veu aquesta opció (sempre i quan s'aculli al règim de generació especial R.D. 436/2004) és més favorable que les plantes de biomassa.

### Preu de retribució al pagès en altres escenaris

El PER (2005) fa una fort aposta per la biomassa d'aplicacions elèctriques i principalment pels conreus energètics, establint una sèrie de mesures pel seu foment. En aquesta línia, recentment (IDAE 2006) s'ha presentat l'esborrany de modificació i/o substitució del R.D. 436/2004 de retribucions de la generació elèctrica en règim especial. Aquest esborrany s'ha enviat pel Ministeri d'Indústria a la Comissió Nacional de l'Energia, com a pas previ a la seva aprovació.

Pel que fa a la biomassa per generació elèctrica es plantegen increments entre 50 i 100 %. Es a dir el preu del kWh elèctric generat a partir de la biomassa es podria establir entre 0,098961 i 0,131948 €.

Dins aquest context es podrien obtenir en aquests nous escenaris, les següents retribucions al pagès:

**Taula 16. Determinació retribució al pagès en els nous escenaris**

Escenari	Plantes de biomassa (€/kg)	Plantes co-combustió (€/kg)
kWhe = 0,098961 €	0,05026	0,0903
kWhe = 0,131948 €	0,08486	0,1398

### 3.4.2 Aplicacions tèrmiques

Dins els processos de conversió energètica de la biomassa, és el procés termoquímic de la combustió el més adient per a l'aprofitament tèrmic, al ser la tecnologia més desenvolupada i que ofereix diferents tipus d'aplicacions segons rendiment i rang de potència. Es consideren les següents aplicacions:

- calderes domèstiques
- district heating

#### Calderes domèstiques

Generació d'energia tèrmica, aigua calenta sanitària o calefacció, amb unes potències compreses entre 5 i 100 kW i rendiments superiors al 90 %.

**Taula 17. Exemple domèstic casa unifamiliar 150 m<sup>2</sup> i 6 mesos calefacció l'any**

	<b>GAS NATURAL</b>	<b>GASOIL</b>	<b>BIOMASSA</b>
<b>Preu caldera 10 kW</b>	938 €	1.310 €	4.545 €
<b>Instal·lació + dipòsit</b>	180 €	750 €	-
<b>Preu kWh</b>	0,0412 €	0,069 €	0,0367
<b>Cost anual combustible (14.400 kWh)</b>	593 €	994 €	528 €

Per la biomassa s'ha considerat pellet de fusta amb un cost d'uns 0,18 €/kg de poder calorífic 4,9 kWh/kg (17,64 MJ/kg).

Amb les dades anteriors es veu clarament el predomini de les calderes de gas natural enfront la resta. Ara bé, en zones sense xarxa de subministrament de gas natural (molt habitual en zones rurals de l'interior), les calderes de biomassa són més competitives que les de gasoil, i el diferencial en inversió inicial es recupera entre els 5 i 6 anys.

Pel que fa al cànem la seva aplicació en calderes domèstiques per assolir rendiments elevats, depèn de les possibilitats d'obtenir pellets. No s'han trobat referències sobre aquest aspecte. Únicament en un treball de El Seaidy (2004) es fa referència a la utilització de briquetes de cànem com biomassa energètica.

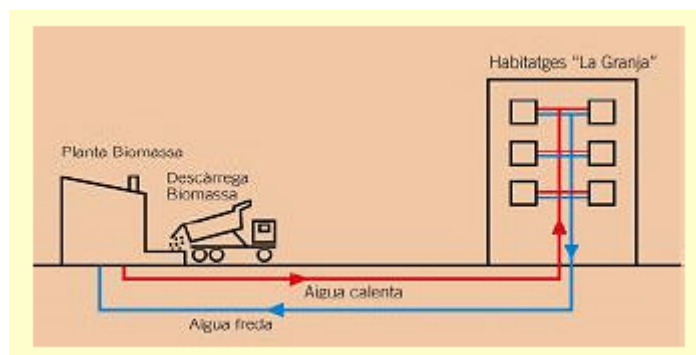
En relació als aspectes de disseny dels equips de combustió típics es poden fer les mateixes consideracions de l'apartat 3.4.1.

Alguns aspectes que poden actuar negativament al desenvolupament d'aquesta aplicació són:

- Competència amb d'altres combustibles. Necessitat de sistemes de generació amb manipulacions netes del combustible, sistemes d'autoencesca i retirada automàtica de cendres, telegestió i baix nivell de soroll.
- Manca de normativa i reglaments específics per la utilització de biomassa tèrmica domèstica.

### District Heating (Centrals de districte)

Sistema de calefacció i aigua calenta sanitària centralitzats, a partir d'una energia d'origen renovable i amb control individual.



**Figura 11. Esquema sistema district heating (Molins Energia 2006)**

Els seus avantatges son:

- Estalvi de combustibles d'origen fòssil
- Contribució a la reducció de gasos d'efecte hivernacle
- Sistema de calefacció i aigua calenta sanitària centralitzats més econòmics per a l'usuari.
- Permet la utilització d'un ampli ventall de biomassa com a combustible

I els seus inconvenients son:

- Elevats costos de la instal·lació, principalment la xarxa de distribució
- Amb les condicions climàtiques a casa nostra, el número d'hores d'utilització anual es baix, es a dir demanda insuficient.

Com exemple d'instal·lació tipus District Heating tenim a casa nostra des de l'any 2001 la Central de Generació i Distribució de calor a partir de biomassa de Molins de Rei. Les principals característiques d'aquesta instal·lació son (Molins Energia 2006):

- Nombre d'habitatges previstos: 695
- Usuaris previstos: 2.000
- Potència aproximada caldera biomassa 1: 2.000 kW
- Potència aproximada caldera biomassa 2: 2.000 kW
- Potència calderes a gas de reserva: 1.634 kW
- Volum d'inèrcia: 325 m<sup>3</sup>
- Producció anual de calor: 6.500–7.000 MWh
- Consum anual de biomassa previst: 2.300 – 2.500 tones/any
- Longitud total xarxa (anada+ retorn): 4.734 metres
- Inversió (2/3 central + 1/3 xarxa): 2.132.000 € (355 milions ptes)
- Superfície nau planta: 450 m<sup>2</sup>

**Resultats (fins a Novembre de 2006):**

- 659 usuaris connectats al servei (94,8 % del previst).
- Consum de 9.084 tones de biomassa: closca de pinya, closca d'ametlla, pinyolada i residus de fusta (serradures,... ).
- Generació de 26.356 MWh de calor.
- Estalvi de 3.028 Tep (tones equivalents de petroli) de combustibles d'origen fòssil (gas natural).
- Estalvi de l'emissió de 6.583 tones de CO<sub>2</sub> a l'atmosfera.

Els principals paràmetres que defineixen una instal·lació tipus de calefacció centralitzada son els següents (PER 2005):

**Taula 18. Xarxa de calor centralitzada**

Potència bruta	6.000 kW	
Rendiment transformació	85 %	
Rendiment transport	90 %	
Vida útil	20 anys	
Hores d'operació anual	820 h	
Quantitat de biomassa consumida	1.580 t/any biomassa poder calorífic 14,7 MJ/kg	
Despeses de biomassa	224 €/tep	94.800 €/any
Despeses d'explotació	384 €/tep	162.450 €/any
Inversió	282 €/kW	1,69 €
Producció energètica	423 tep/any	

tep: tona equivalent de petroli = 42.000 MJ = 11.666,67 kWh

Prenem com a referència les dades del quadre anterior, el subministrament de biomassa a partir del cànem, amb rendiments de l'ordre de 5.600 kgs M.S./ha any i poder calorífic 17 MJ/kg, la superfície necessària de conreu seria:

$$1.580.000 \text{ kgs} \cdot 14,7 \text{ MJ/kg} = (5.600 \text{ kg MS/ha} \cdot S) \cdot 17 \text{ MJ/kg}$$

Aïllant la superfície (S), resulten **245 ha**

Per producció de gra i amb rendiments de 4.770 kgs M.S./ha any i poder calorífic 17 MJ/kg, la superfície de conreu per aquesta instal·lació tipus serien de l'ordre **290 ha**.

Sobre les possibles ubicacions d'aquest tipus de planta un criteri seria a partir dels graus dia en base 15, i la t<sup>a</sup> mitjana anual. Els graus dia base 15 estan disponibles per alguns municipis en l'antiga "Norma Básica de la Edificación. Condiciones Térmicas en los edificios" de l'any 1979. Existeix alguna referència sobre instal·lacions similars en països del nord d'Europa, que es recullen a la taula que s'adjunta.

**Taula 19. Referències d'instal·lacions district heating**

	T <sup>a</sup> mitjana anual	Graus dia base 17°C	Biomassa
Nakskov (Dinamarca)	8,1 °C	3200	Palla
Rudkøbing (Dinamarca)	8,1 °C	3200	Palla
Lubań (Polònia)	7,4 °C	n d	Palla

Les zones de Catalunya amb valors de graus dia d'un ordre de magnitud similar als indicats a la taula queden limitades al Pirineu (Ripollès, Cerdanya, Vall d'Aran, Alta Ribagorça, Pallars Sobirà, part del Berguedà).

### Preu de retribució al pagès

A falta de dades més concretes es pren com a cost de biomassa els 224 €/tep de la instal·lació tipus (PER 2005), que equivalen a 0,0192 €/kWht. La conversió d'energia tèrmica (kWht) a kgs de biomassa de cànem amb rendiments del 76,4%, és el següent:

$1 \text{ kWht} / 0,764 = 1,31 \text{ kWh biomassa}$

$1,31 \text{ kWh biomassa} / 4,72 \text{ kWh/kg cànem} = 0,277 \text{ kgs cànem}$

$(0,0192 \text{ €/kWht}) / (0,277 \text{ kgs cànem/kWht}) = 0,0693 \text{ €/kgs cànem}$

Si en trèiem les despeses de transport (radi màxim 50 km) que representen 0,018 €/kg, resulta un preu de retribució al pagès de **0,0513 €/kg cànem**.

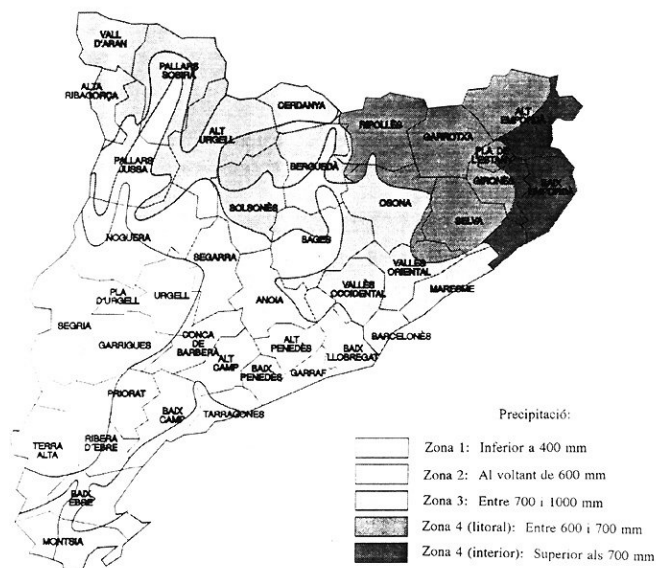


## 4. El cultiu i l'aprofitament del cànem a la Catalunya central

### Zona de cultiu

A Espanya el cultiu del cànem s'ha centrat a les àrees de secà frescal del Prepirineu central de Catalunya que van de Girona al nord de Lleida.

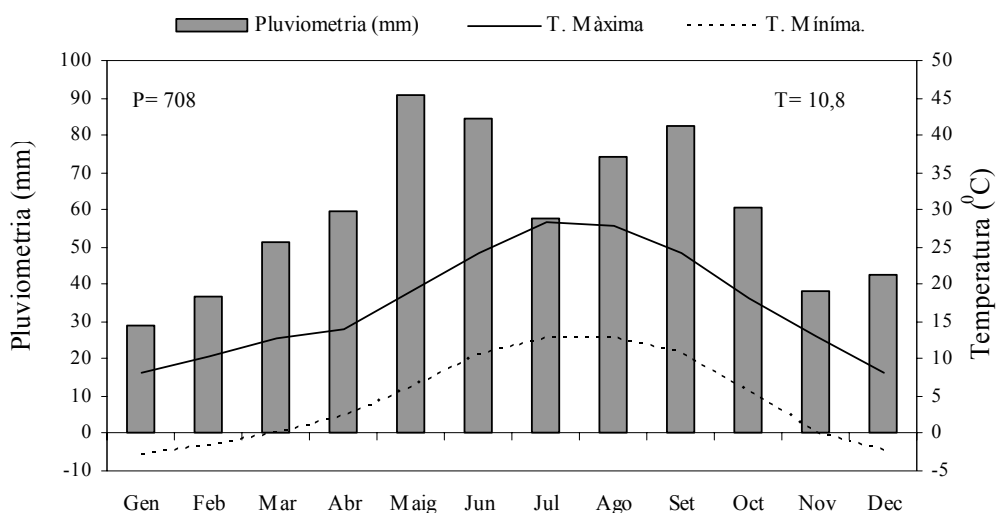
Aquestes zones agroclimàtiques es caracteritzen per presentar una altitud que oscil·la entre els 500 i els 700 m, i una pluviometria d'uns 600 mm en els secans semifrescals i de 700 en els secans frescals (López i Serra, 1995).



**Figura 12. Isohietes mitjanes anuals a Catalunya. Delimitació de zones segons règim de pluges (López i Serra, 1995).**

Així seguint aquest criteri, de forma aproximada es pot considerar que els secans frescals i semifrescals correspondrien a terres de conreu situades a la Catalunya central, a les comarques següents: l'Alt Urgell, l'Alta Ribagorça, el Berguedà, la Cerdanya, el Pallars Sobirà, el Ripollès, la Val d'Aran, el Pallars Jussà, el Solsonès, la Garrotxa i Osona. El que de forma aproximada correspondria a les zones 2 i 3 de la Figura 12.

Aquesta àrea es caracteritza per presentar un clima Mediterrani temperat amb hiverns freds i estius suaus. La pluviometria és més important a la primavera que a inicis de tardor. El període més sec es dona a l'hivern, mentre que a l'estiu la pluviometria és més variable, alternant estius humits amb altres de secs. A tall d'exemple, la Figura 13 ens mostra del diagrama ombrotèrmic de Prats de Lluçanès.



**Figura 13. Diagrama ombrotèrmic de Prats de Lluçanès (observatori P-114, a 5 km de Merlès i a 185 m per sobre la Vall de Merlès). Temperatura (T) i pluviositat (P) mitjanes de l'any mig (1940-1981) (Gorchs, 2006)**

En la Catalunya central, el cultiu del cànem en rotació amb el blat ha mostrat una excel·lent adaptació (Gorchs i Lloveras, 1998b, 2003).



**Figura 14. Camps de cànem a Sagàs (esquerra; 12 juny 1995) i a Merlès (dreta; 2 agost 1999) (Gorchs, 2006)**

El rendiment en palla als secans frescals del Prepirineu sol variar entre 4 i 12 t ha<sup>-1</sup> segons les condicions climàtiques de l'any, però el rendiment mitjà es situa entre 5 i 6 tones ha<sup>-1</sup>. El rendiment mitjà de gra es d'uns 500 kg ha<sup>-1</sup>, si bé pot variar entre 400 i 1.500 kg ha<sup>-1</sup> (Gorchs i Lloveras, 2003).

### Aprofitament del cànem

A Espanya, tal com veurem de forma més extensa més endavant, cultivar el cànem només per a fibra sembla ser menys interessant que el cultiu per al doble ús de fibra i gra, ja que:

- La utilització predominant de la fibra a Espanya per a pasta de paper permet collir a maduració del gra sense una pèrdua significativa de producció i de qualitat de la fibra cortical
- La climatologia en nostres condicions en el moment de la collita del gra permet l'assecat de la palla al camp.

A diferència del que passa en el conjunt de la UE-25, a Espanya, la fibra cortical s'utilitza gairebé en exclusiu per a la producció de pasta per a papers especials i tècnics (paper bíblia, moneda, paper de fumar, filtres, etc. (Gilbert, 1981; J. Castells de Semillas Castells, com. personal).

Per a tèxtil, la tecnologia actualment disponible no permet obtenir fibra de qualitat suficient. La fibra, el fil o bé la tela s'importa de països que encara processen la tija de forma manual (Dreyer *et al.*, 2002). Cal superar dos problemes tècnics per poder produir fibra de qualitat per a tèxtil o bé compòsits d'alta tecnologia als països desenvolupats: l'amarat ("enriado" en castellà) i la separació de la fibra (Ranalli, 1999). Els processos actuals donen lloc a fibres utilitzables per productes que no exigeixen fibra d'alta qualitat (farciment, compòsits, geotèxtils, etc.) (Keller *et al.*, 2001).

### La creació d'Agrofibra

L'any 1996, els cultivadors de cànem de les comarques d'Osona, el Berguedà, el Bages i el Solsonès van crear Agrofibra S.L a Puig-reig. Aquesta empresa tenia com a objectiu processar la tija de manera que es pogués separar la fibra cortical de la canemuixa. Malauradament, després de menys de 10 anys d'activitat, el gener de 2004, un incendi deixà a la empresa inactiva.

I quan encara no han passat dos anys de la represa d'activitats de l'empresa, resulta preocupant la decisió de la direcció d'Agrofibra SL de traslladar la seva activitat al sud-est de França l'any 2007. Les instal·lacions de Puig-reig seran desmuntades i traslladades al departament francès de l'Alta Garona.

El trasllat d'Agrofibra a França comportarà una inversió aproximada d'1,2 milions d'euros. Segons la direcció, la instal·lació de l'empresa ja té el ple suport de les autoritats regionals franceses i dels productors locals de cànem. Cal esmentar que, Agrofibra havia valorat altres possibles localitzacions a Aragó, Andalusia i la Rioja.

De fet, la direcció d'Agrofibra va plantejar el trasllat de l'empresa el maig de 2006 en una assemblea extraordinària de socis que va aprovar la decisió, malgrat el desacord d'una part dels assistents. Malgrat això, la direcció de l'empresa assegura que a hores d'ara no hi ha constància que cap soci hagi venut les seves participacions.

Segons la direcció de l'empresa, la instal·lació de l'empresa a l'Alta Garona resoldrà el problema de la falta de matèries primeres, que va portar a la paralització de l'activitat en els primers mesos d'enguany. També, segons la direcció de l'empresa, la producció de cànem disponible al departament francès permetrà saturar la producció de la nova fàbrica, amb una capacitat de transformació de 30.000 tones anuals.

## 5. Ecologia del cultiu

La zona natural de cultiu del cànem es troba entre els paral·lels 25 i 55. L'òptim de vegetació es troba entre 19 i 25 °C. El zero de vegetació d'aquest cultiu es situa entre 1 i 2 °C. És una planta sensible a les gelades (-5°C).

El cànem se sembra a la primavera i que es cull a l'agost, si es cultiva per fibra, i a finals d'estiu si es cultiva per a doble ús fibra i gra (Gorchs, 2006).

En les condicions de cultiu de l'Europa Occidental, el cicle de cultiu té una durada de 80 dies, per les culti-vars més precoces i de més de 150 dies, les culti-vars més tardanes (Gorchs, 2006).

Des d'un punt de vista pràctic en el cicle de desenvolupament del cànem industrial poden distingir les fases de desenvolupament següents:

- Implantació. Creixement vegetatiu lent
- Creixement actiu del cultiu
- Collita

Tot seguit es descriuen de forma resumida cada una d'aquestes fases, i s'extreuen les principals conseqüències agronòmiques .

### 5.1 Implantació. Creixement vegetatiu lent

En els primers estadis de desenvolupament del cultiu del cànem podem distingir les fases següents:

- L'establiment del cultiu que té lloc entre la sembra i l'emergència de les plàntules
- I la fase de creixement vegetatiu lent. Aquesta fase té lloc entre l'emergència i el cobriment del sol.

#### ***Establiment del cultiu***

La data de sembra del cultiu del cànem ve condicionada per la temperatura del sòl que per anar bé ha de situar-se entre 8 i 10 °C. D'aquesta manera es pot assegurar una bona arrancada del cultiu i per tant una lluita eficaç contra les males herbes durant els primers estadis de desenvolupament.

La naixença del cultiu necessita de 80 a 100 °C, el que ve a representar de 4 a 10 dies segons la temperatura del sòl.

### **Fase de creixement vegetatiu lent**

Es una fase de creixement lent, que va des de l'emergència fins arribar a tres parells de fulles i a una alçada d'uns 30-60 cm. Per acomplir aquesta fase son necessaris uns 250 °C dia, és a dir uns 21 dies.

### **Consideracions agronòmiques**

L'establiment del cultiu del cànem és delicat ja que és molt sensible a un llit de sembra mal preparat i a la manca d'aigua durant els primers estadis de creixement del cultiu (Gorchs, 2006).

Tanmateix les plàntules són sensibles a l'encrostament superficial. Per tant, s'ha d'anar en compte en sols argilosos humits quan es passa el corró. En els primers estadis de desenvolupament la planta és sensible a l'entollament.

En les nostres condicions la sembra s'efectua entre finals abril i principis de maig. Es bo realitzar la sembra després d'una pluja per assegurar una bona saó.

La profunditat de sembra aconsellada es de 2 a 3 centímetres. La sembra es pot fer amb una sembradora de cereals.

Encara que tal com veurem posteriorment, es difícil preveure la densitat de plantes en el moment de la collita. Valors orientatius del nombre de llavors viables per m<sup>2</sup>, serien les següents (Gauca *et al.*, 1986):

- 250 a 450 per a la producció de fibra, el que representaria de 45 a 80 kg ha<sup>-1</sup>
- 100 a 250 per a la producció doble de fibra i gra, el que vindria a representar de 15 a 45 kg ha<sup>-1</sup>
- 25 a 100 per a la producció de gra, el que representa de 4 a 15 ka ha<sup>-1</sup>.

### **Efecte de la densitat de plantes sobre la qualitat de la collita**

La densitat de plantes afecta de forma molt notable la morfologia de les plantes. Una menor densitat de plantes fa que les plantes siguin més gruixudes, cosa que fa augmentar la proporció de canemuixa a la tija i disminueix la qualitat de la fibra cortical. Aquests tema el tractarem de forma més detallada quan comentem els resultats experimentals obtinguts a Santa Maria Merlès de 1995 a 1997.

## 5.2 Creixement actiu del cultiu

La fase de creixement actiu del cultiu s'inicia amb la diferenciació dels primordis florals i acaba amb la fecundació de les darreres flors femenines. De fet, la fi de la diferenciació floral porta cap a l'aturada del creixement del cultiu.

Aquesta fase comença amb un creixement molt actiu que poc a poc es va alentint quan s'arriba cap al final.

Aquesta fase és important perquè quan es produeix tota la fibra. Es la fase en la que la planta necessita més aigua i elements nutritius.

Durant aquesta fase hi ha dos factors claus que condicionen la qualitat i la quantitat de fibra produïda:

- La resposta del cànem al fotoperíode
- La competència entre plantes que porta cap el que s'anomena autoaclurada

### ***El cànem és una planta de dia curt***

El cànem és una planta de dia curt. Això vol dir que a mesura que la durada del dia s'escurça s'alenteix la diferenciació floral i en conseqüència s'alenteix el vigor del creixement de la planta.

El creixement de la planta s'atura completament quan les darreres flors femenines han estat fecundades. Aquest fenomen té lloc uns 7 dies després de l'aparició de les darreres flors femenines.

Si totes les necessitats estan cobertes, durant la fase de creixement actiu a planta pot produir 1 tona de matèria seca cada 1600 °C dia, es a dir una tona per setmana.

### **L'autoaclurada**

L'anomenada autoaclurada és un fenomen característic del cultiu del cànem que es produeix com a conseqüència de la competència entre plantes. Les plantes més competitives competeixen amb les plantes més endarrerides cosa que porta cap a una disminució del nombre final de plantes.

Son molts els factors que desencadenen el fenomen de l'autoaclurada. En podem destacar la competència pels nutrients, per la llum, etc.

Tal com veurem més endavant quan comentem els resultats experimentals obtinguts a Santa Maria de Merlès durant tres anys, a les nostres condicions la sequera limita el creixement de les plantes i per tant la competència entre plantes cosa que es manifesta en una menor autoaclurada.

En el cultiu del cànem per a obtenir una bona qualitat de fibra cortical cal que s'aconsegueixi un nombre mínim de plantes per unitat de superfície. En cas contrari disminueix molt la proporció de fibra cortical en relació a la fibra del cilindre central o canemuixa.

Per a la producció de fibra, diversos autors suggereixen que la densitat òptima de cultiu en el moment de la collita estaria al voltant de 100 plantes  $m^{-2}$  (Dempsey, 1975; Meijer *et al.*, 1995; van der Werf *et al.* 1995a; Venturi i Amaducci, 1997; Cromack, 1998; Lisson i Mendham, 2000), si bé alguns autors recomanen densitats de cultiu força més altes de 250 (Mathieu, 1982).

Contràriament per a la producció de gra són preferibles densitats més baixes de 5 a 30 plantes  $m^{-2}$  (Hennink *et al.*, 1994; Bocsa i Karus, 1998; van der Werf, 2002).

### Consideracions agronòmiques

En relació a la producció del centre d'Europa, als secans frescals i semifrescals de la Catalunya central, tenim dos trets drets que limiten la durada de la fase vegetativa i el nombre de plantes final:

- La menor durada del dia en comparació amb el centre d'Europa. Cosa que fa que la durada de la fase de la prefloració sigui més curta.
- La incidència de la manca d'aigua que en major o menor intensitat es dona gairebé tots els anys (Gorchs, 2006) cosa que fa que l'autoaclerida es manifesti amb menys intensitat que al centre d'Europa (s'estima que les necessitats d'aigua van de 30 a 50 mm per tona de matèria seca produïda).

### Fertilització

S'estima que per a cada tona de matèria seca produïda, els elements nutritius que s'exporten amb la collita són els que s'indiquen a la taula següent:

**Taula 20. Exportacions d'elements nutritius del cultiu del cànem (Desanlis, 2006)**

Element nutritiu	Exportacions per tona de matèria seca
Nitrogen (kg N)	9 a 12
Fòsfor (kg $P_2O_5$ )	6 a 8
Potassi (kg $K_2O$ )	12 a 19
Calci (kg CaO)	20 a 25
Magnesi (kg MgO)	2 a 4

En general, el rendiment de biomassa, i el particular el de fibra, augmenta amb la dosi de nitrogen. Però cal anar amb compte perquè un increment de nitrogen, fa augmentar la competència entre les plantes, el que com dèiem anteriorment, disminueix el nombre de plantes i en conseqüència les plantes que queden al camp, tenen menys fibra cortical (van der Werf *et al.*, 1995; Struik *et al.*, 2000). Aquests fenomen el tractarem amb més detall quan comentem els resultats experimentals obtinguts a Santa Maria de Merlès durant tres anys d'experimentació

### 5.3 Collita

La collita del cànem es pot realitzar durant la floració, si el que es pretén es obtenir únicament fibra o bé al final de la maduració del gra si el vol aprofitar el gra i la fibra.

#### **Aprofitament de fibra versus aprofitament doble fibra i gra**

A Europa central és adequada per a la producció de fibra (Stutterheim *et al.* 1999). Mentre que a les nostres condicions cultivar el cànem només per a fibra és menys interessat que el seu cultiu per al doble ús fibra i gra. L'ús predominat de la fibra per a pasta de paper permet arribar a maduració del gra, sense pèrdua significativa de la fibra cortical

En les secans frescals de Catalunya, el rendiment de biomassa a nivell experimental, unes 9.750 kg ha<sup>-1</sup> (Gorchs, 2006), un rendiment clarament inferior als 15.000 kg que s'obté en el centre d'Europa amb una pluja més ben distribuïda i temperatures més suaus (van der Werf *et al.* 1995a Struik *et al.* 2000)

#### **Consideracions agronòmiques**

##### **Aprofitament per a de fibra**

Per a la producció de fibra la màxima qualitat es dona en el pic de floració (Bocsa i Karus, 1998; Mediavilla *et al.* 2001). Posteriorment el rendiment de fibra cortical disminueix lleugerament, mentre que augmenta la proporció de fibra secundària i lignina. De tota manera a l'inici de la maduració del gra, la separació mecànica de la fibra de la fibra cortical sense amarat es més fàcil (Keller *et al.* 2001)

En les nostres condicions, si es cultiva només per a fibra, es dalla a mig agost, al final de la floració amb una condició madura. La palla es deixa de 2 a 3 setmanes en el camp per permetre l'amarat ja sigui amb la pluja o la rosada. Cal assenyalar que aquest procés es deficient perquè depèn d'una meteorologia molt variable. De manera que podem tenir un amarat excessiu en anys plujosos o escàs en anys secs. Posteriorment s'embala amb una sembradora de bales rodones.



### Aprofitament de fibra i gra

Si es cultiva per a gra i fibra, la collita del cànem es realitza quan les llavors de la base de la inflorescència ja son madures i estan a punt de caure. Això es produeix a mig setembre. La maduració dels grans necessita uns 40 dies des del final de la floració



**Figura 15. Recol·lecció del gra a Olost (esquerra; setembre 1999) i embalat de la palla de cànem a Merlès (dreta; 14 setembre 2002) (Gorchs, 2006)**

Primer es dalla la planta i després s'afilera. Es recull i es bat amb una recol·lectora equipada amb un capçal pick-up. Posteriorment s'embala la palla.

L'alt preu de gra ha incentivat el cultiu doble per a gra i fibra tot i que es segueixen utilitzant les culti-vars orientades a la producció de fibra (Gorchs i Lloveras, 2003).

De tota manera els nivells productius són clarament inferiors als que s'obtenen al centre i al nord d'Europa, de tota manera en aquests indrets l'assecat de la palla es molt més difícil (Meijer *et al.* 1995; van der Werf *et al.* 1995b; Mediavilla *et al.* 2001)

Cal assenyalar que si la collita es retarda fins a l'octubre, ja no es pot sembrar el blat d'hivern i el cànem perd interès (Hobson *et al.* 2001), cosa que no sol ocórrer en els nostres condicions de cultiu (Gorchs i Lloveras, 2003)

## 6. Resultats experimentals al Lluçanès

Sovint a casa nostre ens falten resultats experimentals que ens permetin contrastar si el que assenyalen els autors d'altres països també es compleix en les nostres condicions. O encara millor, ens falten resultats experimentals propis que ens permetin descobrir comportaments específics en les nostres condicions.

Tot plegat ens ha de permetre innovar, i per tant millorar la gestió dels nostres sistemes de cultiu.

Afortunadament per al cas del cànem industrial disposem de resultats experimentals obtinguts a la Catalunya central. Concretament a la comarca del Lluçanès. Durant les anys 1995, 1996 y 1997 Gil Gorchs i Jaume Lloveras van conduir uns experiments que en han fet avançar molt en el coneixement de cànem industrial en les nostres condicions.

En l'apartat 6 hem comentat aspectes generals sobre l'ecologia del cànem, ne'm extret algunes consideracions agronòmiques al mateix temps que apuntàvem algunes consideracions específiques per a les nostres condicions.

A continuació es presenten, de forma més exhaustiva, els resultats que es consideren més rellevants de cara a estudiar la viabilitat tècnica i econòmica del cànem industrial als secans frescals i semifrescals de Catalunya. Concretament es presenten els principals resultats referents a l'efecte de dosi de sembra i de la fertilització nitrogenada sobre:

- la densitat de cultiu
- Diàmetre de la tija
- Qualitat de la fibra
- Rendiment en gra

Tot seguit es presenten aquests resultats experimentals

### 6.1 Efecte de la dosi de sembra i de la fertilització nitrogenada sobre la densitat de plantes

Els resultats sobre l'efecte de la densitat de sembra i de la fertilització nitrogenada sobre la densitat de cultiu es presenten de forma sintètica a la **Figura 16**.

D'entrada caldria assenyalar que en els experiments realitzats al Lluçanès, es va poder verificar que la densitat de sembra assolida fou aproximadament d'un 50% de la densitat de sembra utilitzada (Gorchs, 2006). Tot plegat, posa de manifest el limitat control que es té de la implantació del cultiu en condicions de secà.

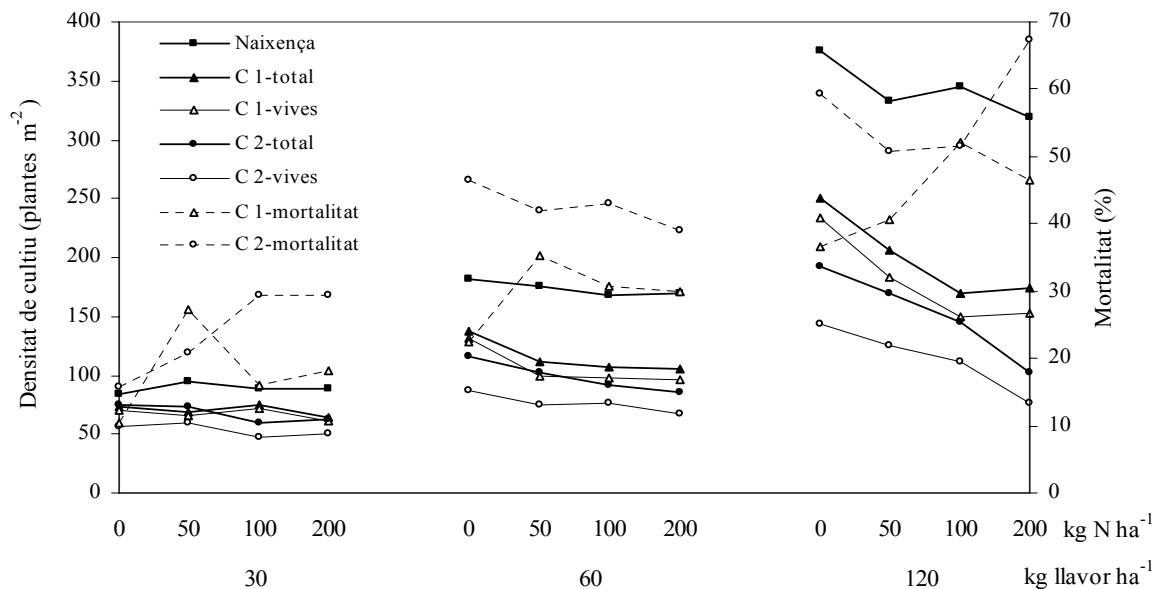
La densitat de cultiu va ser 202 plantes  $m^{-2}$  a naixença i unes 115 plantes  $m^{-2}$  a collita. Es a dir s'observa una clara disminució del nombre de plantes durant el desenvolupament del cultiu.

Efectivament, la densitat de cultiu total, va créixer entre naixença (7-18 maig) i la fi de la floració masculina (Collita 1) (4-7 agost), mantenint-se a la fi de la maduració del gra (Collita 2) (13-14 setembre). Aquest fet contrasta amb resultats obtinguts a Holanda, Anglaterra i nord d'Itàlia, on la densitat de cultiu total disminueix fins a setembre (Struik *et al.*, 2000).

En canvi, la densitat de plantes vives  $m^{-2}$  segueix decreixent fins a la maduració del gra (Collita 2), anàlogament al que troben altres autors a Holanda (Meijer *et al.*, 1995; van der Werf *et al.*, 1995a) i al nord d'Itàlia (Amaducci *et al.*, 2002a). Aquest fet es pot explicar perquè a les postres condicions, es donen dos trets diferencials, en relació a les condicions de cultiu del centre d'Europa:

- Per un costat la que la fase prefloració és més curta que al centre-nord d'Europa (Stutterheim *et al.*, 1999);
- D'altre banda que el dèficit hídric i/o tèrmic, que amb major o menor intensitat es dona gairebé a tots els anys a les nostres condicions .

Ambdós trets limitarien el creixement vegetatiu, fa que la variació entre plantes sigui menor i, per tant, la competència entre plantes disminueix abans. Tot plegat fa que es manifesti amb menys intensitat l'autoaclariada, que tal com hem comentat anteriorment es podria definir com la mortalitat induïda per la competència entre plantes.



**Figura 16.** Densitat de cultiu a naixença i a collita (totals i vives) i mortalitat (plantes naixença–plantes vives a collita, en %) en funció l'adobat nitrogenat ( $kg N ha^{-1}$ ) i la dosi de sembra ( $kg ha^{-1}$ ) aplicada al cànem (cv Futura 77). Cada punt representa la mitjana de tres anys a Collita 1 (1995, 1996 i 1997), i 2 anys a Collita 2 (1995 i 1997). C 1= Collita 1 (fi flor masculina); C 2= collita 2 (maduració gra)

### **Efecte de la dosi de sembra i de l'adobat nitrogenat**

La **Figura 16** mostra que la mortalitat a collita augmenta a mesura que la competència entre plantes augmenta, és a dir quan augmenta la dosi de sembra i la fertilització nitrogenada.

La pèrdua de plantes entre la naixença i la collita augmenta especialment amb la dosi de sembra. D'altra banda, el nitrogen amplia la pèrdua de plantes entre naixença i collita, la qual cosa està d'acord amb el que descriuen altres autors (Rivoira i Marras, 1976; Höppner i Menge-Hartmann, 1995; van der Werf *et al.*, 1995b; Struik *et al.*, 2000; Amaducci *et al.* 2002b; Grabowska i Koziara, 2005).

## **6.2 Efecte de la dosi de sembra i de la fertilització nitrogenada sobre el diàmetre de la tija**

A la **Figura 17** es mostra l'efecte de la dosi de sembra i de la fertilització nitrogenada sobre el diàmetre de la tija durant els anys 1995, 1996 i 1997.

La mitjana del diàmetre a la base de la tija a la fi de la floració masculina (C1) i a la fi de la maduració del gra (C2) va ser 7,2 i 7,4 mm respectivament. El diàmetre a l'inici d'inflorescència va ser 2,6 i 2,5 mm, respectivament.

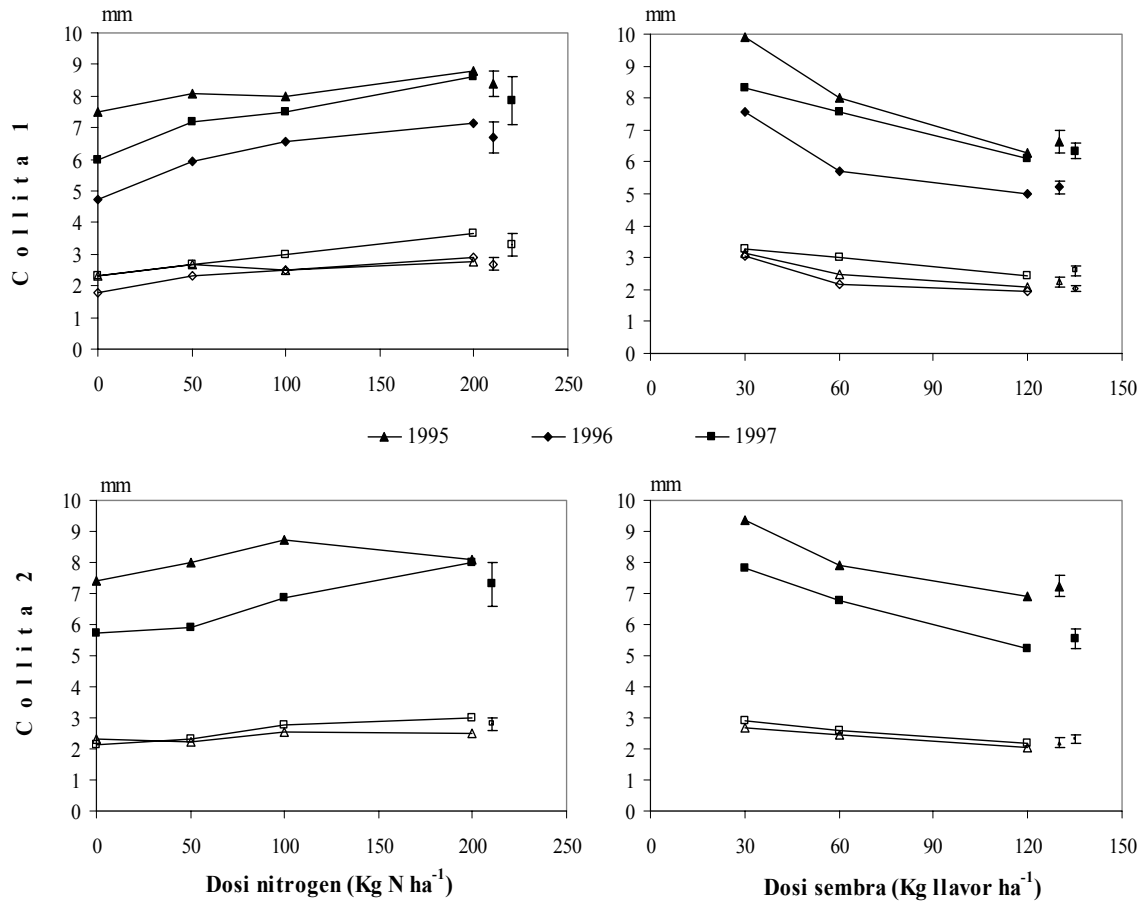
Els resultats experimentals mostren que el diàmetre de la tija a la base i a inici d'inflorescència responen de forma similar a l'adobat N i a la dosi de sembra.

### **Efecte de la fertilització nitrogenada**

El diàmetre a la base de la tija va augmentar amb la dosi de N, segons una tendència lineal tant a la fi de la floració masculina (C1) com a la fi de la maduració del gra (C2). Aquests resultats estan d'acord amb els que reporten autors (van der Werf *et al.*, 1995b; Venturi i Amaducci, 1997; Mediavilla *et al.*, 1998b).

L'augment del diàmetre de la tija amb el nitrogen comporta una conseqüència no desitjada, la disminució de la relació fibra cortical/tija (Ranalli, 1999) i l'augment de la fibra secundària (van der Werf *et al.*, 1994b).

Es tracta d'una acció indirecte del N (van der Werf *et al.*, 1995b). En un cultiu sotmès a autoaclurada les plantes s'eliminen selectivament, suprimint-se les més dèbils, amb menor diàmetre i relació fibra cortical/tija més favorable, i la mitjana del diàmetre de les plantes que queden augmenta (Rivoira i Marras, 1976). Els resultats experimentals, han posat que manifest que la dosi de nitrogen incrementava l'autoaclurada.



**Figura 17.** Diàmetre de la tija (mm) a la base (punt fosc) i a inici de la inflorescència (punt clar) a Collita 1 (fi flor masculina) i a Collita 2 (maduració del gra), en funció de la dosi de nitrogen ( $\text{kg N ha}^{-1}$ ) i la dosi de sembra ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) (cv. Futura 77). Cada punt és la mitjana de 60 plantes per al N, i de 80 per a la dosi de sembra. | = LSD ( $P < 0,05$ ) entre nivells per a cada paràmetre i any

### Efecte de la dosi de sembra

El diàmetre a la base de la tija va disminuir amb la dosi de sembra, segons una tendència lineal tant a la fi de la floració masculina (C1) com a la fi de la maduració del gra (C2) tots els anys d'experimentació. Aquests resultats estan d'acord amb els de van der Werf *et al.*, 1995a, Struik *et al.*, 2000, Lisson i Mendham, 2000, i Amaducci *et al.*, 2002a).

### 6.3 Efecte de la dosi de sembra i de la fertilització nitrogenada sobre la qualitat de la fibra

A **Figura 18** es presenten els resultats del rendiment de fibra cortical, de fibra (de la fibra cortical) i de canemuixa a collita en funció de la dosi de sembra i de la fertilització nitrogenada per als anys 1995, 1996 i 1997.

#### **Rendiment de fibra cortical i de fibra de la fibra cortical**

##### **Efecte de la fertilització nitrogenada**

La dosi de nitrogen va afectar significativament el rendiment de fibra cortical i de fibra. Aquests components van augmentar seguint una tendència lineal tant a la fi de la floració masculina (C1) com a la fi de la maduració del gra (C2) degut a l'efecte positiu del N en el rendiment de biomassa, ja que la proporció de tija a la biomassa i de fibra cortical a la tija disminueixen amb la dosi de N.

Tanmateix, a la fi de la floració masculina (C1) el rendiment de fibra cortical i de fibra van augmentar significativament amb la dosi de sembra. A la fi de la maduració del gra (C2), la resposta a la dosi de sembra va ser similar a la obtinguda a C1, però les diferències no van ser significatives.

##### **Efecte de la dosis de sembra**

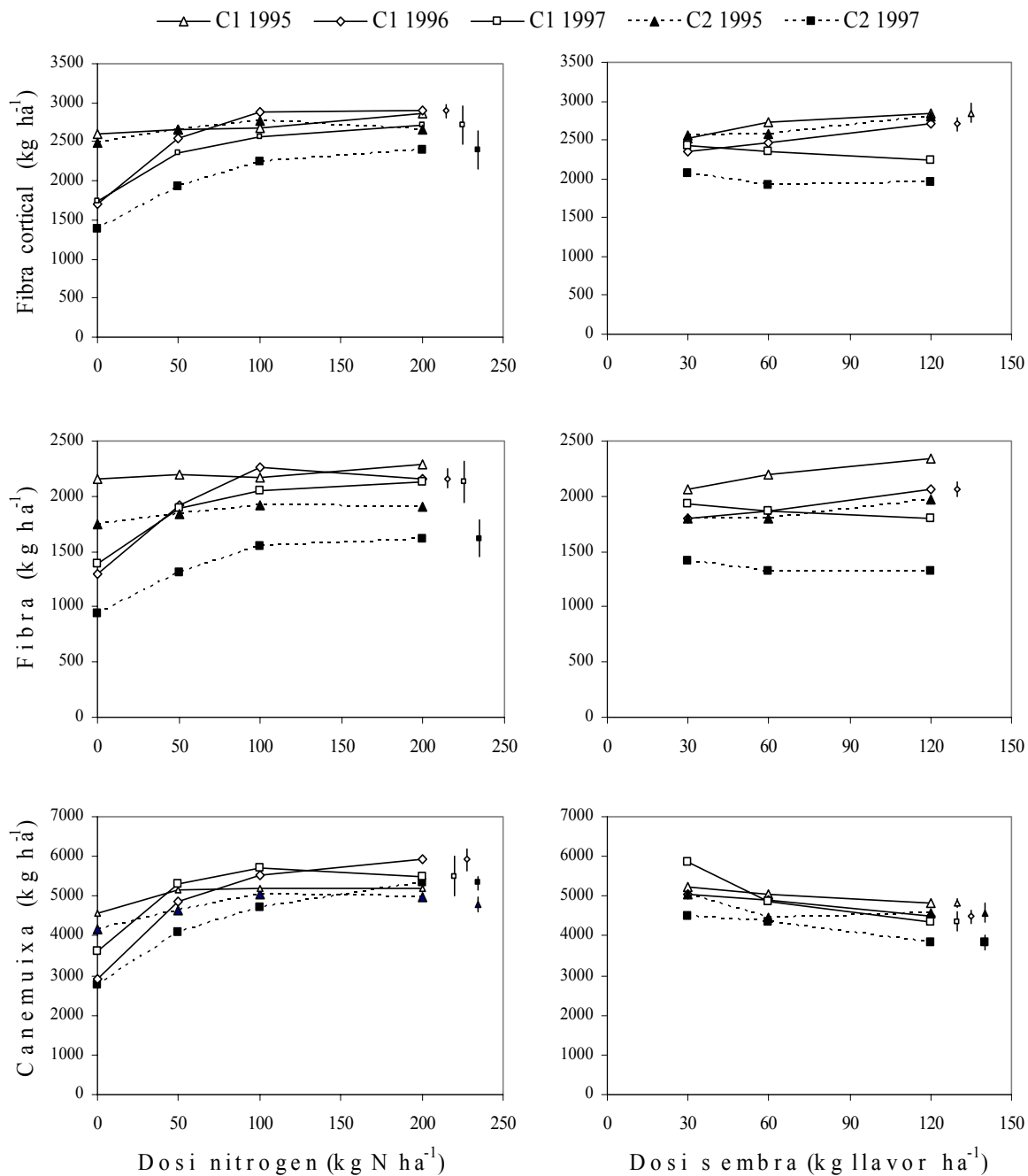
Els resultats obtinguts corroboren la hipòtesi que la dosi de sembra a la que s'obté el màxim rendiment de biomassa és clarament inferior a la que dona un major rendiment i qualitat de fibra (van der Werf *et al.*, 1995a; Amaducci *et al.*, 2002a).

De tota manera, l'efecte de la dosi de sembra en les condicions de l'assaig ha estat superior al trobat per a altres àrees de la UE. Aquests fenòmen es pot explicar perquè la menor autoaclerida va permetre que l'increment de la proporció de tija i fibra cortical amb la densitat de cultiu fos clarament superior.

De manera que la millora d'aquests factors va compensar amb escriu la disminució del rendiment de biomassa amb la dosi de sembra. No obstant, l'increment del rendiment de fibra cortical amb la dosi de sembra va ser moderat, 160 i 68 kg ha<sup>-1</sup> a collita 1 i 2, respectivament, al passar de 30 a 120 kg llavor ha<sup>-1</sup>.

Malauradament, a Espanya, la indústria transformadora no remunera la qualitat (Gorchs i Lloveras, 2003), de manera que a nivell d'agricultor 30 kg llavor ha<sup>-1</sup> serien també suficients per a la producció de fibra. Dosis superiors es justificarien si el preu de la palla es fixés en funció de la qualitat de la tija. De fet, la utilització actual de la fibra a Espanya (paper) no ho permet.

Els resultats obtinguts permeten qüestionar l'obligació d'haver de sembrar 40 kg ha<sup>-1</sup> com a mínim per a accedir a l'ajut de la UE a certs cultius herbacis (DARP, 2003). És negatiu per a la producció de gra, com veurem més endavant, i no és econòmicament interessant per a la producció de fibra, i augmenten les despeses en llavor.



**Figura 18.** Rendiment de fibra cortical, de fibra (de la fibra cortical) i de canemúixa a collita en funció de l'any, la dosi de nitrogen i la dosi de sembra (cv. Futura 77). C1 = Collita 1 (fi flor masculina). C2 = Collita 2 (maduració del gra). Barres verticals indiquen LSD ( $P < 0,05$ ) entre nivells per a cada any

### **Rendiment de canemuixa**

La mitjana, per al conjunt dels anys de la proporció, de canemuixa a la tija va ser del 66 % a ambdues collites. Tal com hem comentat anteriorment, la canemuixa és la part complementària a la fibra cortical a la tija (34%) .

A nivell industrial el rendiment en canemuixa és inferior (51%; Brunet, 2000) perquè durant l'emballat, transport i processat es generen pèrdues, que poden ser importants quan es cull el gra.

Malgrat que la fibra cortical segueix sent més valuosa, cal remarcar que la canemuixa avui s'utilitza en nombroses aplicacions, tal com reflexa el preu creixent d'aquest producte. Per tant, la fibra cortical ja no és l'únic objectiu de producció, sinó que cal valorar què convé més, en funció del preu de cada part, i té sentit interessar-se pel rendiment de canemuixa.

La mitjana del rendiment de canemuixa va ser 4957 i 4464 kg ha<sup>-1</sup> a la fi de la floració masculina (C1) i a la fi de la maduració del gra (C2), respectivament.

### **Efecte de la fertilització nitrogenada i de la dosi de sembra**

El rendiment de canemuixa va augmentar significativament amb la dosi de nitrogen i va disminuir amb la dosi de sembra (tendència lineal). El rendiment de canemuixa disminueix amb la dosi de sembra perquè tant el rendiment de tija com la proporció de canemuixa a la tija (invers a fibra cortical) disminueixen amb la dosi de sembra, i viceversa per a la dosi de N.

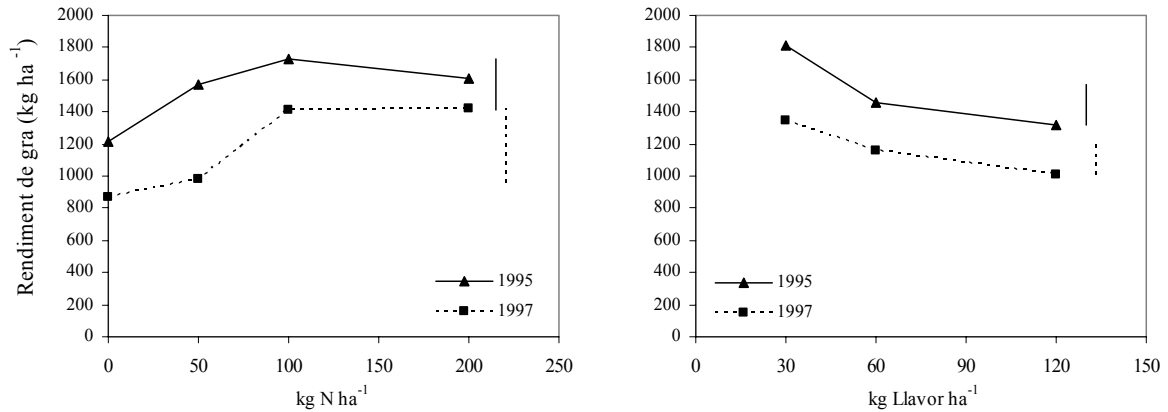
## **6.4 Efecte de la dosi de sembra i de la fertilització nitrogenada sobre el rendiment en gra**

A la **Figura 19** es presenta el rendiment en gra en funció de l'adobat nitrogenat i de la dosi de sembra corresponent a dos anys d'experimentació a Santa Maria de Merlès.

La mitjana del rendiment de gra va ser 1352 kg ha<sup>-1</sup> (matèria seca). Tant la dosi de nitrogen com la dosi de sembra van influir significativament sobre el rendiment de gra.

Les mitjanes del rendiments de gra obtingudes són clarament superiors als que reporten una gran majoria d'autors, generalment per a àrees més humides i temperades, a diferència del que succeïa amb la biomassa i la tija senyalades per altres autors a Holanda (Meijer *et al.*, 1995), a França (Mathieu, 1982), FNPC, 1995), Esnault i Le Texier, 1997; Béhérec, 2000) i a Romania (Gauca *et al.*, 1986).





**Figura 19. Rendiment de gra a Collita 2 (maduració gra), segons l'adobament nitrogenat ( $\text{kg N ha}^{-1}$ ) i la dosi de sembra ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) aplicada al cànem (cv. Futura 77). Barres verticals indiquen LSD per  $P < 0,05$  per cada any, si es detecten diferències significatives**

Les úniques referències consultades que reporten rendiment de gra lleugerament superiors a la mitjana del present estudi són les de Callaway (2004) a Finlàndia i Girouard *et al.* (2004) a Canadà amb  $1700 \text{ kg ha}^{-1}$  per la cv. Finola.

En conjunt, aquests resultats reforcen el suggeriment d'Stutterheim *et al.* (1999), segons els quals el sud d'Europa seria una àrea privilegiada per a la producció de gra de cànem, mentre que l'Europa central ho seria per a la producció de fibra. Més encara si es té en compte que en les condicions del nord-est d'Espanya, a nivell d'agricultor, el gra s'asseca naturalment al camp i habitualment es pot emmagatzemar sense passar per l'assegador, quan en altres àrees es cull amb humitats superiors al 20%, i a vegades la climatologia fa impossible la collita (Laakkonen i Callaway, 1998; Bocsa i Karus, 1998).

### **Efecte de la fertilització**

El rendiment de gra va variar de forma lineal amb la dosi de N. La mitjana del rendiment de gra va ser 1041, 1279, 1572 i  $1516 \text{ kg ha}^{-1}$  per a 0, 50, 100 i  $200 \text{ kg N ha}^{-1}$ , respectivament. És a dir, el màxim rendiment de gra es va obtenir per a  $100 \text{ kg N ha}^{-1}$ , amb un pic de  $1733 \text{ kg ha}^{-1}$  a l'any 1995.

Per a la producció de gra, els resultats obtinguts suggereixen que uns  $100 \text{ kg N ha}^{-1}$  serien adequats. Aquests resultats són superiors als de Mediavilla *et al.* (1998b), el qual conclou que  $50\text{-}85 \text{ kg N ha}^{-1}$  serien suficients per a la producció de gra, tot i que el rendiment de gra segueix incrementant a dosis superiors, però també el risc de tombat. En canvi, serien properes a les de Tabara (1984), el qual conclou que la dosi òptima de nitrogen estaria entre  $100$  i  $150 \text{ kg ha}^{-1}$ .

### **Efecte de la dosi de sembra**

La dosi de sembra va influir negativament el rendiment de gra, ja que va disminuir de forma lineal a l'augmentar la dosi de sembra. El màxim rendiment de gra es va obtenir l'any 1995 per a  $30 \text{ kg llavor ha}^{-1}$  amb  $1814 \text{ kg ha}^{-1}$ . Aquest rendiment de gra és similar als màxims rendiments de gra que s'ha trobat en les referències consultades (Girouard *et al.*, 2004; Callaway, 2004).

Aquests resultats estan d'acord amb el que descriuen la majoria d'autors per a l'Europa central i de l'est. Fins i tot, alguns autors proposen dosis de sembra inferiors, de 2,5 kg ha<sup>-1</sup> (Bocsa i Karus, 1998) a 15-25 kg ha<sup>-1</sup> (Tabara, 1985; Gauca *et al.*, 1986 i 1990). Mediavilla *et al.* (1998b) obtenen el màxim rendiment de gra amb 10 kg llavor ha<sup>-1</sup>, però proposa 30 kg llavor ha<sup>-1</sup>. A dosis de sembra tant baixes el cultiu és sensible a les males herbes, i la mida i la ramificació de les plantes pot dificultar la collita mecànica (Bocsa i Karus, 1998).

Els resultats obtinguts permeten qüestionar l'obligació d'haver de sembrar 40 kg ha<sup>-1</sup> com a mínim per accedir a l'ajut de la UE a determinats cultius herbacis (DARP, 2003). Per al cànem cultivat per a gra i fibra redueix el rendiment de gra i augmenten les despeses en llavor.

## 7. Material vegetal disponible

Tal com hem comentat anteriorment, l'elecció de la culti-var és un punt crític del cultiu del cànem, ja que tal com s'ha comentat anteriorment, el cànem és una planta molt sensible al fotoperíode.

Originàriament el cànem és una planta dioica. Es presenta en poblacions en les que troben individus mascles i individus femella. Els individus mascles tenen un cicle de desenvolupament més curt que el de les femelles. La inflorescència masculina és ramificada, amb poques o gens de fulles; la inflorescència de les plantes femella presenta fulles abundants, és robusta i no ramificada (**Figura 20**). Les plantes mascles són més altes i moren després de florir. Les plantes femelles viuen 3-5 setmanes més, fins que la llavor madura.

### **Poblacions predominantment monoiques**

De tota manera la millora genètica ha portat cap a l'obtenció de poblacions en les que predominen els individus monoics, que tenen major interès agronòmic - fibra de més qualitat, producció de gra. Mascles un 15-30%.

Les varietats monoiques es van obtenir primerament a Rússia, per augmentar la producció de gra i la homogeneïtat de la fibra del cànem collit a maduració del gra. Les plantes mascles a part de no portar gra, després de florir es moren i trenquen amb la qual cosa es perd la meitat del cultiu (Bocsa, 1999)

Els objectiu de la millora genètica s'han centrat en incrementar el contingut de fibra cortical i reduir-ne el de cannabinols en particular el Delta..)

Després de segles de millora genètica no s'ha arribat mai a la comercialització de línies pures, les culti-vars que es comercialitzen són poblacions heterogènies en quan a la resistència de patògens. Així, sempre hi poden haver individus sensibles a malalties com la *Botrytis vcinerea*, o la *Scleronia sclerotium* que poden afectar alguns peus. En general es una espècie molt poc afectada per les pagues.

### **Culti-vars disponibles a Espanya**

A Espanya, des de 1972, s'utilitzen culti-vars monoiques obtingudes a França. Les cultivars més utilitzades han estat: Futura 77, Felina i Fibrimon.

A partir de 1997, es va generalitzar l'ús de les culti-vars monoiques registrades per CELESA Delta Llosa i Deltra 405, obtingudes a Espanya.

A diferència de les culti-vars franceses, àmpliament conegudes (Meijer, 1995; Bocsa, 1999), es disposa de molt poca informació sobre les culti-vars espanyoles. Teòricament haurien de ser culti-vars de cicle més llarg de que franceses i produir més gra.

De tota manera, Incrementar el rendiment en gra no havia estat mai un objectiu de la millora genètica (Rumyantseva i Lemeshev, 1994).



**Figura 20. Inflorescència de planta mascle (dalt esquerra), femella (dalt dreta), i monoica (baix esquerra) el 22 de juny de 1997, i de planta monoica (baix dreta) el 4 d'agost de 1996**

## 8 Cànem i medi ambient

Situats a començaments del segle XXI cada cop s'obren més interrogants sobre l'efecte que l'agricultura industrial pugui tenir sobre l'entorn. Es clar que l'agricultura que es va desenvolupar a partir dels anys seixanta del segle XX, ha permès augmentar molt la capacitat de càrrega dels sistemes agraris fins arribar a nodrir a una població de més de 6.000 milions de persones. De tota manera cal introduir modificacions per a aconseguir que els nostres sistemes agrícoles siguin menys agressius amb l'entorn.

Els estudis que es van iniciar a finals dels anys 1990 posen de manifest que el cànem presenta un interès particular pel que fa a la preservació de medi ambient (FNPC, 2002). De forma resumida podem assenyalar els següents:

- En condicions correctes de cultiu, després de l'emergència del cultiu, el cànem es un cultiu que cobreix ràpidament el sòl, cosa que el fa molt competitiu davant de les males herbes. Per tant no és necessari utilitzar herbicides.



**Figura 21. Detall del cultiu on es pot observar la fulla caiguda al sòl i l'absència de males herbes a l'interior de la parcel·la (Merlès, 20 juliol 1995)**

- El cànem té un sistema radical molt dens i força profund i eficient, cosa que permet una capacitat d'aprofitament dels elements nutritius del sòl i del subsòl. Això es especialment rellevant pel cas del nitrogen. Recordem que un 30% de la superfície cultivada a Catalunya es troba en zones vulnerables, és a dir zones on el contingut de nitrats de les aigües subterrànies es superior a 50 mg L<sup>-1</sup>. El cànem pot recuperar els nitrats que es troben en el subsòl (més de 30 cm de profunditat) que podrien ser fàcilment lixiviats. Presenten una arrel pivotant que pot arribar als 2 metres de profunditat. Les arrels secundaries, que constitueixen la major part de la massa radical es troben entre els 10 i 60 cm.

- El cànem és un cultiu rústic pel que fa a l'atac de plagues i malalties. A l'Europa Occidental no s'ha descrit cap malaltia que arribi a causar pèrdues de rendiment significatives. Tot plegat es tradueix en què no es necessari fer tractaments fitosanitaris (FNPC, 2002). Això es especialment cert quan el cànem es cultiva al sud d'Europa. Les condicions ambientals fan que la pressió de fitòfags i malalties sigui encara menor.
- A Europa, el cànem es cultiva casi exclusivament en secà. En els secans frescals i semifrescals de la Catalunya central, les pluges d'estiu permeten una producció de matèria seca acceptable sense haver de recórrer a un reg de recolzament. El fet que el cànem sigui un cultiu força resistent a la secada el fa força plàstic pel que fa a la irregularitat de les pluges estivals.
- En el paisatge de la Catalunya interior de muntanya els camps de cànem representen una biomassa verda, carregada d'humitat que s'ha manifestat com un excel·lent talla foc en una país on malauradament els incendis forestals son habituals cada estiu. Cultivar cànem es una manera de prevenir la propagació en foc en masses forestals. En aquest sentit recorden els incendis forestals de 1994, que en la zona del Lluçanès els camps de cànem van contribuir a aturar.
- Es conegut que el cànem contribueix de forma molt remarcable a estructurar el sòl. Tenir un sòl ben estructurat es bàsic per a prevenir l'erosió del sòl degut a l'escolament superficial de l'aigua de pluja, ja que en un sòl ben estructurat la infiltració d'aigua de pluja es molt superior. En aquest sentit, recordem que el 26 de setembre d'enguany, la Unió va decidir desenvolupar, després de més de sis anys de consultes, una directiva per protegir els sòls europeus dintre del marc del sisè programa d'Acció Comú del medi ambient. Aquesta directiva establirà els principis comuns, objectius i accions. Es demanarà al Estats membres que identifiquin els sòls danyats i que posin en marxa iniciatives per aturar aquest procés. Així per exemple, després d'una pluja intensa, els sòls despulats del sud d'Europa poden perdre fàcilment unes 20 tones de sòl per ha. Per tant, el cultiu del cànem pot ajudar a protegir els sòls del paisatge de Catalunya contra l'erosió
- Tal com hem assenyalat anteriorment, el cultiu del cànem és un magnífic precedent per al cultiu del blat. El blat que es produeix després del cànem pot incrementar de forma significativa el seu rendiment, sense augmentar els inputs de producció (FNPC, 2002). Aquests fet també ha estat observat a casa nostra, on el blat cultivat després del cànem ha arribat a augmentar en un 45% el seu rendiment. Els agricultors del secans frescals del Prepirineu cultiven el cànem en rotació amb el blat des de l'inici dels anys setanta (Gorchs, 2006)
- Quan el cànem es cultiva per a la producció de fibra la MS el cànem contribueix a capturar i emmagatzemar a llarg termini carboni procedent de la atmosfera (C-CO<sub>2</sub>). La fibra de cànem conté un 58% de Carboni.
- De forma global el cànem es pot considerar un cultiu benigne pel que fa al seu possible impacte sobre l'entorn. A la **Figura 22** es mostra la posició relativa del cànem en relació als principals cultius tenint en compte 26 criteris objectius (Montford i Small, 1999).

Un dels atots del cànem pel que fa al seu impacte sobre l'entorn és que els cultius de fibra, i en particular el cànem, representen una alternativa a l'ús de masses forestals per a la fabricació de paper, cosa que representa una pèrdua important del patrimoni natural i per tant una disminució de la biodiversitat. Un altre aspecte a tenir en compte és que els cultius anuals de fibra són quatre vegades més productius que les masses forestals i per tant, són més idonis per a la producció de fibres, i d'aquesta manera reservar l'explotació de les masses forestals per a la producció de fusta que pot tenir altres usos (Small i Marcus, 2002)

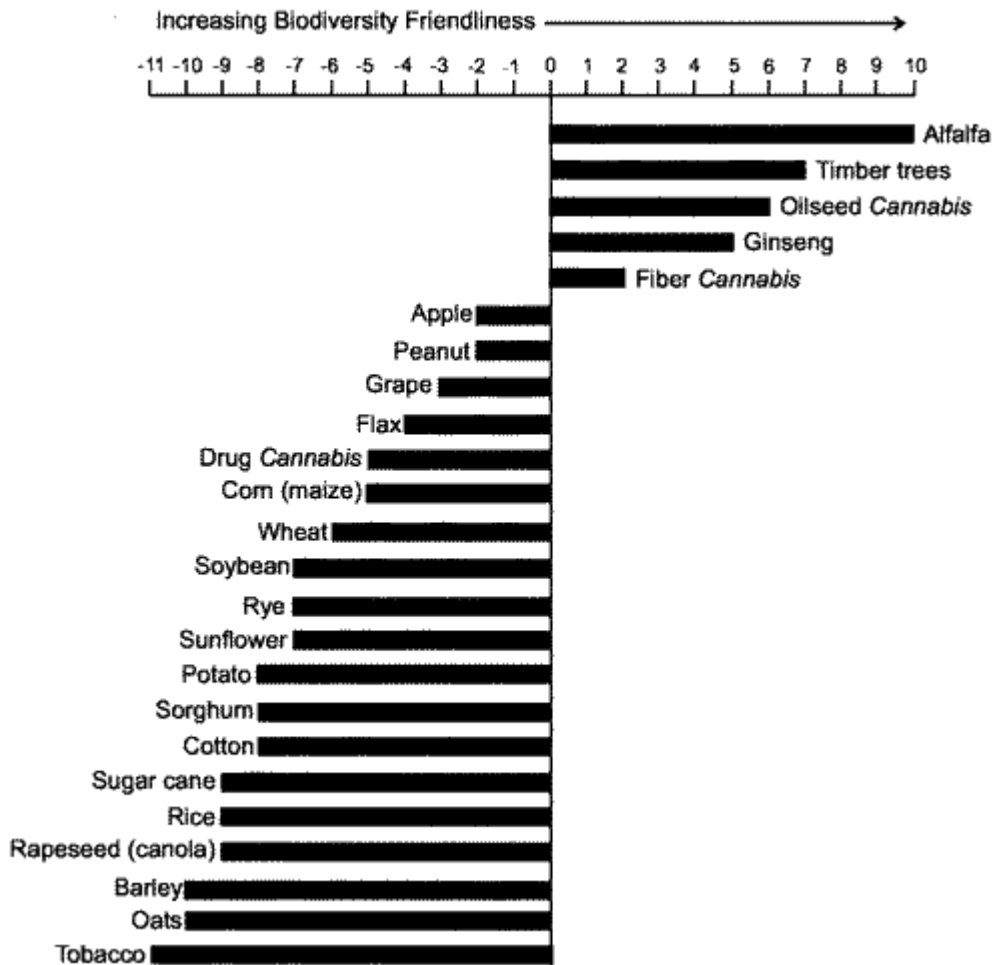


Figura 22. Comparació global sobre la benignitat sobre l'entorn en relació a els principals cultius seguint 26 criteris objectius (Montford i Small 1999)

### **Estudi HEMP-SYS sobre l'impacte ambiental del cultiu del cànem**

L'any 2002, un estudi finançat per la Unió Europea titulat HEMP-SYS que tenia com a objectiu la promoció del desenvolupament competitiu, innovador i sostenible de la indústria de producció de teixits de cànem d'alta qualitat, va estudiar l'impacte mediambiental del cànem per a la producció de fibra, cultivat a França, en comparació amb 7 cultius, concretament: El gira-sol, la colza, el pèsol, el blat de moro, la patata i la remolatxa, també cultivats al país veí. Suposant sempre que els cultius es desenvolupen seguint el Codi de Bones Pràctiques Agrícoles (Amaducci, 2003, Van der Werf, 2004).

Malgrat que no disposem de dades equivalents a casa nostra, es interessat destacar alguns dels resultats obtinguts:

- El cànem i el gira-sol foren els cultius que presentaren un menor impacte en nitrogen i del fòsfor. Aquest valor fou de 20,5 kg equivalents de  $PO_4$  per  $ha^{-1}$ .
- El possible impacte de les emissions de  $CO_2$  sobre l'entorn, i per tant sobre el canvi climàtic, fou de 2.330 kg equivalents de  $CO_2$  per  $ha^{-1}$ . Cànem, gira-sol, colza son els cultius que presenten el valor més baix.
- Pel que fa a l'alliberament de substàncies potencialment acidificables, el cànem i el pèsol son els cultius que presenten els valors més baixos. 8,3 i 9,8 kg equivalents de  $SO_2$  per  $ha^{-1}$ , per a pèsol i cànem, respectivament.
- En relació a la possible ecotoxicitat terrestre del cultiu, expressat com a kg equivalents de 1,4-diclorobenzè (DCB), encara que en aquest cas es tractava de metalls pesants, el cànem ocupa el tercer lloc darrera del pèsol, i el gira-sol. Els valors obtinguts són de 0,1, 1,8 i 2,3 kg equivalents de 1,4-DCB  $ha^{-1}$ , respectivament.
- Cal destacar que el cànem és el cultiu que presenta una menor utilització de recursos energètics no renovables, 11.400 MJ.
- Finalment, pel que fa a l'ocupació de superfície hi ha poques diferències entre cultius.



## 9. Possibilitats del cànem en els sistemes de cultiu dels secans frescals i semifrescals de Catalunya

### Un nou context de producció de conreus herbacis a la UE

A la UE s'ha assistit a la caiguda del preu dels productes de molts cultius (Orson, 1996; MAPA, 2000) i al increment dels preus dels agroquímics, alhora que els ajuts als cultius alimentaris s'han reduït amb l'objectiu de limitar la forta gravitació que representen sobre les finances comunitàries (CE, 2003). En aquest context, l'optimització de la producció agrària passa per una reducció dels costos.

Paral·lelament, les rotacions de cultius s'han simplificat, limitant-se a pocs cultius (cereals bàsicament), i la proporció de monocultiu s'ha incrementat. Aquest fet augmenta el risc d'incidència de malalties, (patògens del sòl particularment) (Arnon, 1992) i la problemàtica de males herbes (Liebman i Jank, 1990), possibilitant el desenvolupament de resistència als herbicides (Taberner, 1995).

S'accepta que es tracta d'un desenvolupament erroni. Els sistemes agrícoles han d'esdevenir més sostenibles, emprar menys fitosanitaris (Wibberley, 1996) i s'ha de passar a produir d'acord amb la sensibilitat dels consumidors. Aquests són alguns dels principis que inspiren la revisió de la Política Agrària Comuna (PAC) (CE, 2003).

Els "nous" cultius a introduir a les rotacions, a més de mitigar els problemes descrits, han de complir, preferentment, els següents requisits: tenir interès per al mercat no alimentari; necessitar pocs o gens fitosanitaris; i disminuir la incidència dels patògens en els cultius més habituals (van der Werf et al., 1995c). El cànem compleix aquests requeriments perquè dona productes de necessitats creixents, té un rendiment elevat, es reconegut com a cultiu millorant i té el perfil adequat per contribuir a augmentar la sostenibilitat de l'agricultura. (van der Werf, 2004).

### Efectes positius de les rotacions sobre la producció i la qualitat del sòl

Els efectes positius de les rotacions de cultius estan ben documentats (Bullock, 1992; Pierce i Rice, 1998; Karlem et al. 1994). Es citen diversos factors responsables de l'increment de rendiment dels cultius en rotació: millora de la disponibilitat de l'aigua i dels nutrients, particularment el nitrogen que prové de les lleguminoses; faciliten el control de males herbes, malalties i diferents plagues; i milloren l'estructura del sòl.

Les rotacions de cultius afecten les característiques del sòl, bàsicament a través de l'efecte que tenen sobre el contingut i l'evolució de la matèria orgànica en el sòl, segons els residus que hi queden (Havlin et al., 1990; Unger, 2001). Aquesta matèria orgànica condiona la formació i l'estabilitat dels agregats del sòl i els efectes que se'n deriven, com són la porositat, la taxa d'infiltració de l'aigua, la capacitat de retenció d'aigua i la ventilació del sòl.

En conjunt, les rotacions de cultius han mostrat ser una eina eficaç per reduir l'ús d'agroquímics (Riedell *et al.*, 1998), l'impacte ambiental de la producció agrària i produir d'acord amb la sensibilitat dels consumidors (Cook, 1993).

Però les rotacions també interessen des del punt de vista econòmic, ja que permeten reduir costos de producció i al diversificar els cultius es redueix el risc econòmic davant les fluctuacions de preus i de rendiments (Viaux, 2000).

## **El cànem per diversificar el monocultiu de cereals**

En els secans frescals i semifrescals de Catalunya els agricultors estan interessats en el cànem com a cultiu alternatiu per evitar el monocultiu de cereals (Gorchs i Lloveras, 1997). El cànem s'ha integrat fàcilment en les explotacions cerealístiques d'aquestes zones ja que:

- El cànem és un bon precedent per als cereals, i el blat en particular (Bocsa i Karus, 1998),
- El cicle de cultiu és curt, cosa que facilita la organització dels treballs de l'explotació (FNPC, 1995)
- S'ha mostrat econòmicament competitiu en relació a altres cultius alternatius (Gorchs i Lloveras, 1998, 2003)

### **9.1. El cànem és un bon precedent per al blat**

#### **El cultiu del blat en rotació**

A Europa i els Estats Units, s'han fet estudis que assenyalen que el blat cultivat en monocultiu pateix a la llarga disminucions de rendiment que van del 10 al 40% (Doucet, 2000).

En canvi, son nombrosos els estudis que assenyalen que el blat cultivat en rotació es poden obtenir increments de rendiment significatius (Cook i Veseth, 1991, Young *et al.*, 1994, Hammel, 1995), sovint lligats a una reducció de patògens en el sòl.

A Espanya les referències que estudien els efectes de les rotacions de cultius sobre el rendiment del blat en condicions semiàrides (Lopez Bellido *et al.* 1996, 1998, 2001a, b, c; Hernanz *et al.* 2002). Malauradament, existeixen poques referències de l'efecte de les rotacions del cultiu del blat en zones més frescals.

#### **El cànem com a precedent del blat**

Com a precedent del blat, l'opinió general dels cultivadors de cànem i dels tècnics és que el cànem és un excel·lent precedent (Saint-Ellier, 1978; Vincent, 1980; Gorchs, 1994; Gorchs i Lloveras, 1998; van der Werf, 2002; López Bellido, 2003). El blat cultivat rere cànem rendiria entre 10 i 20% més (Roulac, 1997; Bocsa i Karus, 1998) o bé 500 kg ha<sup>-1</sup> (Miquel, 1976).

No obstant, no es disposava d'estudis sòlids que valoressin acuradament l'efecte rotació del cànem com a precedent del blat, malgrat les nombroses referències d'arreu. L'estudi realitzat al Lluçanès durant els anys 1995 a 1999, i que es presenta a continuació, ha contribuït a pal·liar aquest buit d'informació.

## 9.2 Resultats experimentals al Lluçanès sobre l'efecte positiu del cànem en el blat

Introduir el cànem a la rotació permet interrompre el monocultiu de blat o d'ordi. Els agricultors aprecien especialment el valor del cànem com a precedent dels cereals. Els treballs realitzats al Lluçanès durant els anys 1995 al 1999 quantifiquen l'efecte rotació del cànem com a precedent cultural del blat (Gorchs, 2006), essent l'únic estudi existent a Espanya. De fet, tampoc s'han trobat estudis similars a d'altres països realitzats a les últimes dècades. Per efecte rotació s'entén l'increment de rendiment del blat cultivat rera cànem respecte al rendiment del blat monocultiu.

### La rotació cànem—blat estudiada

A la **Figura 23** es presenta l'esquema de la rotació estudiada. Els tractaments estudiats en relació al blat són: blat monocultiu; Primer any de blat rere cànem adobat; Primer any de blat rere cànem zero adob; Segon any blat rere cànem adobat; Segon any blat rere cànem zero adob; Tercer any blat rere cànem adobat; Tercer any blat rere cànem zero adob.

Les comparacions que es poden establir amb aquests tractament en blat són:

- Blat monocultiu davant primer any de blat rere cànem adobat o cànem zero adob; anys 1996, 1997 i 1998.
- Blat monocultiu davant segon any de blat rere cànem adobat o cànem zero adob; anys 1997, 1998 i 1999.
- Blat monocultiu davant tercer any de blat rere cànem adobat o cànem zero adob; anys 1998 i 1999

Any	Blat monocultiu	Rotació cànem — blat						Cànem monocultiu	
1992-93	Gira-sol	Gira-sol	Gira-sol	Gira-sol	Gira-sol	Gira-sol	Gira-sol	Gira-sol	
1993-94	Blat	Blat	Blat	Blat	Blat	Blat	Blat	Blat	
1994-95	Any previ blat	Blat	Cànem zero ‡	Cànem Adobat §	Blat	Blat	Blat	Blat	Cànem
1995-96	Anys dades blat	Blat ±	Blat <sup>1-</sup>	Blat <sup>1+</sup>	Cànem zero ‡	Cànem adobat §	Blat ∅	Blat ∅	Cànem*
1996-97		Blat ±	Blat <sup>2-</sup>	Blat <sup>2+</sup>	Blat <sup>1-</sup>	Blat <sup>1+</sup>	Cànem zero ‡	Cànem adobat §	Cànem*
1997-98		Blat ±	Blat <sup>3-</sup>	Blat <sup>3+</sup>	Blat <sup>2-</sup>	Blat <sup>2+</sup>	Blat <sup>1-</sup>	Blat <sup>1+</sup>	Blat ∅
1998-99		Blat ±	Blat ∅	Blat ∅	Blat <sup>3-</sup>	Blat <sup>3+</sup>	Blat <sup>2-</sup>	Blat <sup>2+</sup>	Blat ∅

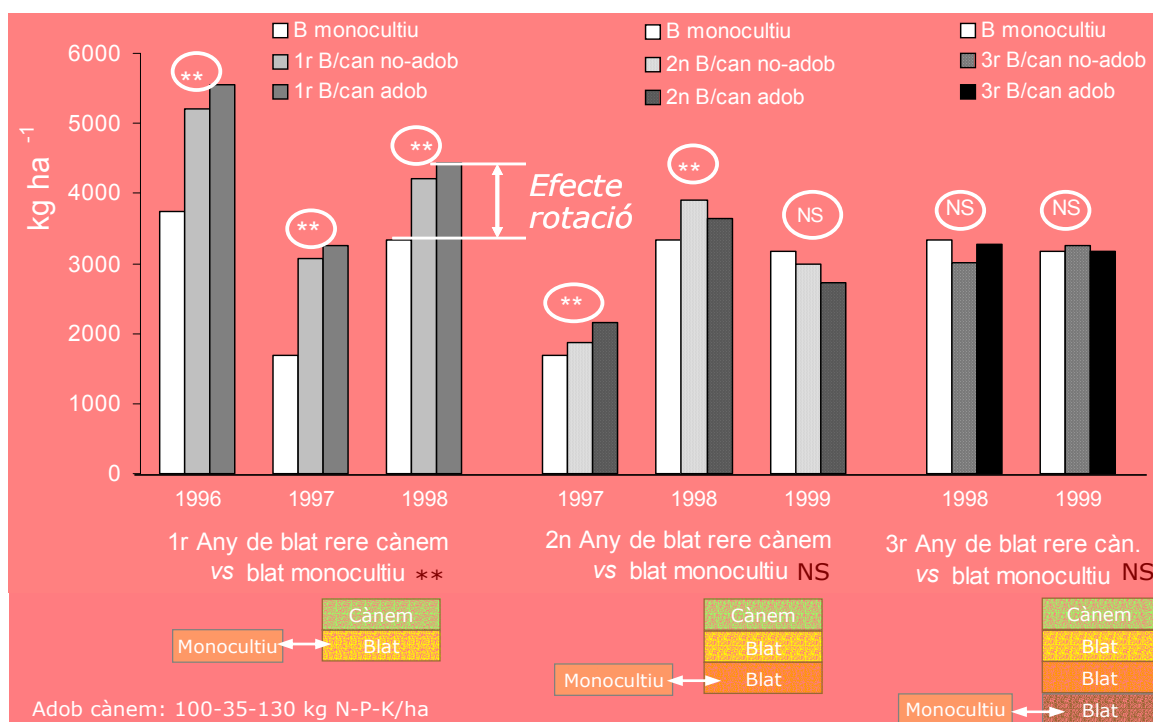
**Figura 23. Esquema de la rotació cànem—blat estudiada a Merlès.**

‡ Cànem sense adobar rere blat. § Cànem adobat rere blat (100-35-130 kg N-P-K ha<sup>-1</sup>, respectivament).  
\* Cànem adobat monocultiu (100-35-130 kg N-P-K ha<sup>-1</sup>, respectivament), les dades corresponents als cànem no es presenten. ± Blat monocultiu (BM). 1- i 1+ Primer any de blat rere cànem sense adobar i adobat, respectivament. 2- i 2+ Segon any de blat rere cànem sense adobar i adobat, respectivament. 3- i 3+ Tercer any de blat rere cànem sense adobar i adobat, respectivament.

**El cànem és un bon precedent del blat**

El rendiment del primer any de blat rere cànem va ser significativament superior al del blat monocultiu, independentment de si el cànem s'havia adobat o no, a cada un dels tres anys de durada de l'assaig i per als tres anys en conjunt (Figura 24). No obstant, el blat rere cànem adobat va presentar rendiments més elevats que els del blat rere cànem no adobat. La mitjana de rendiment de gra (14% d'humitat) per als tres tractament i per als tres anys va ser 3833 kg ha<sup>-1</sup>

L'efecte del cànem sobre el rendiment del blat es va estendre al segon any de blat rere cànem, tot i que de forma més limitada i menys consistent que per al primer any de blat rere cànem. En canvi, el tercer any de blat rere cànem ja no es va diferenciar del blat monocultiu.



**Figura 24. Rendiment de gra (14% d'humitat) del blat en funció de la rotació (\*\*** Indica significació per a P<0,01. NS, no significatiu).

### L'efecte rotació del cànem sobre el blat va ser de 1368 kg ha<sup>-1</sup> de mitjana

La mitjana de l'efecte rotació per al primer any de blat rere cànem (increment de rendiment del blat rere cànem respecte el blat monocultiu) va ser de 1368 kg ha<sup>-1</sup> de mitjana (Taula 21). És a dir, el rendiment del blat en rotació va ser un 47% superior al del blat monocultiu. L'efecte rotació del blat rere cànem adobat va ser superior al del blat rere cànem no adobat, anant dels 1100 kg ha<sup>-1</sup> (33%) de l'any 1998 als 1800 kg ha<sup>-1</sup> (48%) de l'any 1996, si bé en percentatge el major efecte rotació es va obtenir l'any 1997 amb un 94% (1580 kg ha<sup>-1</sup>).

L'efecte rotació obtingut confirma les informacions aportades per agricultors i tècnics, que el cànem és un excel·lent precedent per al blat (Saint-Éller, 1978; Vincent, 1980; Gorchs *et al.*, 2000) i supera àmpliament el 10-20% d'increment de rendiment que indiquen (Bocsa i Karus, 1998) per al blat rere cànem.

L'increment de rendiment de gra del blat rere cànem respecte el blat monocultiu és superior a l'obtingut per altres autors per a altres precedents del blat a altres àrees: Dalal *et al.* (1998; 40%) a Austràlia i López Bellido *et al.* (2001a; 43%) i Lezuan *et al.* (1997; 25%) a Espanya per a blat rere lleguminoses; Arshad *et al.* (1998; 15%) i Unger (2001; 29%) en blat a Amèrica del Nord i Doucet (2000; 9%) a França per a diversos precedents; Wibberley (1996) a Anglaterra (35% per al blat rere colza i 25% per al blat rere fava). En conjunt, indiquen que el cànem és un excel·lent precedent per al blat.

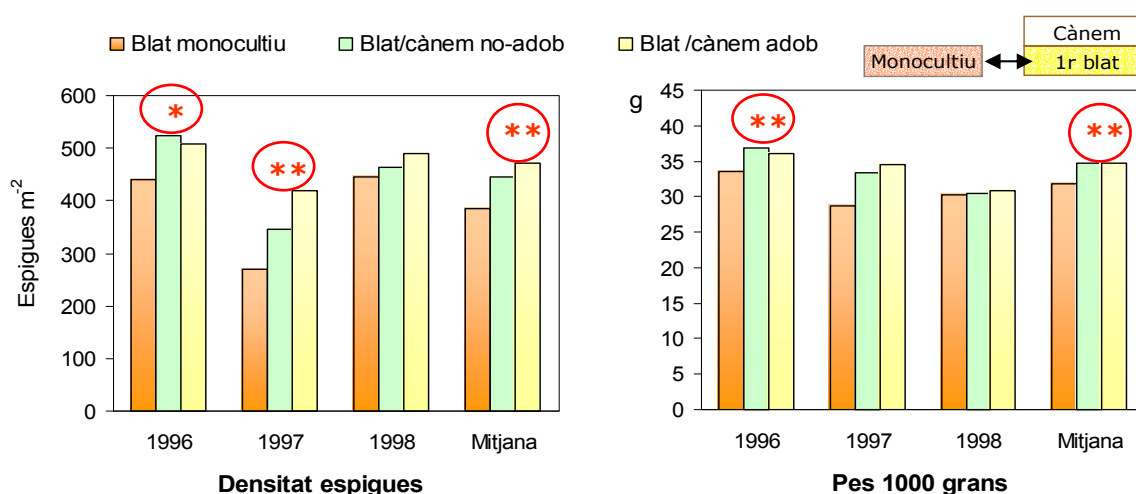
**Taula 21. Efecte rotació del cànem en el rendiment de gra del blat (increment de rendiment respecte al rendiment del blat monocultiu: Blat rotació–BM).**

Rotació †	1996	1997	1998	1999	Mitjana
	kg ha <sup>-1</sup>				
<b>Primer any de blat rere cànem</b>					
Blat rere cànem adobat	1800	1580	1100	-	1493
Blat rere cànem no adobat	1466	1389	874	-	1243
Mitjana	1633	1484	987	-	1368
<b>Segon any de blat rere cànem</b>					
Blat rere cànem adobat	-	466	314	-438	114
Blat rere cànem no adobat	-	190	572	-172	197
Mitjana	-	328	443	-305	156
<b>Tercer any de blat rere cànem</b>					
Blat rere cànem adobat	-	-	-54	6	-24
Blat rere cànem no adobat	-	-	-337	99	-119
Mitjana	-	-	-195	52	-72

† Adob cànem: 100-35-85 kg N-P-K ha<sup>-1</sup>

### L'efecte rotació del cànem es basa en l'augment de la densitat d'espigues i del pes del gra del blat.

L'efecte rotació del cànem sobre el blat s'explica perquè el blat rere cànem assoleix una densitat d'espigues superior a la del blat monocultiu, alhora que el gra també pesa més (**Figura 25**). Aquests resultats tradueixen un millor funcionament del cultiu des de la naixença a la maduració del gra del blat rere cànem respecte el blat monocultiu. És a dir expliquen com s'ha obtingut el major rendiment del blat en rotació, però cal veure quin és el factor que origina aquestes diferències.



**Figura 25. Densitat d'espigues i pes del gra segons la rotació.**

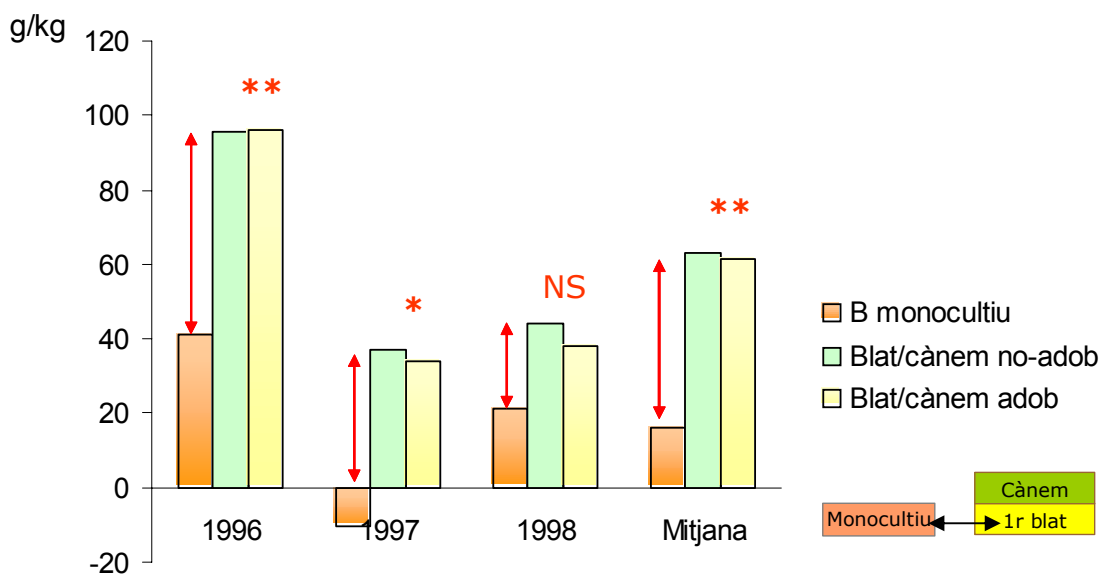
### El cànem incrementa l'estabilitat dels agregats del sòl

El blat rere cànem va presentar una diferència d'agregats estables ( $>0,2$  mm) a l'alcohol respecte als estables a l'aigua superior a la del blat monocultiu (**Figura 26**), la qual cosa indica que el cànem va incrementar l'estabilitat dels agregats de  $>0,2$  mm.

Aquest paràmetre avalua la contribució de les forces de cohesió a l'estabilitat dels agregats, alhora que la diferència entre els agregats estables pretractats amb benzè i els estables a l'aigua s'utilitza com indicador de la contribució que la fracció orgànica del sòl té sobre l'estabilitat dels agregats (Henin, 1972).

No obstant, aquesta millora de l'estabilitat dels agregats del sòl probablement no explica completament la forma en què el cànem incrementa el rendiment del blat. Sembla que hi han d'haver altres factors responsables que contribueixin a assolir un efecte rotació del cànem sobre el blat tant elevat com el trobat en aquest estudi.

El conjunt de resultats obtinguts en aquest treball, presentats parcialment en aquest document, permeten especular que l'efecte rotació del cànem sobre el blat podria relacionar-se amb la quantitat de fulla que el cànem deixa en el sòl, i de la seva descomposició, si bé calen més estudis per confirmar-ho.



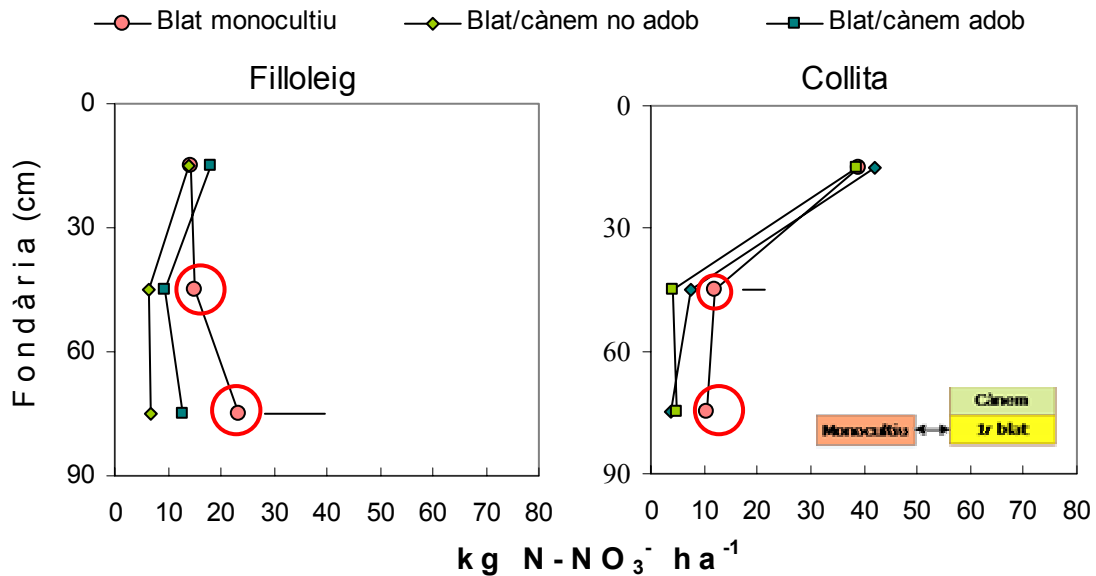
**Figura 26.** Diferència entre els agregats estables pretractats amb alcohol i els estables a l'aigua (Adob cànem: 100-35-130 kg N-P-K ha<sup>-1</sup> respectivament).

### La rotació presenta continguts de nitrogen nítric en fondària ( $>30$ cm) inferiors als del monocultiu

El contingut de nitrogen nítric en el sòl ( $N-NO_3^-$ ) a més de 30 cm, i pel conjunt d'horitzons controlats (0-90 cm), va ser més elevat per al blat monocultiu que per al blat rere cànem, tant a filloleig com després de la collita del blat (**Figura 27**), segons una tendència força consistent, si bé les diferències no sempre eren significatives.

Aquests resultats mostren que la rotació redueix el risc de pèrdua de  $\text{N-NO}_3^-$  per lixiviació i suggereixen que el cànem és un bon complement per al blat en quant a l'ús de N, ja que sembla absorbir el nitrogen residual en el sòl, fet que remarca el seu paper respectuós amb el medi ambient.

D'altra banda, observar que el blat rere cànem adobat i sense adobar presenten nivells de nitrogen nítric en el sòl molt similars, tant a filloleig com després de la collita del blat (uns  $6,5 \text{ kg N-NO}_3^- \text{ ha}^{-1}$  menys a 0-90 cm quan el cànem no s'adoba). És a dir, no adobar el cànem no permet reduir el nitrogen nítric residual en el sòl.



**Figura 27. Nitrogen nítric en el sòl a filloleig i després de collir el blat segons la rotació (mitjana anys 1996,1997 i 1998) (Adob cànem: 100-35-130 kg N-P-K ha<sup>-1</sup> respectivament).**

### 9.3. Consideracions econòmiques sobre el cultiu del cànem

Les rotacions de cultius també interessen des del punt de vista econòmic. Permeten reduir costos de producció i al diversificar els cultius es redueix el risc econòmic davant les fluctuacions de preus i de rendiments (Viaux, 2000). Més encara en un context de reducció del treball del sòl, on els rendiments es poden sostenir millor amb rotacions de cultius (Hammel, 1995).

En el cas del cànem, l'increment de rendiment que ocasiona en el següent cultiu de blat (o efecte rotació) és una referència tècnica imprescindible alhora de dissenyar i optimitzar l'alternativa de cultius a nivell d'explotació.

Ara bé, els agricultors només s'interessaran pel cànem si genera un marge brut proper al que generen els cultius alternatius al del cereal (marquen el llindar de marge brut), tenint present que els cereals seran els cultius predominats a les explotacions. Després, els atots agronòmics del cànem faran decidir l'agricultor per aquest cultiu davant d'altres com el gira-sol i la colza, els més utilitzats a la Catalunya central.

#### 9.3.1. Escenaris de producció possibles

Donat que el cànem és font de productes que poden donar lloc a utilitzacions molt diverses, per poder calcular el marge brut, primer cal definir els escenaris de producció possibles a Catalunya.

A grans trets, es poden distingir tres escenaris diferents segons el tipus de varietats utilitzades i l'objectiu de producció:

1. **Varietats de fibra.** Generalment monoiques, d'origen francès o espanyol, però també poden tenir altres orígens, l'objectiu de producció pot ser:

- 1.1. Fibra (requereix la separació de la tija en fibra cortical i canemuixa) o biomassa. La collita és realitza a finals de floració masculina (mig agost)
- 1.2. Gra i fibra (requereix separació tija) o biomassa. La collita es realitza quan el gra és madur (mig—final setembre). L'índex de collita per al gra es situa entre 8 i el 12%, generalment (Girouard et al., 2004; Gorchs, 2006).

2. **Varietats de gra.** Més baixes i amb un rendiment de gra superior al de les varietats de fibra (i viceversa per al rendiment de palla). Hi ha poques varietats disponibles i estan seleccionades per a àrees situades més al nord de Catalunya (Finlàndia, Canadà, etc.).

- 2.1. El gra és l'objectiu principal de producció, la palla passa a ser un subproducte, que pot tenir aprofitaments similars als donats a la palla de les varietats per a fibra, si bé té una qualitat inferior i no és útil per a determinats usos (p. ex. tèxtil). L'índex de collita per al gra és un 42% (Girouard et al., 2004).

A la Taula 22 es presenten detalladament els diferents escenaris possibles de producció de cànem a Catalunya, juntament amb els usos principals i el punts forts i febles que pot tenir cada cas.



**Taula 22. Escenaris possibles de producció del cànem a Catalunya segons el tipus de varietat, la data de collita i l'objectiu de producció.**

		Objectiu de producció	Ús principal	Atots	Debitats	Nota	
Variatats de fibra (generalment monoiques, obtingudes a Espanya o a França)	1.1. Final floració masculina (mig agost)	Fibra	Paper	Paperera important a Catalunya	Només falta planta extractora fibra	1	
			Tèxtil	Preu fibra alt	Falta tecnologia Qualitat fibra difícil d'assolir en secà		
			Compòsits	Substituts plàstic Oportunitat en sector automòbil	Manca planta extractora fibra i indústria especialitzada	2	
			Aïllants	Indústria el pot incorporar fàcilment	Preu baix		
		Canemuixa (subproducte de l'extracció de la fibra)	Llit animals	Mercat creixent Preu alt	Falta extractora fibra		
			Construcció	Fàcil comercialitzar Habitatge confortable	Falta extractora fibra Ús ampli? Preu?		
			Pèl·lets	Sector desenvolupat i en creixement	falta extractora fibra Preu?	3	
		Biomassa	En. elèctrica	Pla per incentivar ús biocombustible Ajut cultius energètics (45 € ha <sup>-1</sup> )	Preu palla suficient per l'agricultor?	4	
			En. tèrmica	Més econòmic que combustible fòssil	Instal·lació específica i logística	5	
			Pèl·lets	Sector desenvolupat i en creixement	Es disposa de la tecnologia per fer pèl·let?	3	
	1.2. Gra madur (mig—finals setembre)	Fibra o biomassa	Usos similars als descrits per la fibra o biomassa				
			Llavor	Bones condicions a Catalunya 2 varietats registrades 1 Empresa de llavors Preu alt	Imprescindible valoritzar la palla	6	
		Gra	Grana ocells	Fàcil comercialitzar i exportar	Mercat poc específic Imprescindible valoritzar la palla		
			Al. humana (gra o oli i coca)	Alt valor nutritiu Utilització creixent Preu alt Fàcil exportar	Manca d'indústria Imprescindible valoritzar la palla	7	
			Bellesa-higiene corporal (oli)	Utilització creixent Preu alt Fàcil exportar	Manca d'indústria Imprescindible valoritzar la palla	8	
2. Varietats de gra (collides a gra madur)		Similar a var. fibra collit a gra madur, però ús gra predomina	Rendiment gra alt Fàcil comercialitzar i exportar	Poques var. disponibles Adaptació i nivell productiu a Catalunya? Manca indústria	9		

Notes en relació a la **Taula 22**:

1. El trasllat de la planta d'Agrofibra a França no permet extraure la fibra de la tija. El trencament d'aquesta anella no permet produir cànem per els usos en què la fibra cortical n'és la matèria primera, en particular la producció de pasta per a paper. Aquest havia estat l'objectiu principal de producció del cànem durant els 30 últims anys a Catalunya, gràcies a tenir una destacada indústria a nivell mundial de pasta per a paper especial i tècnic (Celesa). Per tant, en primer lloc es tractaria de mirar de refer aquesta anella.
2. Els compòsits han d'anar guanyant importància a mesura que la legislació ambiental obligui a emprar materials reciclables. A Catalunya la indústria de l'automòbil i de l'aeronàutica té un gran pes en el PIB, i no hauria de quedar-se'n al marge.
3. Avui la logística per utilitzar biomassa compactada en forma de pèl·lets com a combustible per a l'obtenció de calor està tècnicament resolta, i és una opció més, tal com ho poden ser el gas o el gas-oil. Per poder utilitzar la palla de cànem sense haver-ne extret la fibra es pot haver de resoldre un aspecte tècnic: disposar d'un molí per moldre la palla, per poder fer pèl·lets.
4. L'ús de la palla de cànem per a l'obtenció d'energia elèctrica en plantes específiques com la situada a Sangüesa, o bé en centrals tèrmiques, és una nova via amb molt de potencial que fa pocs anys no existia. La qüestió és el preu que es podrà pagar a l'agricultor i aquest depèn del preu que s'estableixi per al kWh elèctric obtingut a partir de biomassa, que segons el Pla de Foment de les Energies Renovables a Espanya 2005-2010 (PFER) hauria d'incrementar-se entre el 50-100%, respecte als 6,5974 cèntims d'€ actuals.
5. Actualment utilitzar la palla de cànem embalada directament per l'obtenció de calor pot ser econòmicament molt interessant a nivell d'explotació o d'indústria. Però cal dissenyar plantes específiques i es requereix disposar d'un gran espai i la logística necessària per assegurar el subministre de biomassa durant tot l'any es complexa d'organitzar.
6. Espanya té unes condicions climàtiques favorables per a la producció de llavor, respecte a la de països més humits, on la collita del gra pot resultar força difícil. És una via que s'hauria de saber explotar, perquè la llavor de cànem té preus força alts
7. Produir gra per a alimentació humana no ha estat un objectiu important a Catalunya i la població té un gran desconeixement del valor nutritiu del cànem. Però a d'altres països, com Canadà, que ha passat de 0 ha l'any 1996 a unes 25000 ha previstes per al 2006, és l'objectiu principal de producció. És cert que a mesura que augmenti la producció el preu del gra podria baixar, però es creu que es pot mantenir un preu més elevat que els d'altres oleaginoses, similarmet amb el que succeeix amb l'oli d'oliva, donat el gran valor nutritiu que té l'oli i la proteïna del cànem.
8. Les cremes per la cura de la pell, de bellesa i higiene personal hauria de ser un sector a no descuidar per la indústria cosmètica catalana. Com a detall, un 4% de les vendes de Body Shop són de productes de cànem (Small, i Marcus, 2002).

9. La utilització de noves varietats de gra s'observa amb molt d'interès, pel potencial de desenvolupament que té i perquè probablement la logística de producció és probablement la més fàcil d'establir. El coll d'ampolla és l'adaptació que aquestes varietats poden tenir a Catalunya, que d'antuvi es preveu difícil, ja que estan adaptades a zones situades més al nord de Catalunya. Per tant, no se sap quins rendiments es poden esperar.

### 9.3.2 Marges bruts estimats per a diferents cultius a l'àrea de cultiu del cànem

A la **Taula 23** es presenten els marges bruts per al 2006 del blat, l'ordi i dels principals cultius alternatius amb els que ha de competir el cànem per fer-se un lloc a nivell d'explotació, considerant la producció habitual per fibra (escenari 1.1) o bé gra i fibra (escenari 1.2), donant per suposat que es té una planta de processat de la tija per separar-ne la fibra cortical i que aquesta es destina a la producció de pasta per paper.

El cost de la llavor és el cost més destacat per al cànem, comparat amb el dels altres cultius. Destacar que per al cànem per a gra i fibra aquest cost es podria reduir en uns 30 € ha<sup>-1</sup> si poguessin utilitzar dosis òptimes de 30 kg llavor ha<sup>-1</sup>, o menys, en comptes dels 40 kg llavor ha<sup>-1</sup> mínims que obliga la normativa actual (DARP, 2003). En canvi el cànem no té despeses en fitosanitaris, a diferència dels altres cultius.

En relació al marge brut, destacar que el dels cultiu alternatius queda per sota del que té el cereal i que el cànem només per a fibra no es presenta viable, suposant que es tingués la logística que permet aquest cultiu, perquè té un marge brut molt inferior al dels altres cultius. En canvi, el cànem per a gra i fibra té un marge brut que es situa entre el gira-sol i la colza, i per tant és competitiu respecte a aquests cultius, donats els atots agronòmics del cànem.

**Taula 23. Marges bruts estimats per a diferents cultius al Berguedà-Lluçanès.**

	Blat	Ordi	Colza	Gira-sol	Sorgo	Cànem <sup>1</sup> fibra	Cànem <sup>1</sup> gra i fibra
<b>Despeses variables</b>							
Labors	254	248	172	191	151	245	322
Llavor	56	45	39	54	42	162	108 <sup>2</sup>
Adob	169	137	164	105	64	114	138
Fitosanitaris	37	37	60	9	19	-	-
Assegurança	14	14	9	8	9	-	-
<i>Total desp. variables</i>	<i>530</i>	<i>480</i>	<i>444</i>	<i>368</i>	<i>284</i>	<i>521</i>	<i>568</i>
<b>Ingressos</b>							
Gra	630	557	576	479	378	-	245 <sup>3</sup>
Palla	114	105	-	-	-	500 <sup>4</sup>	450 <sup>4</sup>
Ajut PAC <sup>5</sup>	50	50	50	50	50	50	50
<i>Total ingressos</i>	<i>794</i>	<i>712</i>	<i>626</i>	<i>529</i>	<i>428</i>	<i>550</i>	<i>745</i>
<b>Marge brut</b>	<b>264</b>	<b>232</b>	<b>183</b>	<b>161</b>	<b>144</b>	<b>29</b>	<b>177</b>

Font: elaboració pròpia (veure Annex 1)

1. Cultiu utilitzant varietats de fibra, espanyoles o franceses.

2. Prenent dosi que marca normativa vigent (40 kg llavor ha<sup>-1</sup>; DARP, 2003). L'òptim tècnic és inferior (uns 30 kg ha<sup>-1</sup>; Gorchs, 2006) i es podrien estalviar uns 30 € ha<sup>-1</sup>.

3. Prenent el preu per aliment d'ocells (0,49 € kg<sup>-1</sup>). El preu per producció de llavor pot ser superior (0,78 € kg<sup>-1</sup>).

4. Prenen preu aplicats per Agrofibra fins el 2006.

5. Inclou la part desconnectada (25%).

### Escenari 1.1: Marge brut per a fibra o biomassa (varietats de fibra)

A la **Taula 24** s'analitza com varia el marge brut del cànem produït exclusivament per a fibra o biomassa (escenari 1.1.), amb varietats de fibra i collita a floració, segon el rendiment i el preu que rebria l'agricultor per la palla.

Els valors obtinguts mostren que el cànem per a fibra presenta valors de marge brut insuficients per competir amb gira-sol o colza, encara que el rendiment fos superior al considerat mig a la zona.

D'altre banda, el cànem per a biomassa només seria interessant per a l'agricultor si la palla se li pagués al preu més alt possible, suposant que el preu del kWh elèctric obtingut amb biomassa s'incrementés el 100% respecte al preu actual. Percepció que a grans trets no canvia encara que s'hi afegixi l'ajut que es podria captar com a cultiu energètic (45 € ha<sup>-1</sup>), en el cas de destinar-se a biomassa.

Aquests resultats reforcen l'opinió que l'escenari 1.1, produir cànem només per a fibra o biomassa, no és gaire atractiu per a l'agricultor.

**Taula 24. Variació del marge brut del cànem per a fibra o biomassa collit a floració (varietats de fibra) en funció del preu i del rendiment de palla.**

Rendiment palla <sup>1</sup> (kg ha <sup>-1</sup> )	Fibra <sup>2</sup> (0,10 € kg <sup>-1</sup> )	Biomassa per energia elèctrica (€ kg <sup>-1</sup> ) <sup>3</sup>		
		0,04	0,09	0,14
4000	-52	-211	-11	189
5000 <sup>4</sup>	29	-190	60	310
6000	110	-169	131	431

1. Cultiu utilitzant varietats de fibra, espanyoles o franceses.

2. Dosis sembra; 60 kg ha<sup>-1</sup>.

3. Preu que rebria l'agricultor per la palla en funció del preu establert per kWh elèctric: 6,5974; 9,8961; i 13,1948 € kWh, respectivament. Dosis sembra; 30 kg llavor ha<sup>-1</sup>. Ajut cultiu energètic no inclòs (45 € ha<sup>-1</sup>)

4. És la mitjana de rendiment que es considera per al cànem a final de floració masculina (veure Annex 1).

### Escenari 1.2: Marge brut per a doble ús gra i fibra o biomassa amb varietats de fibra

A la **Taula 25** es presenta el marge brut del cànem per a gra i fibra o biomassa amb varietats de fibra i collita a maduració del gra (Escenari 1.2), segons el preu del gra i de la palla utilitzada com a biomassa.

El marge brut del cànem per a gra i biomassa al preu que es podria pagar actualment la biomassa (0,04 € kg<sup>-1</sup>) és negatiu o massa baix per competir amb el llindar que marca el marge brut de la colza o el gira-sol (uns 160 € ha<sup>-1</sup>; **Taula 23**). En canvi, si el preu de la palla augmentés un 50% o més, el marge brut del cànem prendria valors similars o superiors al llindar de 160 € ha<sup>-1</sup>.

Aquestes dades mostren que produir cànem per a gra i fibra per a paper seria interessant per l'agricultor, si es disposés d'una planta de separació de la fibra. La producció de cànem per a gra i biomassa pot ser factible si augmenta el preu del kWh elèctric actual, i de retruc el de la palla. Especialment si es podés captar l'ajut als cultius energètics (45 € ha<sup>-1</sup>), en el cas que el cànem es produeixi per a biomassa, o bé es podés accedir a un ajut mediambiental, similar al que hi havia per incloure el gira-sol a la rotació (uns 60 € ha<sup>-1</sup>).

**Taula 25. Variació del marge brut del cànem per a gra i fibra o biomassa collit a maduració del gra (varietats de fibra) en funció del preu del gra i de la palla.**

Preu gra cànem <sup>1</sup> (€ kg <sup>-1</sup> )	Fibra <sup>2</sup> (0,10 € kg <sup>-1</sup> )	Biomassa per energia elèctrica (€ kg <sup>-1</sup> ) <sup>2,3</sup>		
		0,04	0,09	0,14
0,2 <sup>4</sup>	59	-211	14	239
0,4 <sup>5</sup>	159	-111	114	339
0,6	259	-11	214	439
0,8 <sup>6</sup>	359	89	314	539

1. Cultiu utilitzant varietats de fibra, espanyoles o franceses.

2. Rendiments: 500 kg gra ha<sup>-1</sup> i 4500 kg palla ha<sup>-1</sup> (veure Annex 1). Índex de collita; 0,1. D sembra; 30 kg ha<sup>-1</sup>.

3. Preu que rebria l'agricultor per la palla en funció del preu establert per kwh elèctric: 6,5974; 9,8961; i 13,1948 € kwh, respectivament. Ajut cultiu energètic no inclòs (45 € ha<sup>-1</sup>)

4, 5 i 6. Correspon aproximadament al preu que rep l'agricultor per al gira-sol o colza, gra cànem per a ocells i gra cànem per a llavor.

### Escenari 2: Marge brut per a doble ús gra i fibra o biomassa amb varietats de gra

A diferència de les varietats de fibra, que es tenen dades fiables dels rendiments de gra i fibra o biomassa que poden donar, es desconeix els rendiments que poden donar les varietats de gra a les nostres latituds. Girouard *et al.* (2004) i Callaway (2004) esmenten rendiment de gra que poden superar els 1200 kg ha<sup>-1</sup> a nivell d'agricultor, amb un índex de collita (gra respecte a biomassa) del 42%.

Per tant, a més dels preus, en aquest cas també s'ha de plantejar l'interval en el que poden moure's el rendiment de gra i de biomassa, (Taula 26).

A grans trets, es pot observar que per tenir un marge brut que s'acosti al llindar de 160 € ha<sup>-1</sup> serien necessaris rendiments de gra propers als 1000 kg ha<sup>-1</sup>, considerant el preu del gra més habitual durant els últims anys (0,4-0,5 € kg<sup>-1</sup>). En canvi el preu de la palla afecta menys el valor del marge brut que en les varietats de fibra, perquè el rendiment de palla de les varietats de gra és inferior i la contribució de la palla als ingressos és també proporcionalment menor.

Caldria assajar aquestes varietats en les nostres condicions i veure quins rendiments poden donar, per saber si poden ser interessant o no. Paral·lelament, també caldria plantejar-se un programa de millora de varietats de gra adaptades aquí.

**Taula 26. Variació del marge brut del cànem per a gra i fibra o biomassa collit a maduració del gra (varietats de gra) en funció del rendiment i del preu del gra i de la palla.**

	Fibra <sup>1</sup>			Biomassa per a energia elèctrica <sup>1,2</sup>								
	500	750	1000	500	750	1000	500	750	1000	500	750	1000
kg Gra ha <sup>-1</sup>	500	750	1000	500	750	1000	500	750	1000	500	750	1000
kg Palla ha <sup>-1</sup>	690	1036	1381	690	1036	1381	690	1036	1381	690	1036	1381
€ kg palla <sup>-1</sup>	0,10			0,04			0,09			0,14		
Preu gra												
0,2 <sup>3</sup>	-249	-171	-93	-290	-233	-176	-256	-181	-107	-221	-129	-38
0,4 <sup>4</sup>	-149	-21	107	-190	-83	24	-156	-31	93	-121	21	162
0,6	-49	129	307	-90	67	224	-56	119	293	-21	171	362
0,8 <sup>5</sup>	51	279	507	10	217	424	44	269	493	79	321	562

1. Per calcular el rendiment de palla s'utilitza un índex de collita del 42%. Dosi de sembra; 30 kg ha<sup>-1</sup>.

2. Preu que rebria l'agricultor per la palla en funció del preu establert per kwh elèctric: 6,5974; 9,8961; i 13,1948 € kwh, respectivament. Ajut cultiu energètic no inclòs (45 € ha<sup>-1</sup>).

3, 4, i 5 Correspon aproximadament al preu que rep l'agricultor per al gira-sol o colza, gra cànem per a ocells i gra cànem per a llavor.



## 10 Conclusions

Les conclusions del present estudi sobre la viabilitat tècnica i econòmica del cànem als secans frescals i semifrescals de Catalunya es recullen en 5 apartats.

### 1. Ambientals

- 1.1. El cànem pot donar productes de forma més benigna per al medi ambient que la majoria d'altres opcions utilitzades actualment. Es considera "a low input and low-impact crop" i ofereix avantatges ambientals reals. No necessita fitosanitaris i és un cultiu pre-adaptat a l'agricultura ecològica i, per tant, a un mercat creixent.
- 1.2. El cànem és molt eficient en l'aprofitament del nitrogen nítric del sòl, i és un bon complement per al blat en quant a l'ús del N, aspecte especialment destacat per a les àrees contaminades amb nitrats.
- 1.3. El cànem ha mostrat ser un tallafocs eficaç a les àrees on predomina el bosc.

### 2. Agronòmics

- 2.1. El cànem és un bon precedent per al blat, perquè:
  - Incrementa notablement el rendiment del blat cultivat rera cànem, respecte al del blat en monocultiu (un 47%).
  - Redueix costos de producció, a l'augmentar el rendiment del blat, però també perquè simplifica la protecció del cultiu, especialment contra males herbes.
- 2.2. El cànem és un cultiu d'estiu ben adaptat als secans frescals i semifrescals de la Catalunya central i és, probablement, el cultiu més idoni per a producció de fibra a Catalunya.

### 3. Energètics

- 3.1. En el context actual de foment de les energies renovables a tots nivells (europeu, espanyol i català), l'aprofitament energètic de la biomassa es presenta com una opció molt interessant.

Pel que fa a l'obtenció d'energia elèctrica, amb les tarifes actuals no resulta viable. Ara bé, si fem cas de l'esborrany de modificació del R.D. 436/2004, prevista en el Pla de Foment de les energies renovables 2005-2010 (PFER), amb increments de les tarifes entre 50 i 100% de l'actual, la generació d'electricitat resulta rendible. Entre les opcions plantejades, la més atractiva seria la substitució per biomassa de fins un 10% de carbó de les centrals tèrmiques, per exemple la de Cercs. En aquest cas, prèviament caldria un estudi específic per determinar la tecnologia òptima a utilitzar.

- 3.2. Les aplicacions tèrmiques més factibles es presenten en l'àmbit domèstic, en forma de pèl·let, degut als preus actuals dels combustibles fòssils. Tot i la major inversió inicial de la instal·lació amb biomassa, aquesta es recupera amb 5-6 anys. Tanmateix, primer cal estudiar la viabilitat tècnica de la formació del pèl·let de cànem.

#### 4. Econòmics

- 4.1. El cultiu només per a fibra o biomassa no sembla factible actualment. Podria ser viable si el preu pagat a l'agricultor augmentés un 50 o 100%, respectivament.
- 4.2. El cultiu per a aprofitament doble, gra i fibra o biomassa, amb varietats de fibra, es presenta com l'opció més factible actualment, però amb els següents matisos:
  - Fibra per a pasta paperera: cal disposar d'una planta de separació de la fibra, per la qual cosa s'haurien de prendre les mesures necessàries que ho facin possible, permetent enllaçar el sector productiu i l'industrial.
  - Biomassa per a energia elèctrica: és una opció nova que pot fer viable el cultiu. Es necessita poder establir un preu d'uns 0,1 € kg palla<sup>-1</sup> a nivell d'agricultor, possible si el preu del kWh elèctric augmenta tal com preveu el PFER 2005/10.
  - Biomassa per a energia tèrmica d'ús domèstic (pèl·lets) o a nivell d'explotació: pot fer viable el cultiu, però primer s'han de trobar solucions tècniques idònies.
- 4.3. El cultiu bàsicament per a gra, la palla passaria a ser un subproducte per a fibra o biomassa, pot ser una opció interessant, però per ser viable cal que les noves varietats de gra a introduir doblin, aproximadament, el rendiment de gra de les varietats de fibra actualment utilitzades (500 kg ha<sup>-1</sup>). Tanmateix cal:
  - Assajar aquestes noves varietats per veure'n el nivell productiu a casa nostra.
  - Preveure un pla d'obtenció de varietats adaptades a les nostres condicions, en el cas probable de que les actuals varietats de gra no s'adaptin a les condicions de cultiu de Catalunya.
- 4.4. Catalunya té bones condicions per produir gra per llavor. Saber crear les condicions per passar a ser productors de llavor per a d'altres països podria generar molt de valor.
- 4.5. La normativa vigent que obliga a sembrar un mínim de 40 kg llavor ha<sup>-1</sup> no és lògica. No hi ha argument tècnics que la justifiquin, és perjudicial per a la producció de gra i necessita ser modificada.
- 4.6. L'estalvi que significaria la reducció de la dosi de sembra obligatòria a 30 kg ha<sup>-1</sup> o menys, juntament amb la captació de l'ajut als cultius energètics o l'accés del cànem a un ajut agroambiental, per inclusió en la rotació de cultius, seria una mesura gairebé definitiva per fer viable el cultiu a nivell d'explotació.

#### 5. Investigació i indústria

- 5.1. Donat que molt dels productes que s'obtenen del cànem i les aplicacions que se'n deriven són nous, és necessari un pla per impulsar la investigació i el desenvolupament d'aquest productes a Catalunya. Un cas transcendent és el dels compòsits, pel pes de la indústria de l'automòbil i aeronàutica a Catalunya.



## 11. Referències bibliogràfiques

- Abel, E. 1980. Marihuana: The first 12000 years. Plenum Press, New York (U.S.A.).
- Acciona, S.A. 2006. La experiencia de Acciona en el aprovechamiento de la biomasa.. A O. Lumbreras, Seminario sobre tecnologías energéticas para biomasa y residuos. Encuentros Universidad-Empresa. Consejo Social de la Universidad Politécnica de Madrid. 27-28 junio 2006.
- Agrofibra, S.L. 2002. Regulacions tècniques i econòmiques per cultiu del cànem. Agrofibra, Puig-reig.
- Amaducci, S., M. Errani, i G. Venturi. 2002a. Plant population effects on fibre hemp morphology and production. *Journal of Industrial Hemp* 7, 33-60.
- Amaducci, S., M. Errani, i G. Venturi. 2002b. Response of hemp to plant population and nitrogen fertilization. *Italian Journal of Agronomy* 6,2, 103-111.
- Amaducci, S. 2003. HEMP-SYs: Design, development and upscaling of a sustainable production system for hemp textiles-An integrated quality systems approach. *Journal of Industrial Hemp* 8 (2), 79-83.
- Arnon, I. 1992. Crop sequences and associations. p. 747-785. *A Agriculture in drylands: Principles and Practice*. Elsevier Science, Amsterdam (The Netherland).
- Arshad, M.A., K.S. Gill, i R.C. Izaurralde. 1998. Wheat production, weed population and soil properties subsequent to 20 years of sod as affected by crop rotation and tillage. *Journal of Sustainable Agriculture* 12, 131-154.
- Bassam, N. el. 1998. Energy plant especies, their use and impact on enironment and development. James & James, London (U.K.).
- Bassam, N. el. 2004. Integrated Renewable Energy Farms for Sustainable Development in Rural Communities. *Biomass and Agriculture: sustainability, markets and policies*. OECD Publication Service..
- Béherec, O. 2000. Particularités de la production de chanvre en France. *Comptes Rendus de l'Academie d'Agriculture de France* 86, 219-227.
- Bocsa, I., i M. Karus. 1998. The cultivation of hemp: botany, varieties, cultivation and harvesting. Hempstech, Sebastopol (U.S.A.).
- Bocsa, I. 1999. Genetic improvement: Conventional approaches. 153-184. A P. Ranalli (ed.) *Advances in hemp research*. The Haworth Press, Inc., New York (U.S.A.).
- Brunet, J.P. 2000. Usage et transformation industriels du chanvre. *Comptes Rendus de l'Academie d'Agriculture de France* 86, 229-238.
- Bullock, D.G. 1992. Crop rotation. *Critical Reviews in Plant Science* 11, 309-362.
- Callaway, J. 2004. Hemp seed production in Findland. *Journal of Industrial Hemp* 9, 97-103.
- Canalís, P., J. Royo, D. García, i F. Sebastián. 2005. La co-combustión una alternativa para incrementar la contribución de la biomasa en el mercado eléctrico español. *Energía* 185.
- Comisión Europea (CE). 2005. Pla d'acció sobre la biomassa. Comunicació de la Comissió Europea, {SEC (2005) 1573} Bruselas, 07.12.2005.
- Consejo de la Unión Europea (CE). 2000. Reglamento (CE) Núm. 1672/2000 de 27 de junio del 2000. *Diario Oficial de las Comunidades Europeas* 29.7.2000, L193, 13-15.
- Consejo de la Unión Europea (CE). 2003. Reglamento (CE) Núm. 1782/2003 de 29 setembre de 2003. *Diario Oficial de las Comunidades Europeas* 21.10.2003, L270, 14-23.
- Cook, R.J. i R.J. Veseth. 1991. Wheat health management before planting. p. 87-104. *A Wheat health management*. American Phytopathological Society Press, St Pauls, Minesota (U.S.A.).
- Cook, R.J. 1993. Alternative disease management strategies. *International Crop Science* I, 129-134.
- Cromack, H.T.H. 1998. The effect of cultivar and seed density on the production and fibre content of *Cannabis sativa* in Southern England. *Industrial Crops and Products* 7, 205-210.
- Dalal, R.C., W.M. Strong, E.J. Weston, J.E. Cooper, G.B. Wildemuth, K.J. Lehane, A.J. King i C.J. Holmes. 1998. Sustaining productivity of a vertisol at warra, Queensland, with fertilisers, no tillage, or legumes 5. Wheat yields, nitrogen benefits and water-use efficiency of chickpea-wheat rotation. *Australian Journal of Experimental Agriculture* 38, 489-501.
- DARP. 2003. Ordre ARP/26/2003 de 17 de gener de 2003 del Departament d'Agricultura, Ramaderia i Pesca. *Diari Oficial de la Generalitat de Catalunya*, DOGC núm. 3809 de 28/1/2003.
- DARP. 2006. Preus percebuts pel pagès. Departament d'Agricultura, Ramaderia i Pesca. URL <<http://www.gencat.net/darp/c/dades/preupp/preupp01.htm>> [Consulta 15/12/2006].

- De Groot, B., G.J. van Roekel, i J.E.G. van Dam. 1999. Alkaline pulping of fiber hemp. p. 213-242. A P. Ranalli (ed.) Advances in hemp research. The Haworth Press, Inc., New York (U.S.A.).
- Dempsey, J.M. 1975. Hemp. p. 46-89. A Fiber crops. University of Florida Press, Gainesville (U.S.A.).
- Desanlis, F. 2006. Agronomie et cultre du chanvre. Culture du chanvre en France, p. 148-168. A: Pierre Bouloc (ed.) Le chanvre industriel. Production et utilisations. Editions France Agricole, Paris.
- Doucet, R. 2000. Retour fréquent du blé: Le point sur les pertes de rendement. A: Dossier blé sur blé: techniques et enjeux. Perspectives Agricoles 258, 38-40.
- Dreyer, J., J. Müssig, N. Koschke, W.D. Ibenhal, i H. Harig, 2002. Comparison of enzymatically separated hemp and nettle fibre to chemically separated and steam exploded hemp fibre. Journal of Industrial Hemp 7, 43-59.
- DTI. 2006. Pla de l'energia de Catalunya. Departament de Treball i Indústria de la Generalitat de Catalunya, juny 2006.
- EEA. 2006. How much bioenergy can Europe produce without harming the environment?. European Environment Agency, report N° 7/2006. Copenhagen 2006 .
- EERE. 1997. Direct fired biomass. Energy Efficiency and Renewable Energy. U. S. Department of Energy.
- El Seaidy, A. 2004. Technological Fundamentals of Briquetting Cotton Stalks as a Biofuel. Dissertation. Universitat de Berlín.
- Esnault, C., i J. Le Texier. 1997. La Chanvriere de l'Aube. Journal of the International Hemp Association 4, 105-106.
- FAO. 2004. FAOSTAT Agricultura, producción, cultivos primarios. Bases de dades de l'Organización De Las Naciones Unidas Para La Agricultura y La Alimentación. URL <<http://faostat.fao.org/faostat/form?collection=Production.Crops.Primary&Domain=Production&servlet=1&hasbulk=&version=ext&language=EN>>. [Consulta 3 novembre 2004].
- Fernández. 2003. Energías Renovables para el desarrollo, p.189-260. A J.M. De Juana, Ed. Thomson Paraninfo.
- FNPC. 1995. La culture du chanvre. Battage sur champ. Federation Nationale des Producteurs de Chanvre, Le Mans, France.
- FNPC. 2002. La culture du chanvre. Les techniques culturales, le contexte économique. Fédération Nationale des Producteurs de Chanvre, Le Mans, France..
- Fundación Abertis. 2005. La biomassa com a font de matèries primeres i d'energia: estudi de viabilitat al Montseny i Montnegre-Corredor.. A M. Rigola et al. Institut de Medi Ambient (IMA). Universitat de Girona (UdG). Institut de Ciència i Tecnologia Ambiental (ICTA). Universitat Autònoma de Barcelona. (UAB).
- Gauca, C., O. Segarceanu, V. Tabara, M. Roman, i V. Birlea. 1986. Influenta unor elemente de tehnologie asupra productiei soiului de cinapa monoica Secuieni 1 [Influence of some technological elements on the monoic hemp cultivar Secuieni 1]. Analele de Cercetari pentru Cereale si Plante tehnice Fundulea 54, 341-349.
- Gauca, C., E. Trotus, M. Roman, R. Paraschivoiu, M. Sim, F. Ursachi, i F. Moisa. 1990. Elemente noi in tehnologia producerii de saminta. La cinapa monoica [New elements in the technology of seed production in monoic hemp]. Analele de Cercetari pentru Cereale si Plante Tehnice Fundulea 58, 135-145.
- Gilabert, E. 1981. Estudio de las posibilidades de fabricación de pastas para papel a partir del cáñamo integral (*Cannabis sativa*). Tesis Doctoral ETSEIT, Universitat Politècnica de Catalunya, Terrassa (Espanya).
- Girouard, P., B. Medhi, i R. Samson. 2004. Évaluation de la culture du chanvre dans la région de l'Estrie. Rapport final 1998. Research Reports of Resource Efficient Agricultural Production (REAP-Canada). URL <<http://www.reap-canada.com/Reports/Hemp%20report.htm>> [Consulta 1/1/2004].
- Gorchs, G. 1994. Projecte de concentració de terres i millora de l'alternativa de cultius posant en reg per aspersió 21,28 ha de la finca ESCRIGUES situada en el terme municipal de Santa Maria de Merlès (Berguedà). Projecte Final de Carrera d'Enginyer Agrònom, Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Agrària, Universitat de Lleida (Espanya) (febrer 1994).
- Gorchs, G. i J. Lloveras. 1997. Hemp rotation effect on wheat (*Triticum aestivum*, L.) and effect of some managment practices (nitrogen fertilisation, seeding rate and harvest date) on fibre hemp (*Cannabis sativa* L.) production. p. 100-106. A Alternative fibre crops. Proc. COST 814 meeting, Rothamsted (U.K.), 9-10 April 1997 .
- Gorchs, G. i J. Lloveras. 1998. Hemp production in Spain: present situation and future perspectives. p. 6-9. A Adaptation of Miscanthus, Phalaris and hemp genotypes to different cool and wet regions of Europe. Proc. COST 814 meeting, Barcelona (Spain), 5-6 June 1998.

- Gorchs, G., J. Lloveras, i J. Comas. 2000. Effect of hemp (*Cannabis sativa* L.) in a crop rotation hemp-wheat in the humid cool areas of North-eastern of Spain. p. 581-585. A Crop development for the cool and wet regions of Europe. Proc. COST 814 final conference, Pordenone (Italy), 10-13 May 2000, EUR 19683.
- Gorchs, G. i J. Lloveras. 2003. Current status of hemp production and transformation in Spain. Journal of Industrial Hemp 8, 45-64.
- Gorchs, G. 2006. Efecte de les tècniques de conreu en la producció del cànem (*Cannabis sativa* L.) i efecte del cànem com a cultiu precedent del blat (*Triticum aestivum* L.). Tesi Doctoral. ETSEA, DPVCF, Universitat de Lleida.
- Grabowska, L., i W. Koziara. 2005. The effect of nitrogen dose, sowing density and time of harvest on development and yields of hemp cultivar Bialobrzieszkie. Journal of Natural Fibers 2/4, 1-17.
- Hammel, J.E. 1995. Long-term tillage and crop rotation effects on winter wheat production in northern Idaho. Agronomy Journal 87, 16-22.
- Hanson, J. 1980. An outline for U.K. hemp strategy. The Ecologist 10, 419-427.
- Hasler, P., i T. Nussbaumer. 2000. Brennstoffeigenschaften und Anforderungen an Feuerungstechnik und Abgasreinigung für die Nutzung von Industrierest- und Altholz. A FNR Guide, Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe; Schriftenreihe „Nachwachsende Rohstoffe“; Vol. 6 Biomasse als Festbrennstoff-Anfor--de-rungen, Einflussmöglichkeiten, Normung.
- Havlin, J.L., D.E. Kessel, L.D. Maddoux, M.M. Claasen, i J.H. Long. 1990. Crop rotation and tillage effects on soil organic carbon and nitrogen. Soil Science 54, 448-452.
- Henin, S.K., S. Gras i G. Monier. 1972. La estabilidad estructural. p. 125-158. A El perfil cultural. Mundi Prensa, Madrid (España).
- Hennink, S., E.P.M. de Meijer, i H.M.G. van der Werf. 1994. Fibre hemp in the Ukraine. p. 261-278. A E. Rosenthal (ed.) Hemp Today. Quick American Archives, San Francisco (U.S.A.).
- Herer, J. 1992. Hemp & the marijuana conspiracy: The emperor wears no clothes. HEMP Publishing, Van Nuys, California (U.S.A.).
- Hernanz, J.L., R. López, L. Navarrete, V. Sánchez Grión i A. Fransluebbers. 2002. Long-term effects of tillage systems and rotations on soil structural stability and organic carbon stratification in semiarid central Spain. Soil and Tillage Research 66 129-141.
- Hobson, R.N., D.G. Hepworth, i D.M. Bruce. 2001. Quality of fibre separated from unretted hemp stems by decortication. Journal of Agricultural Engineering Research 78, 153-158.
- Höppner, F., i U. Menge-Hartmann. 1995. Cultivation experiments with two fibre hemp varieties. Journal of the International Hemp Association 2, 18-22.
- IDEA. 2006. Boletín Electrónico IDAE nº 29. Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía. (<http://www.idae.es/index.asp?i=es>).
- Kaltschmitt, M., i M. Weber 2006. Market for solid biofuels within the EU-15. Biomass & Bioenergy 30, 897-907.
- Karus, M. i G. Leson. 1997. Opportunities for German hemp. Results of the "Hemp product line project". Journal of the International Hemp Association 4, 26-31.
- Karus, M. 2002. European hemp industry: cultivation, processing and product lines. Journal of Industrial Hemp 7, 95-99.
- Keller, A., M. Leupin, V. Mediavilla, i E. Wintermantel. 2001. Influence of the growth stage of industrial hemp on chemical and physical properties of the fibres. Industrial Crops and Products 13, 35-48.
- Khokhotva, O. 2004. "Optimal" use of biomass for energy in Europe: Consideration based upon the value of biomass for CO2 emission reduction.. Thesis for the fulfillment of the Master of Science in Environmental Management and Policy. Lund, Sweden, October 2004.
- Laakonen, T.T. i J.C. Callaway. 1998. Update on FIN-314. Journal of the International Hemp Association 5, 34 -35.
- Lezuan, J.A., A.P. Armesto, i A. Lafarga. 1997. La rotación de cultivos en los sistemas extensivos. Navarra Agraria, julio-agosto, 16-22.
- Liebman, M., i R.R. Jank., 1990. Sustainable weed management practices. p. 111-177. A C.A. Francis, C.B. Flora i L.D. King (ed.) Sustainable Agriculture in Temperate Zones. John Wiley and Sons, Inc. New York (U.S.A.).
- Lisson, S. i N. Mendham. 2000. Cultivar, sowing date and plant density studies of fibre hemp (*Cannabis sativa* L.) in Tasmania. Australian Journal of Experimental Agriculture 40, 975-986.
- López A. i J. Serra. 1995. Experimentació varietal en cereals d'hivern. Catalunya Rural i Agrària 15, 5-31.

- López Bellido, L., Fuentes, M., Castillo, J.E. López Garrido, i F.J. Fernández. 1996. Long-term tillage, crop rotation and nitrogen fertilizer effects on wheat yield under rainfed Mediterranean conditions. *Agronomy Journal* 88, 783-791.
- López Bellido, L. 1998. Leguminosas y agricultura sostenible. p. 401-428. A R.M. Jimenez-Diaz i J. Lamo de Espinosa (ed) *Agricultura Sostenible. Agrofuturo-Life-Mundi Prensa*, Madrid (España).
- López Bellido, R.J., i L. López Bellido. 2001a. Effects of crop rotation and nitrogen fertilization on soil nitrate and wheat yield under rainfed Mediterranean conditions. *Agronomie* 21, 509-516.
- López Bellido, L., R.J. López Bellido, J.E. Castillo i F.J. López Bellido. 2001b. Effects of long-term tillage, crop rotation and nitrogen fertilization on bread-making quality of hard red spring wheat. *Field Crops Research* 72, 197-210.
- López Bellido, R.J., i L. López Bellido. 2001c. Efficiency of nitrogen in wheat under Mediterranean conditions: effect of tillage, crop rotation and N fertilization. *Field Crops Research* 71, 31-46.
- López Bellido, L. 2003. Otros cultivos productores de fibra. p. 437-489. A *Cultivos industriales. Mundi Prensa*, Madrid (España).
- López Sánchez. 2004. Influencia del proceso de reciclado sobre las propiedades de los materiales compuestos obtenidos por inyección de poliestireno reforzado con fibras lignocelulósicas. Tesis Doctoral. Universitat de Girona..
- MAPA. 2000. Anuario de Estadística Agraria. Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación, Secretaria General Técnica. Madrid (España).
- MAPA. 2006. Precios percibidos, pagados y salarios agrarios. Ministerio Agricultura Pesca y Alimentación. URL<[http://www.mapa.es/es/estadistica/pags/PreciosPercibidos/indicadores/indicadores\\_precios.htm](http://www.mapa.es/es/estadistica/pags/PreciosPercibidos/indicadores/indicadores_precios.htm)> [Consulta 15/12/2006].
- Mathieu, J.P. 1982. Le chanvre: Une vieille plante pleine d'avenir. *Bulletin Semences* 80, 67-73.
- Mediavilla, V., P. Bassetti, M. Konermann, i I. Schmid-Slembrouck. 1998b. Optimierung der stickstoffdüngung und saatmenge im hanfanbau [Optimization of nitrogen fertilizer application and seed density in hemp cultivation]. *Agrarforschung* 5, 5, 241-244.
- Mediavilla, V., M. Leupin, i A. Keller 2001. Influence of the growth stage of industrial hemp on the yield formation in relation to certain fibre quality traits. *Industrial Crops and Products* 13, 49-56.
- Meijer, E.P.M. De. 1994. Variation of *Cannabis* with reference to stem quality for paper pulp production. *Industrial Crops and Products* 3, 201-211.
- Meijer, E.P.M. De. 1995. Fibre hemp cultivars: A survey of origin, ancestry, availability and brief agronomic characteristics. *Journal of the International Hemp Association* 2, 66 -73.
- Meijer, W.J.M. de, H.M.G. van der Werf, E.W.J.M. Mathijssen, i P.W.M. van der Brink. 1995. Constraints to dry matter production in fibre hemp (*Cannabis sativa* L.). *European Journal of Agronomy*, 4, 109-117.
- Mela, P. 1962. Cáñamo. p. 363-380. A *Cultivos de regadio, Tomo 1. Ediciones Agrocienza*, Zaragoza (España).
- MINECO. 2005. Plan de Energias Renovables en España 2005-2010. Ministerio de Industria, Comercio y Turismo. Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía..
- MINECO. 2004. Real Decreto 436/2004, de 12 de marzo de 2004. Boletín Oficial del Estado de 27/3/2004, 75: 13217-13238.
- Miquel y Costas & Miquel.1976. Cáñamo papelerero, Guia de cultivo. Miquel y Costas & Miquel, División de cultivos, Barcelona (España).
- Molins Energia. 2006. Central de Generació i Distribució de calor a partir de biomassa a Molins de Rei. Molins Energia Biomassa. Novembre 2006.
- Montford, S., E. Small.1999. A comparison of the biodiversity friendliness of crops with special reference to hemp (*Cannabis sativa* L.). *Journal of the International Hemp Association* 6, 53-63.
- Orson, J.H. 1996. The sustainability of intensive arable systems: implications for rotational policy. *Aspects of Applied Biology* 47, 11-18.
- Pierce, F.J., i C.W. Rice. 1988. Crop rotation and its impact on efficiency of water and nitrogen use. p. 21-42. A W.L. Hargrove (ed.) *Cropping Strategies for Efficient Use of Water and Nitrogen*. ASA, spec. publication 51. ASA, CSSA, and SSSA, Madison Wisconsin (U.S.A.).
- Quijano, A., R. Pedrosa P. Sánchez Francés, i G. Antolin Giraldo. 2006. Aprovechamiento de la biomasa lignocelulósica mediante co-combustión. *Energia* 3/2006, 78-79.
- Ranalli, P. 1999. Agronomical and physiological advances in hemp crops. p.61-84. A P. Ranalli (ed.) *Advances in hemp research*. The Haworth Press, Inc., New York (U.S.A.).
- REE. 2005. El sistema eléctrico español. Informes anuales período 2000-2005. Red Eléctrica de España. ([http://www.ree.es/index\\_pu.html](http://www.ree.es/index_pu.html)).

- Reed, A., i P.T. Wiliam 2004. Thermal processing of biomass natural fibre wastes by pyrolysis. *Int. J. Energy Res* 28, 131–145.
- Riedell, W.E., T.E. Schumacher, S.A. Clay, M.M. Ellsbury, M. Pravecek, i P.D. Evenson. 1998. Corn and soil fertility responses to crop rotation with low, medium or high inputs. *Crop Science* 38, 427-433.
- Rivoira, G. i G.F. Marras. 1976. Consumi idrici ed esigenze in azoto della canapa da cellulosa. *Studi Sassaesi Sez III*, 23, 310-326.
- Roulac, J. 1997. *Hemp horizons: The comeback of the world's most promising plant.* . Chelsea Green Publishing Company, White River Junction, Vermont.
- Rumyantseva, L.G. i N.K. Lemeshev. 1994. Current state of hemp breeding in C.I.S. *Journal of the International Hemp Association* 1, 49-50.
- Saint-Ellier, A. 1978. Le chanvre: Une bonne tête d'assolement. *France Agricole* 34, 1735, 22-23.
- Scholz, V. i H.J. Hellebrand. 2005. Sustainable and efficient energy production on farmland, p. 38-45. A Proceedings of the 4th Research and Development Conference of Central and Eastern European Institute of Agricultural Engineering, Moska/Rusland, 12./13.05.2005.
- Small, E., i d. Marcus. 2002. Hemp: A New Crop with New Uses for North America. p. 284-326. A J. Janick i A. Whipkey (eds.). *Trends in new crops and new uses.* ASHS Press, Alexandria, VA.
- Struik, P.C., S. Amaducci, M.J. Bullard, N.C. Stutterheim, G. Venturi, i H.T.H. Cromack. 2000. Agronomy of fibre hemp (*Cannabis sativa* L.) in Europe. *Industrial Crops and Products* 11, 107-108.
- Stutterheim, N.C., S. Amaducci, G. Gorchs, H. Sankari i J. Dreyer. 1999. Quantified framework for Hemp (*Cannabis sativa* L.) production throughout Europe as tool to fine-tune crop component quantity and quality. P31. A Primary production & biotechnology. Proc. Fourth European Symposium on Industrial crops and Products, Bonn (Germany), 23-25 March 1999.
- Tabara, V. 1984. Influenta fertilizarii cu N.P.K. asupra productiei de saminta la cinepa [The influence of NPK fertilizers on seed production in hemp]. *Lucrari Stiintifice, Institutul Agronomic Timisoara, Agronomie* 19, 45-51.
- Tabara, V. 1985. Cercetari privind influenta epocii de semanat, distantei intre rinduri si desimii de semanat asupra productiei de saminta la cinepa in conditiile de la Timisoara in anii 1978-1980 [Research on the influence of sowing date, the distance between rows and sowing rate on the seed yields of hemp under the conditions of Timisoara, in the years 1978-1980]. *Lucrari Stiintifice, Institutul Agronomic Timisoara, Agronomie* 20, 70-76.
- Taberner, A. 1995. Control de males herbes en cereals d'hivern. *Catalunya Rural i Agrària* 15, 32-36.
- TAPPI. 1988. T-212 om-88. A: Tappi test methods 1988, Volume one. Technical Association of the Pulp and Paper Industry, Atlanta, USA.
- Unger, P.W. 2001. Alternative and opportunity dryland crops and related soil conditions in the Southern Great Plains. *Agronomy Journal* 93, 216-226.
- Vallejos, M.E. 2006. Aprovechamiento integral del *Cannabis sativa* como material de refuerzo/carga del polipropileno. Tesis Doctoral. Universitat de Girona.
- van der Werf, H.M.G., J.E. Harsveld van der Veen, A.T.M. Bouma i M. ten Cate. 1994b. Quality of hemp (*Cannabis sativa* L.) stems as a raw material for paper. *Industrial Crops and products*, 2, 219-227.
- van der Werf, H.M.G. 1994. Crop physiology of fibre hemp (*Cannabis sativa* L.). Doctoral thesis, Wageningen Agricultural University (The Netherland).
- van der Werf, H.M.G., M. Wijlhuizen, i J.A.A. de Schutter. 1995a. Plant density and self-thinning affect yield and quality of fiber hemp (*Cannabis sativa* L.). *Field Crops Research*, 40, 153-164.
- van der Werf, H.M.G., W.C.A. Geel, L.J.C. Gils i A.J. Haverkort. 1995b. Nitrogen fertilization and row width affect self-thinning and yield of fiber hemp (*Cannabis sativa* L.). *Field Crops Research*, 42, 27-37.
- van der Werf, H.M.G., W.C.A. Geel, i M. Wijlhuizen. 1995c. Agronomic research on hemp (*Cannabis sativa* L.) in the Netherlands, 1987-1993. *Journal of the International Hemp Association* 2, 14-17.
- van der Werf, H.M.G., E.W.J.M. Mathijssen, i A.J.H.A. Verkort. 1996. The potential of hemp (*Cannabis sativa* L.) for sustainable fibre production: a crop physiological appraisal. *Annals of Applied Biology* 129, 109-123.
- van der Werf, H.M.G. 2002. Hemp production in France. *Journal of Industrial Hemp* 7, 105-109.
- van der Werf, H.G.M. 2004. Life cycle analysis of field production of fibre hemp, the effect of production practices on environmental impacts. *Euphytica* 140, 13-23.
- van Gelder, W.M.J., F.P. Cuperus, J.T.P. Derksen, B.G. Muuse, i J.E.G. van Dam. 1993. Characterization and processing research for increased industrial applicability of new and traditional crops: A European perspective. p. 38-45. A J. Janick and J.E. Simon (eds.), *New crops.* Wiley, New York..

- Venturi, G., i M.T. Amaducci. 1997. Effeti di dosi di azoto e densità di semina su produzione e caratteristiche tecnologiche di *Cannabis sativa* L. *Rivista di Agronomia* 3, 616-623.
- Viaux, P. 2000. Environnement: Economie et écologie. A: Dossier blé sur blé: techniques et enjeux. *Perspectives Agricoles* 258, 58-62.
- Vincent, M.H. 1980. Chanvre: Si vous avez un acheteur c'est un bon précédent à blé. *Entreprises Agricoles*, 121, 50-52.
- Wibberley, J. 1996. A brief history of rotations, economic considerations and future directions. *Aspects of Applied Biology* 47, 1-10.
- Young, R.A. 1997. Processing of agro-based resources into pulp and paper. p. 137-245. A R.M. Rowell, R. A. Young, i J.K. Rowell (ed.) *Paper and composites from agro-based resources*. CRC Press, Lewis Publishers, New (U.S.A.).

# Annexos

Annex 1: Unitats energètiques

Annex 2: Fulls de cultius i marges  
bruts

- Blat
- Ordi
- Colza
- Gira-sol
- Cànem per a fibra
- Cànem per a doble ús  
fibra o biomassa i gra





## ANNEX 1: Unitats energètiques

### Energia

<b>MJ (<math>10^6</math> J)</b> <b>Megajouls</b>	<b>KWh</b> <b>Kilowatt hora</b>	<b>Kcal</b> <b>Kilocaloria</b>
---	------------------------------------	-----------------------------------

1	0,2777	238,8459
3,6	1	859,84523
$4,1868 \cdot 10^{-3}$	0,001163	1

<b>TJ (<math>1 \cdot 10^{12}</math> J)</b> <b>Terajuls</b>	<b>Gw h (<math>10^6</math> kWh)</b> <b>Gigawat hora</b>	<b>tep</b> <b>Tona</b> <b>equivalent</b> <b>petroli</b>
---	--	--

1	0,2777	23,8846
3,6	1,0000	85,9845
4,1868	1,1627	100,0000
0,0293076	0,0081	0,7000
0,041868	0,0116	1,0000

1 tèrmia = 1000 Kcal = 4,187 MJ



## Annex 2: Fulls de cultiu i marges bruts

### Comentari previ

En aquest annex es presenten les dades que s'han utilitzat per calcular el marge brut del cànem i dels altres cultius amb els que ha de competir, per fer-se un lloc a l'alternativa de cultius que definirà cada agricultor per a la seva explotació.

Els fulls de cultiu i marges bruts s'han elaborat emprant les dades que generalment es manegen a la que ha estat l'àrea central del cultiu del cànem a Catalunya durant les últimes dècades, àrea que va de l'oest d'Osona a l'est del Solsonès.

Les dades tècniques i preus s'han tret bàsicament de les següents fonts:

- Agrofibra, 2002
- Darp, 2006
- Gorchs, 1994 i 2006.
- Gorchs i Lloveras, 2003
- Llotja de Barcelona
- Llotja Agropecuària Mercolleida
- MAPA, 2006
- Tuson, 1999

També ha estat necessari recollir informació directament dels agricultors i d'altres persones del món del cànem o properes, bàsicament per obtenir i actualitzar dades específiques del cultiu. Seguidament es dona una relació de les persones que ens han aportat dades utilitzades en el aquest estudi, als que volem agrair la seva valuosa col·laboració:

- Pere Serra
- Josep Soler
- Prudenci Bruch
- Jordi Ferrer
- Josep Castells
- Josep Noguera
- Manel Serra



## 1. Blat

### Full de cultiu

Data	Feina	Mà obra h-UTH/ha	Maquinària		Productes		
			Equipament	h/ha	Producte	Ut	Ut/ha
2a Juliol	Cisell	1,1	Trac. + cisell + curró	1,0			
Setembre	Grada discs	1,0	Trac. + grada discs	0,8			
2a Oct.-1a Nov	Adobar fons	0,8	Trac. + adobadora	0,4	Blending 9-15-25	kg	400
			Trac. + remolc	0,1			
	Grada rotativa	1,2	Trac. + grada rotativa EV	1,0			
Nov - 1a dec	Sembrar	1,8	Trac. + sembradora	1,2	Llavor blat R <sub>2</sub>	kg	175
			Trac. + remolc	0,1			
Gener	Herbicida	0,9	Trac. + pulveritzador	0,6	45% Isoproturon 4%	l	3
					Diflufenican		
2a Març-1a Abr	Adobar sup.	0,8	Trac. + adobadora	0,4	Nit. A. 33,5 %	kg	180
			Trac. + remolc	0,1			
1a Juliol	Recol.lectar	---	Recol.lectora lloguer	1,0			
	Transp. gra	1,0	Trac. + remolc	0,5	Gra	kg	4.500
	Embalar	---	Trac. + rotoembal. llog.	---	Palla	Bal rod.	11,6
1a - 2a Juliol	Recollir palla	1,6	Trac. + pala	0,9		Kg	3.800
			Trac. + remolc	0,5			
<b>Tot. h UTH:</b>		<b>10,2</b>	<b>Total h tractor propi</b>	<b>8,5</b>			

### Despeses variables ocasionades per les labors

Labor	Unitat	ut/ha	€/h	€/ha
Cisell	h	1,0	11,99	12
Grada discs	h	0,8	12,38	10
Adobar (x 2)	h	0,8	9,86	8
Grada rotativa	h	1,0	14,69	15
Sembrar	h	1,2	12,38	15
Apl. herbicida	h	0,6	11,37	7
Recollir palla	h	0,9	10,36	9
Transport (llavor, adob, gra i palla)	h	1,3	11,72	15
			<b>Total:</b>	<b>91</b>

\* Maquinària pròpia i de lloguer

### Despeses variables totals:

Producte	Unitat	Ut/ha	€/Ut	€/ha	
Llavor blat R <sub>2</sub>	kg	175,0	0,32	56	
Adob	kg	9-15-25	400,0	0,311	124
		Nitr. Am. 33,5%	180,0	0,245	44
Herbicida	l	3,0	12,43	37	
Lloguer maquinària:					
Recol.lectora	h	1,0	80,0	80	
Rotoembaladora	bala rod.	11,6	7,2	84	
Assegurança collita	t	4,5	3,2	14	
Labors	--	----		91	
			<b>Total:</b>	<b>530</b>	

### Ingressos derivats de la venda dels productes

Producte	Ut	Ut/ha	€/Ut	€/ha
Gra	kg	4.500	0,14	630
Palla	kg	3.800	0,03	114
Ajut PAC (25%)*	ha	1	50,4	50
			<b>Total:</b>	<b>794</b>

\* Part ajut no desconnectat

### Marge brut (€/ha)

Ingressos	Despeses	Marge Brut
794	530	264

## 2. Ordi

### Full de cultiu

Data	Feina	Mà obra h-UTH/ha	Maquinària		Productes		
			Equipament	h/ha	Producte	Ut	Ut/ha
2a Juliol	Cisell	1,1	Trac. + cisell + curró	1,0			
Setembre	Grada discs	1,0	Trac. + grada discs	0,8			
2a Oct.-1a Nov	Adobar fons	0,8	Trac. + adobadora	0,4	Blending 9-15-25	kg	325
	Grada rotativa	1,2	Trac. + remolc	0,1			
Nov - 1a dec	Sembrar	1,8	Trac. + grada rotativa EV	1,0	Llavor ordi R <sub>2</sub>	kg	150
			Trac. + sembradora	1,2			
2a Gen-1a feb	Herbicida	0,9	Trac. + remolc	0,1	45% Isoproturon 4% Diflufenican	l	3
			Trac. + pulveritzador	0,6			
2a Març-1a Abr	Adobar sup.	0,8	Trac. + adobadora	0,4	Nit. A. 33,5 %	kg	145
			Trac. + remolc	0,1			
1a Juliol	Recol.lectar	---	Recol.lectora lloguer	1,0			
	Transp. gra	1,0	Trac. + remolc	0,5	Gra	kg	4.250
	Embalar	---	Trac. + rotoembal. llog.	---	Palla	Bal rod.	10,7
1a - 2a Juliol	Recollir palla	1,6	Trac. + pala	0,9		Kg	3.500
			Trac. + remolc	0,5			
<b>Tot. h UTH:</b>		<b>10,2</b>	<b>Total h tractor propi</b>	<b>7,6</b>			

### Despeses variables ocasionades per les labors

Labor	Unitat	ut/ha	€/h	€/ha
Cisell	h	1,0	11,99	12
Grada discs	h	0,8	12,38	10
Adobar (x 2)	h	0,8	9,86	8
Grada rotativa	h	1,0	14,69	15
Sembrar	h	1,2	12,38	15
Apl. herbicida	h	0,6	11,37	7
Recollir palla	h	0,9	10,36	9
Transport (llavor, adob, gra i palla)	h	1,3	11,72	15
			<b>Total:</b>	<b>91</b>

\* Maquinària pròpia i de lloguer

### Despeses variables totals:

Producte	Unitat	Ut/ha	€/Ut	€/ha
Llavor blat R <sub>2</sub>	kg	150,0	0,3	45
Adob				
9-15-25	kg	325,0	0,311	101
Nitr. Am. 33,5%	kg	145,0	0,245	36
Herbicida	l	3,0	12,43	37
Lloguer maquinària:				
Recol.lectora	h	1,0	80	80
Rotoembaladora	bala rod.	10,7	7,2	77
Assegurança collita	t	4,3	3,2	14
Labors	--	----	----	91
			<b>Total:</b>	<b>480</b>

### Ingressos derivats de la venda dels productes

Producte	Ut	Ut/ha	€/Ut	€/ha
Gra	kg	4.250	0,131	557
Palla	kg	3.500	0,03	105
Ajut PAC (25%)*	ha	1	50,4	50
			<b>Total:</b>	<b>712</b>

\* Part ajut no desconectat

### Marge brut (€/ha)

Ingressos	Despeses	Marge Brut
712	480	232

### 3. Colza

#### Full de cultiu

Data	Feina	Mà obra h-UTH/ha	Maquinària		Productes		
			Equipament	h/ha	Producte	Ut	Ut/ha
Juliol	Cisell	1,1	Trac. + cisell + curró	1,0			
2a Agost	Grada discs	1,0	Trac. + grada discs	0,8			
2a Setembre	Adobar fons	0,8	Trac. + adobadora	0,4	Complexe 9-18-27	kg	350
2a Set-1a Oct	Herbicida	0,9	Trac. + remolc	0,1	48% Trifluralina	l	1,5
		1,2	Trac. + pulveritzador	0,6			
	Grada rotativa	1,2	Trac. + grada rotativa EV	1,0			
		1,4	Trac. + sembradora	1,0	Llavor colza	kg	5
Març	Herbicida	0,9	Trac. + pulveritzador	0,6	50% Metazacloro	l	1,5
		0,8	Trac. + adobadora	0,4	Nit.amònic 26%	kg	175
Març-abril	Herbicida	0,9	Trac. + remolc	0,1	12,5% Fluazifop-P-butil	l	1,5
		0,9	Trac. + pulveritzador	0,6			
Abril-Maig	Insecticida	0,9	Trac. + pulveritzador	0,6	40% Dimetoat	l	1
2a Jun-1a Jul	Recol.lectar	---	Recol.lectora lloguer	1,1			
		1,1	Trac. + remolc	0,4	Gra de colza	kg*	2.400
<b>Tot. h UTH:</b>		<b>11</b>	<b>Total h tractor propi</b>	<b>7,6</b>			

\* Rendiment al 9% d'humitat

#### Despeses variables ocasionades per les labors

Labor*	Unitat	ut/ha	€/h	€/ha
Cisell	h	1,0	11,99	12
Grada discs	h	0,8	12,38	10
Adobar (x 2)	h	0,8	9,86	8
Grada rotativa	h	1,0	14,69	15
Sembrar	h	1,0	12,38	12
Apl. Herbicida i ins. (x 3)	h	1,8	11,37	20
Transport (llavor, adob i gra)	h	0,6	11,72	7
			<b>Total:</b>	<b>84</b>

\* Maquinària pròpia i de lloguer

#### Despeses variables totals:

Producte	Unitat	Ut/ha	€/Ut	€/ha
Llavor colza	kg	5,0	7,7	39
Adob				
9-18-27	kg	350,0	0,346	121
Nitr. Am. 33,5%	kg	175,0	0,245	43
Herbicida	l	1,5	5,885	9
Herbicida (anticogula)	l	1,5	30,2	45
Insecticida	l	1,0	6,1	6
Lloguer recol.lectora	h	1,1	80	88
Assegurança collita	t	2,4	3,6	9
Labors	--	----	----	84
			<b>Total:</b>	<b>444</b>

#### Ingressos derivats de la venda dels productes

Producte	Ut	Ut/ha	€/Ut	€/ha
Gra	kg	2.400	0,24	576
Ajut PAC (25%)*	ha	1	50,4	50
			<b>Total:</b>	<b>626</b>

\* Part ajut no desconnectat

#### Marge brut (€/ha)

Ingressos	Despeses	Marge Brut
626	444	183

## 4. Gira-sol

### Full de cultiu

Data	Feina	Mà obra h-UTH/ha	Maquinària		Productes		
			Equipament	h/ha	Producte	Ut	Ut/ha
Feb - Març	Cisell	1,2	Trac. + cisell + curró	1,0			
	Grada discs	1,0	Trac. + grada discs	0,8			
2a Març-1a Abr	Adobar fons	0,8	Trac. + adobadora	0,4	Compl. 12-12-24	kg	350
			Trac. + remolc	0,1			
	Herbicida	0,9	Trac. + pulveritzador	0,6	48% Trifluralina	l	1,5
	Grada rotativa	1,2	Trac. + grada rotativa EV	1,0			
1a Abril	Sembrar	---	Trac. + sembradora lloguer	1,0	Llavor gira-sol	kg	5
2a Set-1a Oct	Recol.lectar	---	Recol.lectora lloguer	1,0			
	Transp. gra	1,0	Trac. + remolc	0,4	Pipes	kg*	2.100
<b>Tot. h UTH:</b>		<b>6,1</b>	<b>Total h tractor propi</b>		<b>4,3</b>		

\* Rendiment al 9% d'humitat

### Despeses variables ocasionades per les labors

Labor	Unitat	ut/ha	€/h	€/ha
Cisell	h	1,0	11,99	12
Grada discs	h	0,8	12,38	10
Adobar	h	0,4	9,86	4
Grada rotativa	h	1,0	14,69	15
Apl. Herbicida	h	0,6	11,37	
Transport (llavor, adob i gra)	h	0,5	11,72	6
			<b>Total:</b>	<b>46</b>

\* Maquinària pròpia i de lloguer

### Despeses variables totals:

Producte	Unitat	Ut/ha	€/Ut	€/ha
Llavor gira-sol	kg	5,0	10,8	54
Adob (12-12-24)	kg	350,0	0,301	105
Herbicida	l	1,6	5,885	9
Lloguer maquinària:				
Sembradora	h	1,0	65	65
Recol.lectora	h	1,0	80	80
Assegurança collita	t	2,1	3,6	8
Labors	--	----		46
			<b>Total:</b>	<b>368</b>

### Ingressos derivats de la venda dels productes

Producte	Ut	Ut/ha	€/Ut	€/ha
Gra	kg	2.100	0,228	479
Ajut PAC (25%)*	ha	1	50,4	50
			<b>Total:</b>	<b>529</b>

\* Part ajut no desconectat

### Marge brut (€/ha)

Ingressos	Despeses	Marge Brut
529	368	161



## 5. Sorgo

### Full de cultiu

Data	Feina	Mà obra h-UTH/ha	Maquinària		Productes		
			Equipament	h/ha	Producte	Ut	Ut/ha
Feb - Març	Cisell	1,2	Trac. + cisell+ curró	1,0			
	Grada discs	1,0	Trac. + grada discs	0,8			
2a Abr-1a Maig	Adobar fons	1,5	Trac. + adobadora	0,5	Blending 18-6-12	kg	265
	Grada rotativa	1,2	Trac. + remolc	0,1			
			Trac. + grada rotativa EV	1,0			
1a Maig	Sembrar	1,4	Trac. + sembr. + curró	1,0	Llavor sorgo	kg	15
1a Juny	Herbicida	0,9	Trac. + pulveritzador	0,6	29,6 2,4-D	l	1,2
					10% Dicamba		
					26,5% MCPA		
2a Octubre	Recol.lectar	---	Recol.lectora lloguer	1,0			
	Transp. gra	1,0	Trac. + remolc	0,5	Gra de sorgo	kg*	2.700
<b>Tot. h UTH:</b>		<b>8,2</b>	<b>Total h tractor propi</b>		<b>5,5</b>		

\* Rendiment al 14% d'humitat

### Despeses variables ocasionades per les labors

Labor*	Unitat	ut/ha	€/h	€/ha
Cisell	h	1,0	11,99	12
Grada discs	h	0,8	12,38	10
Adobar	h	0,8	9,86	8
Grada rotativa	h	1,0	14,69	15
Sembrar	h	1,0	12,38	12
Apl. herbicida	h	0,6	11,37	7
Transport (llavor, adob, gra i palla)	h	0,6	11,72	7
			<b>Total:</b>	<b>71</b>

\* Maquinària pròpia i de lloguer

### Despeses variables totals:

Producte	Unitat	Ut/ha	€/Ut	€/ha
Llavor sorgo	kg	15,0	2,8	42
Adob	kg	265,0	0,24	64
Herbicida	l	1,2	16,24	19
Lloguer recol·lectora	h	1,0	80	80
Assegurança collita	t	2,7	3,2	9
Labors	--	----	----	71
			<b>Total:</b>	<b>284</b>

### Ingressos derivats de la venda dels productes

Producte	Ut	Ut/ha	€/Ut	€/ha
Gra	kg	2.700	0,14	378
Ajut PAC (25%)*	ha	1	50,4	50
			<b>Total:</b>	<b>428</b>

\* Part ajut no desconnectat

### Marge brut (€/ha)

Ingressos	Despeses	Marge Brut
428	284	144

## 6. Cànem per a fibra (Escenari 1.1: varietats de fibra)

### Full de cultiu

Data	Feina	Mà obra h-UTH/ha	Maquinària		Productes		
			Equipament	h/ha	Producte	Ut	Ut/ha
Feb - Març	Cisell	1,2	Trac. + cisell+ curró	1,0			
	Grada discs	1,0	Trac. + grada discs	0,8			
2a Març-1a abril	Adobar fons	1,5	Trac. + adobadora	0,5	Blending 18-9-25	kg	350
	Grada rotativa	1,2	Trac. + remolc Trac. + grada rotativa EV	0,1 1,0			
Abril	Sembrar	1,4	Trac. + sembr. + curró	1,0	Llavor cànem	kg	60
Agost	Dallar	---	Trac. + dalladora lloguer	1,0			
	Embalar	---	Embaladora lloguer	---		B. rod	13,3333
	Recollir palla	1,8	Trac. + pala	1,0		Kg*	5.000
			Trac. + remolc	0,6			
<b>Tot. h UTH:</b>		<b>8,1</b>	<b>Total h tractor propi</b>		<b>6,0</b>		

\* Rendiment al 14% d'humitat

### Despeses variables ocasionades per les labors

Labor	Unitat	ut/ha	€/h	€/ha
Cisell	h	1,0	11,99	12
Grada discs	h	0,8	12,38	10
Adobar	h	0,8	9,86	8
Grada rotativa	h	1,0	14,69	15
Sembrar	h	1,0	12,38	12
Recollir palla	h	0,9	10,36	9
Transport (llavor, adob, gra i palla)	h	0,7	11,72	8
			<b>Total:</b>	<b>74</b>

\* Maquinària pròpia i de lloguer

### Despeses variables totals:

Producte	Unitat	Ut/ha	€/Ut	€/ha
Llavor cànem	kg	60,0	2,7	162
Adob (18-9-25)	kg	350,0	0,325	114
Lloguer maquinària:				
Dalladora	h	1,0	75	75
Embaladora	Bala rodona	13,3	7,2	96
Labors	--	----	----	74
			<b>Total:</b>	<b>521</b>

### Ingressos derivats de la venda dels productes

Producte	Ut	Ut/ha	€/Ut	€/ha
Palla	kg	5.000	0,1	500
Ajut PAC (25%)*	ha	1	50,4	50
			<b>Total:</b>	<b>550</b>

\* Part ajut no desconectat

### Marge brut (€/ha)

Ingressos	Despeses	Marge Brut
550	521	29

## 6. Cànem per a gra i fibra (Escenari 1.2: varietats fibra) (per a biomassa només canviaria el preu de venda de la palla)

### Full de cultiu

Data	Feina	Mà obra h-UTH/ha	Maquinària		Productes		
			Equipament	h/ha	Producte	Ut	Ut/ha
Feb - Març	Cisell	1,2	Trac. + cisell+ curró	1,0			
	Grada discs	1,0	Trac. + grada discs	0,8			
2a Març-1a abril	Adobar fons	1,5	Trac. + adobadora	0,5	Blending 18-9-25	kg	425
			Trac. + remolc	0,1			
	Grada rotativa	1,2	Trac. + grada rotativa EV	1,0			
Abril	Sembrar	1,4	Trac. + sembr. + curró	1,0	Llavor cànem <sup>1</sup>	kg	40
Setembre	Dallar	---	Trac. + dalladora lloguer	1,0			
	Recol·lectora	---	Recol·lectora lloguer	1,0			
	Transp. gra	1,0	Trac. + remolc	0,2	Gra cànem	kg	500
	Embalar	---	Embaladora lloguer	---		B. rod	12,0
	Recollir palla	1,8	Trac. + pala	1,0		Kg*	4.500
			Trac. + remolc	0,6			
<b>Tot. h UTH:</b>		<b>9,1</b>	<b>Total h tractor propi</b>		<b>6,2</b>		

1. 40 kg/ha segons normativa actual (DARP, 2003), però òptim tècnic és inferior (Gorchs, 2006)

\* Rendiment al 14% d'humitat

### Despeses variables ocasionades per les labors

Labor*	Unitat	ut/ha	€/h	€/ha
Cisell	h	1,0	11,99	12
Grada discs	h	0,8	12,38	10
Adobar	h	0,8	9,86	8
Grada rotativa	h	1,0	14,69	15
Sembrar	h	1,0	12,38	12
Recollir palla	h	0,9	10,36	9
Transport (llavor, adob, gra i palla)	h	0,9	11,72	11
			<b>Total:</b>	<b>77</b>

\* Maquinària pròpia i de lloguer

### Despeses variables totals:

Producte	Unitat	Ut/ha	€/Ut	€/ha
Llavor cànem	kg	40,0	2,7	108
Adob (18-9-25)	kg	425,0	0,325	138
Lloguer maquinària:				
Dalladora	h	1,0	75	75
Recol·lectora	h	1,0	84	84
Embaladora	Bala rodona	12,0	7,2	86
Labors	---	---	---	77
			<b>Total:</b>	<b>568</b>

### Ingressos derivats de la venda dels productes

Producte	Ut	Ut/ha	€/Ut	€/ha
Gra	kg	500	0,49	245
Palla	kg	4.500	0,1	450
Ajut PAC (25%)*	ha	1	50,4	50
			<b>Total:</b>	<b>745</b>

\* Part ajut no desconectat

### Marge brut (€/ha)

Ingressos	Despeses	Marge Brut
745	568	177

**Gil Gorchs Altarriba** és Doctor Enginyer Agrònom per la Universitat de Lleida. Des del 1987 és professor de l'Escola Superior d'Agricultura de Barcelona, adscrita a la universitat Politècnica de Catalunya, on imparteix docència sobre sistemes de producció vegetal i producció de cereals i proteaginoses. La seva activitat investigadora es centre l'establiment de sistemes agrícoles més sostenibles, particularment en l'aportació que hi poden tenir el tipus de treball del sòl, la rotació de cultius i cultius com el cànem.

**Eduard Hernández Yáñez** és Enginyer Agrònom per la Universitat Politècnica de Catalunya. Des del 1988 és professor de l'Escola Superior d'Agricultura de Barcelona, adscrita a la universitat Politècnica de Catalunya, on imparteix docència sobre electrotècnia i gestió de l'energia.

**Jordi Comas Angelet** és Doctor Enginyer Agrònom per la Universitat Politècnica de Catalunya. Des del 1994 és professor de l'Escola Superior d'Agricultura de Barcelona, adscrita a la universitat Politècnica de Catalunya, on imparteix docència sobre bases de la producció vegetal i fertilització en sistemes de producció vegetal. La seva activitat investigadora es centra en la fertilització, especialment fertilització orgànica.