El blat de moro transgènic a Catalunya

Realitzat per: **Albert Fresquet i Miguel**

Amb l'assessorament de: **Àngels Maristany Rojas**

13 de gener de 2010

"Vivim en una societat extremadament dependent de la ciència i la tecnologia en què gairebé ningú sap res sobre ciència i tecnologia."

- Carl Sagan

Sumari

1. Introducció....1
2. Enginyeria genètica....2
2.1. Història de l'enginyeria genètica....2
2.2. Què és l'enginyeria genètica?....3
2.3. Tècniques bàsiques de l'enginyeria genètica....4
3. Els Organismes Genèticament Modificats....7
3.1. Què són els OGMs?....7
3.2. Mètodes d'obtenció de vegetals transgènics....9
3.3. Aplicacions dels vegetals transgènics....12
3.3.1. En l'agricultura....12
3.3.2. En la indústria farmacèutica....15
3.3.3. Altres....15
4. La transgènesi en l'agricultura....16
4.1. Antecedents històrics....16
4.2. Legislació....18
4.2.1. Marc de la Unió Europea....18
4.2.2. Marc de l'Estat espanyol i Catalunya....20
4.3. OGMs cultivats....21
4.3.1. A la Unió Europea....21
4.3.2. A l'Estat espanyol....22
4.3.3. A Catalunya....23
4.4. Controvèrsia: les dues cares de la moneda....25
4.4.1. El moviment en contra dels transgènics....25
4.4.2. El moviment en pro dels transgènics....27
4.4.3. La percepció del meu entorn social sobre els transgènics....28
5. El cultiu de blat de moro....32
5.1. El cultiu de blat de moro en situacions de dèficit abiòtic....33
5.1.1. Efectes del dèficit hídric....33
5.1.2. Efectes del dèficit de nitrogen....34
5.2. Materials i mètodes....35
5.2.1. Descripció de l'assaig....35
5.2.1.1. Localització de l'assaig....35
5.2.1.2. Antecedents culturals....35
5.2.1.3. Disseny de l'assaig....35
5.2.2. Paràmetres avaluats....37
5.2.2.1. Contingut relatiu d'aigua....37
5.2.2.2. Índex N-Tèster....38
5.3. Resultats....39
5.3.1. Contingut relatiu d'aigua....39
5.3.2. Índex N-Tèster....43
6. Conclusions....44
7. Agraïments....46
8. Bibliografia....47
Annexos....50
I) Annex 1....50
II) Annex 2....59
III) Annex 3....61

1. Introducció

Aquest treball que teniu entre mans és la consolidació de dos capricis meus: l'interès per la ciència i la preocupació per l'àmbit social. Tot plegat ha convergit en un treball dirigit a estudiar els transgènics (més concretament, el blat de moro transgènic) des de diversos punts del coneixement. Finalment, però, l'aspecte primordial és el camp científic.

L'interès pels transgènics em ve d'abans de començar el batxillerat. El constant bombardeig a què ens han exposat els mitjans de comunicació en els darrers anys sobre aquest tema i tota la controvèrsia que s'ha generat, ha originat molta confusió i poca distinció a l'hora d'informar. És a partir de quan sóc conscient d'aquest aspecte que decideixo informar-me'n pel meu compte a fi d'obtenir-ne un coneixement més objectiu.

Com a conseqüència d'aquest interès previ, després de decidir que pel treball de recerca m'agradaria desenvolupar aquest tema, ja tenia feina guanyada. I és que no em va ser necessari informar-me amb anterioritat de manera genèrica per a tenir una visió globa. Així que el primer que vaig fer ja va ser desenvolupar un esbòs del sumari. Val a dir que aquest sumari s'ha mantingut com a esbòs fins a la fi del treball, ja que els continguts i l'estructura d'aquest han estat en constant canvi, per mínim que fos.

A posteriori, vaig iniciar la recerca d'informació en bibliografia diversa, passant per la xarxa, llibres, revistes, estudis científics... Amb això ja vaig anar acumulant el gruix teòric que havia de sustentar el meu treball. Si bé encara no estava treballant la informació, sí que començava a detectar quina em podria ser útil, a més d'anar-me definint la línia que havia de seguir.

Paral·lelament, vaig contactar amb el centre IRTA-Mas Badia del Baix Empordà. La meva idea era que el treball tingués no només una part teòrica, sinó també una part pràctica del tema. De manera que vaig acabar coneixent aquest centre de recerca experimental on, entre d'altres coses, s'estudien cultius de blat de moro transgènic. Així, doncs, ja tenia definit d'on i sobre què obtenir dades per a l'elaboració de la part pràctica.

Un cop amb tota la informació i dades necessàries, ja només em quedava l'elaboració del treball en essència.

Per tal de definir la línia tant teòrica com pràctica en la qual volia centrar la meva recerca, vaig establir-me els següents objectius:

1) Esbrinar si els transgènics són perjudicials per la salut humana.
2) Avaluar la informació que hi ha actualment, així com també el coneixement i la percepció social sobre els transgènics.
3) Avaluar les diferències a nivell fisiològic (hídric i nutricional) que presenten els cultius de blat de moro transgènic derivats de l'event MON810 respecte a les seves varietats isogèniques davant d'estressos hídrics i nutricionals a nivell de nitrogen induïts.

Amb això queda definit el meu treball de recerca, que, finalment, em portarà a extreure'n unes conclusions.

2. Enginyeria genètica

2.1. Història de l'enginyeria genètica

Tot i que podem considerar que el descobriment dels gens i, en general, del codi genètic és un fet força recent en la globalitat de la història de la humanitat[1], cal tenir present que l'observació del nostre entorn ha permès, des de temps immemorials, fer-nos partícips de l'herència dels caràcters en la descendència, és a dir, ser conscients que en la descendència de les espècies que tenen una reproducció sexual, "per alguna estranya raó", es manifesten característiques comunes amb els progenitors. Aquesta és la visió que tenien els nostres avantpassats dels organismes amb què treballaven quan es disposaven a encreuar dues espècies amb característiques interessants per tal d'obtenir una generació que les recopilés a ambdues amb el fi de millorar els organismes i treure'n un major rendiment. Era amb aquesta predisposició, doncs, amb la que encreuaven una varietat de tomaqueres els tomàquets de les quals tenien un major volum amb una varietat que produís uns tomàquets més resistents a estressos hídrics, com també ho era el fet d'encreuar un cavall amb bona musculatura amb una egua veloç.

Tot i que ja des d'aproximadament l'any 323 a.C. Aristòtil especulà sobre la naturalesa de la reproducció i l'herència, no és fins el segle XIX quan tenim una clara mostra de consciència respecte a l'existència dels gens, malgrat no considerar-los amb el mateix nom; concretament des de l'any 1865, any en què està datada la publicació de les *Lleis de Mendel*. Amb aquest treball, **Gregor Mendel**[2] ens mostrava l'evidència de la consistència de les característiques dels progenitors en la descendència, concretament emprant pesoleres. Aquesta observació va permetre a Mendel arribar a la conclusió que els organismes havien de contenir quelcom que es transmetés de generació en generació, a què ell va anomenar *factors*. Aquests *factors*, posteriorment, van passar a anomenar-se **gens**, justament l'any 1909, quan un científic va utilitzar aquesta paraula partint del mot grec *génos*, que significa "generar", fent referència a la unitat física i funcional de l'herència biològica.

Més endavant, cap al 1950, es va descobrir que els gens codificaven proteïnes, de manera que la manifestació d'uns caràcters o uns altres passava per l'ús de proteïnes. Aquest coneixement, juntament amb la determinació de l'estructura de l'ADN com a doble hèlix per part de James Watson i Francis Crick l'any 1953 i el descobriment dels *enzims de restricció* el 1970, van ser de vital importància perquè l'any 1973 Stanley Cohen i Herbert Boyer produïssin el primer organisme recombinant el seu DNA , marcant, d'aquesta manera, l'inici de l'enginyeria genètica.

Una altra de les fites que varen enriquir aquest inici fou la clonació de l'*Ovella Dolly* el 1977.

[1] L'evidència fòssil coneguda fins avui dia indica que la **humanitat moderna** va aparèixer a l'est d'Àfrica 200.000 anys enrere.

[2] **Gregor Johann Mendel** fou un monjo catòlic que estudià la genètica mitjançant l'encreuament d'espècies vegetals (principalment, pesolers). Publicà diversos estudis que mostraven les conclusions de les seves observacions genètiques, tot i que la publicació més reveladora fou la de les *Lleis de Mendel*, tres principis que descriuen l'herència genètica la importància dels quals no va ser reconeguda fins l'any 1900, quan tres científics van redescobrir-les.

Amb la ràpida evolució de la ciència i la tecnologia entre finals del segle XIX i el transcurs del segle XX, combinada amb coneixements possiblement dignes de ser considerats ancestrals, es plantejaren un seguit de processos per tal de respondre a una necessitat social de millora dels organismes per fer front a un creixement exhaustiu de la població humana mundial. És així com neix, tal com hem explicat, l'enginyeria genètica.

2.2. Què és l'enginyeria genètica?

L'**enginyeria genètica**, coneguda també com a **tecnologia de l'ADN recombinant**, és la pràctica tecnològica (i, com a tal, que engloba un conjunt de tècniques), dintre del marc de la biotecnologia[3], que permet manipular genèticament un organisme actuant, lògicament, en els gens. Malgrat tenir en comú els gens com a base i la recerca de la major productivitat i perfecció (des del punt de vista antropocèntric) com a finalitat, les tècniques emprades en l'enginyeria genètica es desmarquen de les tècniques tradicionals de selecció humana dels organismes més interessants (remarcant, altra vegada, que aquests qualificatius són adjudicats des del punt de vista de les necessitats humanes) pel fet que aquesta nova pràctica biotecnològica ofereix una interacció directa entre l'home i els gens de l'organisme desitjat mitjançant tècniques de clonació i transformació molecular, mentre que la tradicional selecció no permet una actuació directa en els gens, sinó que deixa en mans de l'atzar biològic el fet d'obtenir un organisme que compleixi amb les necessitats exigides per la societat després d'haver encreuat dos organismes (de la mateixa o diferent espècie) amb característiques útils.

Les tècniques d'enginyeria genètica ens permeten obtenir **Organismes Genèticament Modificats (OGMs)** (dels quals en parlarem amb detall a partir de l'apartat *3*), també anomenats **transgènics**, amb diferents aplicacions segons les demandes dels diversos sectors de la societat (passant per la investigació, la ramaderia o com a productes finals per als consumidors, entre d'altres), dels quals n'obtenim productes derivats, productes transgènics.

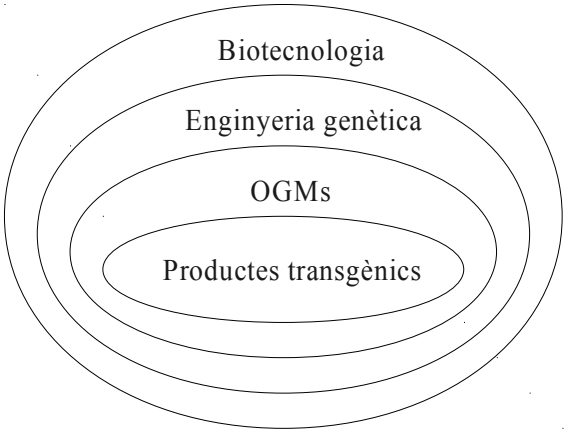


Figura 2-1. *L'esquema ens simplifica quin lloc ocupen els conceptes "biotecnologia", "enginyeria genètica", "OGMs" i "productes transgènics" relacionats entre ells. La biotecnologia és un conjunt de tècniques que es basa en l'ús dels organismes, dintre de les quals hi ha l'enginyeria genètica, que agrupa tots aquells processos necessaris per modificar el genoma d'una cèl·lula, organisme, etc. Amb l'enginyeria genètica podem originar Organismes Genèticament Modificats, dels quals en podem obtenir productes transgènics (o derivats d'aquests) tals com aliments, fàrmacs, etc.*

[3] La **biotecnologia** és la tecnologia que combina les ciències de la vida amb l'enginyeria per tal de produir béns i serveis per a les persones mitjançant organismes, cèl·lules, parts de les cèl·lules i biomolècules.

A més a més, aquestes tècniques també tenen cabuda en la clonació d'ADN i d'organismes (si es treballa amb el seu material genètic), com també en l'aplicació de la teràpia gènica[4].

2.3. Tècniques bàsiques de l'enginyeria genètica

Les tècniques que s'utilitzen en l'enginyeria genètica són moltes i molt variades. Com que el treball no se centra principalment en l'enginyeria genètica, les tècniques descrites a continuació són les principals i les més emprades:

- ADN recombinant:

La tècnica de l'**ADN recombinant** ens permet obtenir molècules d'ADN formades per la unió de dues o més molècules de diferent origen. Aquesta molècula resultant s'anomena ADN recombinant o recombinat, essencial en l'enginyeria genètica (d'aquí a que es conegui, també, com a *tecnologia de l'ADN recombinant*).

Aquesta tècnica utilitza, en primera instància, els *enzims de restricció*, uns enzims que permeten la separació de dues cadenes de DNA, així com l'aïllament de seqüències de nucleòtids actuant sobre els enllaços fosfodièster. D'aquesta manera podem obtenir fragments d'ADN. El gran avantatge dels enzims de restricció és que poden reconèixer seqüències d'ADN concretes, de manera que tenen la capacitat de tallar la cadena en punts determinats (anomenats *llocs* o *dianes de restricció*) a fi d'obtenir els fragments desitjats. Un cop tinguem els fragments de DNA que ens interessen, els unirem entre si mitjançant l'*enzim DNA-lligasa*, donant, així, una molècula d'ADN recombinant.

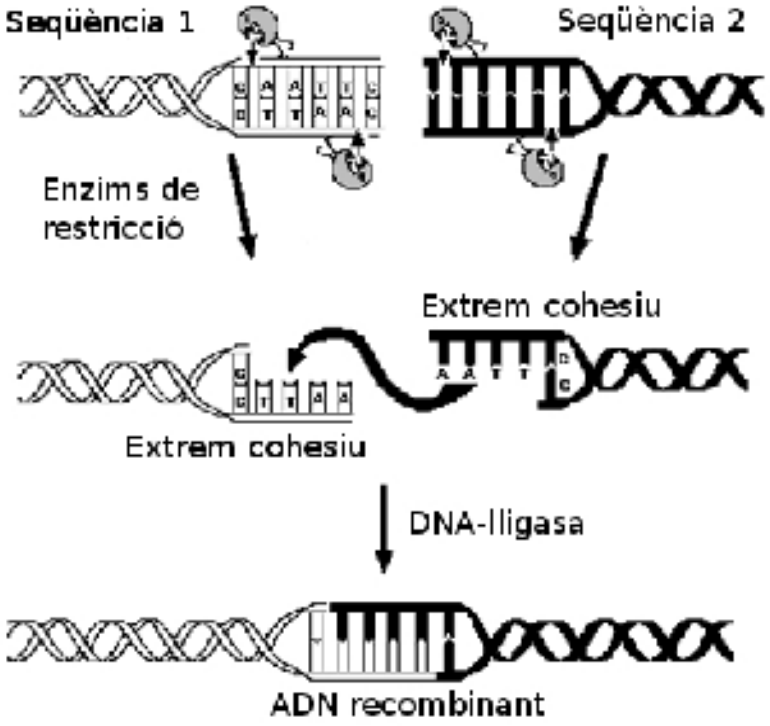


Figura 2-2. *L'esquema ens mostra la formació de la molècula d'ADN recombinant mitjançant l'ús d'enzims de restricció i de l'ADN-lligasa.*

[4] La **teràpia gènica** consisteix en inserir gens funcionals a l'interior de les cèl·lules d'un organisme per tal de substituir un gen defectuós (normalment hereditari). Malgrat trobar-se en els seus inicis i estar en vies de desenvolupament, la teràpia gènica avança progressivament amb resultats prou positius.

Sovint, per tal d'obtenir còpies de les proteïnes sintetitzades a partir d'aquest nou ADN recombinant, el que es fa és unir-les a vectors (utilitzant els mateixos enzims emprats en l'aïllament d'ADN i en la formació de la molècula recombinada) que, posteriorment, s'inseriran a bacteris per tal d'obtenir-ne tantes rèpliques com sigui necessari.

- Electroforesi en gel:

L'**electroforesi en gel,** també coneguda com a **gel d'electroforesi**, és un conjunt de tècniques que permeten separar molècules basant-se en algunes propietats específiques com poden ser la mida, la forma o el punt isoelèctric[5]. Aquestes tècniques varien lleugerament depenent de les molècules amb què es treballi, però totes convergeixen en què el paràmetre essencial és la càrrega elèctrica.

Aquest conjunt de tècniques parteix de la base que, segons les seves propietats, cada molècula tindrà una mobilitat determinada. Aquesta observació és d'elevada importància, ja que el que es fa és col·locar les molècules a estudiar damunt d'una superfície de gel d'agarosa o poliacrilamida (s'utilitzen aquestes substàncies per la facilitat que tenen de formar una matriu porosa, ja sigui en l'ús de proteïnes, ADN o àcids nucleics petits, o bé per separar àcids nucleics grans, respectivament) en què, posteriorment, s'hi generarà un camp magnètic per tal de fer que les molècules es moguin cap als pols i s'agrupin segons les seves propietats.

Quan les molècules a estudiar són de DNA (principal molècula en l'ús de l'electroforesi en gel en l'enginyeria genètica), el propòsit és el de disposar un seguit de molècules en ordre segons la seva longitud. En aquest cas, és gràcies a la càrrega negativa dels grups fosfat dels àcids nucleics que aquestes molècules es dipositen progressivament del pol negatiu al positiu. A posteriori, quan ja s'han format cúmuls de molècules amb la mateixa longitud, per tal de poder-les fer visibles s'hi aplica un colorant amb la finalitat de tenyir-les (normalment bromur d'etidi, substància que, exposada a llum ultraviolada, emet una llum vermellosa; quan s'uneix a cadenes d'ADN, la llum s'intensifica); així és com s'obtenen bandes d'ADN colorat que poden ser estudiades i comparades entre elles.

- Vectors:

Els **vectors** són agents que ens permeten transferir informació genètica d'una cèl·lula a una altra, segons l'interès que es tingui, amb possibilitat d'adherir el nou material genètic al de la cèl·lula hoste.

Hi ha diversos agents que fan la funció de vectors. Per començar, els més coneguts i emprats són els **plasmidis**, molècules d'ADN addicionals que es troben en els bacteris. Aquestes molècules contenen molts menys gens que els cromosomes bacterians, però comparteixen que ambdues molècules són circulars (en general, ja que s'han trobat certs llevats i fongs amb plasmidis lineals) i amb capacitat d'autoreplicar-se. El que fa que els plasmidis siguin tan útils com a vectors és la facilitat amb què poden ser oberts, tot i que presenten un problema, i és que només són eficaços quan es treballa amb fragments d'ADN curts, de 1 a 10 kbp[6]. Els plasmidis capaços d'integrar-se en l'ADN de la cèl·lula s'anomenen *episomes*.

En segon lloc, també trobem l'ús de virus **bacteriòfags** (també coneguts com a **fags**) com a vectors genètics. Els bacteriòfags són un tipus de virus que infecten exclusivament bacteris.

[5] El **punt isoelèctric** és el potencial d'hidrogen (pH) al qual la càrrega elèctrica neta d'una substància amfòtera, és a dir, d'una substància que pot comportar-se com a àcid o com a base depenent de les circumstàncies i de la naturalesa dels constituents amb els quals reacciona, és zero.

[6] **Kbp** és l'abreujament de **kilo base pairs**, nomenclatura que fa referència als parells de nucleòtids enllaçats que conformen un fragment de DNA. 1 kbp es correspon a 1000 bp (*base pairs*), és a dir, a 1000 parells de nucleòtids.

Quan entren a l'interior d'una cèl·lula es poden mantenir en el seu citoplasma com si fossin plasmidis o bé poden infectar-la i transmetre-li el seu ADN. Un bacteriòfag al qual s'hagi tractat prèviament l'ADN serà capaç de fer la seva funció com a vector sense malmetre la cèl·lula hoste en infectar-la.

Un altre tipus de vectors són els **còsmids**, plasmidis als quals s'han afegit determinats fragments del material genètic de **bacteriòfags lambda** (coneguts, també, com a **fags λ**). Com a plasmidis, contenen gens que els permeten replicar-se independentment de la resta de la cèl·lula i poden transmetre el seu material genètic al genoma de l'hoste, i l'interès de la hibridació que suposen amb els fags λ és l'adopció dels extrems cohesius (coneguts com a *extrems cos*), els quals permeten que el còsmid recuperi la forma circular un cop ha infectat la cèl·lula hoste. L'avantatge que suposa l'ús de còsmids és que permeten fer de vectors de fragments genètics d'entre 37 i 52 kbp.

- Reacció en cadena de la polimerasa (PCR):

La **reacció en cadena de la polimerasa (PCR)** és un procediment que ens permet l'**amplificació d'un gen**, és a dir, l'obtenció de nombroses còpies d'un fragment d'ADN desitjat sense necessitat d'utilitzar vectors, cèl·lules hoste, etc. Aquesta tècnica està basada en la replicació d'ADN que es produeix en les cèl·lules eucariotes gràcies a l'ADN polimerasa, un enzim encarregat de la síntesi d'ADN a partir d'una cadena que fa de motlle, originant, així, la cadena complementària.

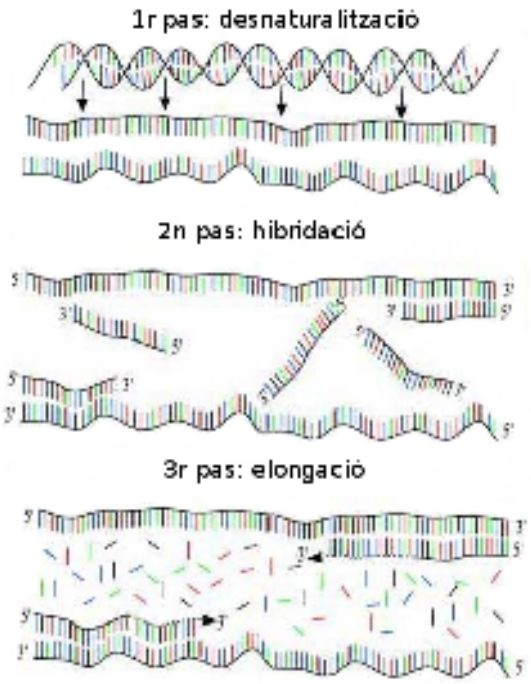


Figura 2-3. *Esquema bàsic de la PCR.*

Consisteix, primerament, en **desnaturalitzar** la molècula d'ADN, és a dir, en separar les dues cadenes d'ADN incrementant la temperatura fins a uns 95ºC. Seguidament, s'afegeix un promotor curt o encebador (un oligonucleòtid) a l'extrem 3' de cadascuna de les dues seqüències d'ADN separades. Aquest procés, conegut com a **hibridació**, es produeix en baixar la temperatura a uns 50-65ºC, ja que amb aquest descens, la doble hèlix d'ADN tendeix a naturalitzar-se de nou, així que s'annexiona a l'encebador establint enllaços d'hidrogen en reconèixer-lo com una seqüència complementària d'ADN. Un cop es tenen les cadenes d'ADN unides als encebadors ja només queda produir la síntesi de la nova cadena en direcció 5'-3' en complementarietat a la cadena originària. D'aquest pas, anomenat **elongació**, se n'encarrega l'enzim ADN polimerasa, el qual reconeixerà els encebadors i s'hi unirà, de manera que sintetitzarà les cadenes complementàries incorporant els nucleòtids presents en el medi seguint l'estructura de la cadena d'ADN motlle. Perquè es produeixi aquest pas, cal mantenir una temperatura d'uns 75ºC (la temperatura òptima d'aquest procés és relativa a l'enzim que emprem).

Les reaccions en cadena de la polimerasa es produeixen en uns equips informàtics anomenats *termocicladors*, els quals permeten realitzar els cicles en la temperatura i el temps desitjats de manera exacta.

3. Els Organismes Genèticament Modificats

3.1. Què són els OGMs?

Els **Organismes Genèticament Modificats** (OGMs), coneguts popularment com a **transgènics**, són organismes que, com el seu nom indica, han patit modificacions en el seu material genètic. No obstant això, l'ADN dels organismes pateix freqüentment mutacions a l'atzar que suposen modificacions, així com també suposen modificacions la meiosi cel·lular a l'hora de produir gàmetes per a la reproducció. És per això que els transgènics es consideren com a tals quan les modificacions han estat produïdes artificialment mitjançant les tècniques que ofereix l'enginyeria genètica.

Amb aquesta predisposició és com l'any 1973 es va aconseguir fer el primer microorganisme modificat genèticament, quan un grup d'acadèmics nord-americans aconseguí transferir gens entre bacteris d'espècies diferents. Deu anys més endavant, el 1983, un laboratori europeu va crear la primera planta transgènica, una planta de tabac resistent a l'antibiòtic kanamicina (emprat com a marcador).

Tanmateix, el primer aliment transgènic (el tomàquet '*Flav Savr*', dissenyat per endarrerir la maduració i millorar-ne el gust) no va ser comercialitzat fins l'any 1994 als Estats Units.

Actualment, podem trobar qualsevol tipus d'organisme al qual s'han produït modificacions genètiques, des de bacteris fins a animals.

- Microorganismes:

Fabricar un transgènic unicel·lular és més fàcil que fer-ne un a partir d'una planta o d'un animal, bàsicament perquè en un organisme unicel·lular evites el problema que presenten els organismes pluricel·lulars d'haver de comprovar que totes les cèl·lules de l'organisme (o gairebé totes) hagin incorporat el transgèn.

Per tal d'introduir els gens necessaris a l'interior d'un microorganisme, cal incorporar-los en un plasmidi, de manera que en col·locar-lo en unes condicions determinades prop del microorganisme, aquest l'incorporarà. Si l'organisme unicel·lular no rebutja aquest plasmidi i les proteïnes sintetitzades a partir dels nous gens incorporats no li són perjudicials, es podrà obtenir satisfactòriament un microorganisme genèticament modificat i reproduir-lo.

Els microorganismes transgènics són útils en el camp de la indústria alimentària per a produir additius com edulcorants artificials i aminoàcids, però sobretot en la indústria farmacèutica en la producció de vacunes, anticossos, medicines, etc.

- Plantes:

La producció de plantes transgèniques presenta majors dificultats que amb microorganismes, ja que la complexitat cel·lular és un obstacle a considerar força important. Tanmateix, el cicle

reproductiu de les plantes i la totipotència[7] cel·lular fan que sigui més senzilla la producció de plantes genèticament modificades que la formació d'animals transgènics.

La creació de plantes genèticament modificades ha permès millorar l'agricultura en molts aspectes, així com també ha ajudat en l'estudi del genotip i el fenotip de moltes espècies vegetals. Nogensmenys, les plantes transgèniques han generat un debat social molt intens a nivell mundial, no exempt de crítiques i dubtes (el qual analitzarem en l'apartat *4.4*), que no s'ha originat arran de cap altre tipus d'organisme transgènic.

Hi ha diversos mètodes emprats en l'obtenció de vegetals transgènics, així com també hi ha un seguit d'aplicacions en què hi tenen cabuda aquests organismes modificats. D'això en parlarem en l'apartat *3.2* i *3.3* detalladament.

- Animals:

La formació d'animals transgènics, a causa de la complexitat de les funcions biològiques d'aquests organismes i llurs cèl·lules, és la que presenta més dificultats. A més, el cicle reproductiu dels animals és, en general, força més llarg que el dels vegetals, de manera que aquest fet en dificulta la investigació.

L'ús principal dels animals transgènics es troba en l'experimentació científica, sobretot en el cas de les rates. Tot i que no es comercialitzen animals modificats genèticament com a productes alimentaris, sí que se'n troben productes derivats (ja siguin transgènics o no), com ara llets.

Els tres mètodes més emprats en la introducció de gens en cèl·lules animals són la *microinjecció d'ADN en el pronucli d'un zigot*, la *transferència dels gens mitjançant retrovirus com a vectors* i la *transformació de cèl·lules mare embrionàries*.

La **microinjecció d'ADN en el pronucli d'un zigot** consisteix en obtenir, primerament, òvuls de femelles superovulades[8] de l'espècie de la qual es vol obtenir l'organisme modificat i fecundar-los *in vitro*. Mitjançant una micropipeta i sota observació microscòpica, s'immobilitza l'òvul fecundat per tal d'introduir una dissolució que conté moltes còpies del transgèn que es vol incorporar en el pronucli masculí. Posteriorment, aquest òvul fecundat transgènic s'introdueix en mares adoptives a fi d'obtenir descendència que incorpori el transgèn en el seu genoma.

Amb aquesta tècnica, la incorporació del nou gen es fa a l'atzar i no sempre la descendència incorpora el transgèn en el lloc esperat, de manera que cal fer una selecció dels organismes que l'hagin incorporat per a poder crear una línia pura.

La **transferència dels gens mitjançant retrovirus com a vectors** es fa a partir de virus als quals s'ha introduït el transgèn que es vol incorporar en les cèl·lules animals. Aquests virus són capaços d'infectar embrions, transportant els transgens fins les cèl·lules embrionàries i introduint-los en el seu genoma. Aquesta tècnica presenta la mateixa complicació que la microinjecció, i és que el transgèn s'incorpora a l'atzar, sense control, ja que es basa en disposar els embrions en un medi de cultiu amb retrovirus, de manera que requereix una selecció posterior dels organismes que l'han incorporat adequadament.

[7] La **totipotència** és la capacitat que tenen les cèl·lules vegetals per regenerar una planta completa. Aquesta propietat s'utilitza en cultius *in vitro*.

[8] La **inducció de superovulació** consisteix en una estimulació hormonal del cicle menstrual per tal que madurin més òvuls dels esperats a fi de poder treballar amb ells.

La darrera tècnica, **la transformació de cèl·lules mare embrionàries**, consisteix en modificar cèl·lules mare embrionàries que es troben en cultiu *in vitro* amb els transgens desitjats mitjançant els vectors adequats, de manera que, a partir de la *recombinació homòloga* (procés de recombinació genètica que es dóna entre cadenes d'ADN semblants, en què s'intercanvien seqüències de nucleòtids) fragments de l'ADN genuí de la cèl·lula són substituïts pels fragments transgènics. Aquestes cèl·lules mare s'injecten en embrions que es troben en fase de blastòcit i, posteriorment, aquests embrions s'incorporen en mares adoptives. La diferència que aporta aquesta tècnica és que la incorporació dels gens ja no és tan arbitrària gràcies a l'ús de vectors aplicats directament sobre cèl·lules mare embrionàries. A més, un cop es té la cèl·lula transgènica, aquesta pot reproduir-se per mitosi, de manera que es poden obtenir més cèl·lules mare embrionàries amb la modificació genètica aplicada. Per altra banda, amb la incorporació de marcadors es pot comprovar si totes les cèl·lules obtingudes han incorporat el transgèn i, així, poder-les incorporar de nou a l'embrió amb la certesa de ser transgèniques. Tot i això, cal fer una posterior selecció d'organismes per tal de desenvolupar una línia pura transgènica.

3.2. Mètodes d'obtenció de vegetals transgènics

Cada tipus d'organisme, ja bé sigui pel tipus de cèl·lula, de reproducció, etc., té unes característiques concretes que fan que la seva manipulació genètica sigui viable mitjançant uns processos determinats que, segons quins siguin, poden ser aplicables en organismes d'altres regnes, o bé poden ser únics i específics pels d'aquell regne en concret. És per això que en aquest apartat ens centrarem en l'explicació dels processos d'obtenció d'organismes transgènics aplicables en vegetals.

Actualment, hi ha tres tècniques que permeten la creació de transgènics vegetals. Cadascuna d'elles ve condicionada pel tipus de planta a manipular, ja que no totes tenen el mateix grau d'eficàcia. Aquestes tres tècniques són la *transformació de protoplasts*, la *biobalística* i la *transformació mitjançant Agrobacterium tumefaciens*.

- Transformació de protoplasts:

La **transformació de protoplasts**, com el seu nom indica, és una tècnica que juga amb els protoplasts vegetals, és a dir, amb aquelles cèl·lules vegetals que han perdut la paret. Per aconseguir-ho, les cèl·lules han de sotmetre's a un procés mecànic on hi intervenen enzims específics. A més, cal mantenir-les en un medi isotònic, ja que en veure's desproveïdes de paret cel·lular, les cèl·lules vegetals no suporten canvis osmòtics i poden rompre's, així com també cal regular la temperatura del medi de cultiu, la lluminositat, etc.

Un cop es tenen les cèl·lules sense paret, aquestes ja són més susceptibles d'incorporar molècules grans com és l'ADN. De manera que afegint en el medi de cultiu del protoplast els transgens que es volen incorporar en la cèl·lula, aquests ja hi penetraran fàcilment. Tanmateix, per facilitar l'entrada dels gens a la cèl·lula cal sotmetre la membrana cel·lular a un procés que la faci permeable. Això es pot aconseguir per dues vies bàsiques:

- Per **electroporació**. Es tracta d'aplicar descàrregues elèctriques a la membrana amb la finalitat de generar microporus a través dels quals podrà passar-hi l'ADN. Si el camp elèctric a què se sotmet la cèl·lula és l'adequat i el temps d'aplicació no és excessiu, els porus es tancaran per regeneració de la membrana; per contra, si el camp elèctric o el temps d'exposició sobrepassen les capacitats de la cèl·lula, es pot provocar la seva mort.
- Mitjançant un **tractament amb polietilenglicol**. Aquest polièter desestabilitza la membrana cel·lular. A més, ajuda a l'endocitosi de l'ADN, és a dir, a la introducció

d'aquestes molècules en el seu interior, degut a un efecte de les càrregues positives de l'èter en contrast amb les positives de l'ADN i les de la membrana plasmàtica.

Mitjançant aquestes dues tècniques podem aconseguir que l'ADN que es troba en el medi de cultiu tingui via lliure per incorporar-se a l'interior de la cèl·lula. A més, cal considerar una tercera via:

- L'ús de **liposomes que continguin l'ADN a introduir**. Com que la membrana dels liposomes és semblant a la membrana plasmàtica de les cèl·lules (totes dues estan compostes, principalment, per fosfolípids i colesterol), és fàcil que es fusionin, de manera que l'ADN embolcallat amb el liposoma s'incorporarà a la cèl·lula. Aquesta tècnica ens permet la penetració de l'ADN en la cèl·lula un cop se n'ha eliminat la paret cel·lular, a diferència dels dos mètodes anteriors, els quals requerien fer permeable la membrana plasmàtica.

- Biobalística:

La **biobalística** (també coneguda com a **biolística** o **bombardeig amb microprojectils**) és el mètode d'inserció directe d'ADN al genoma d'una cèl·lula més utilitzat actualment en la transformació de vegetals. Per arribar a introduir els gens desitjats a l'interior d'una cèl·lula mitjançant la biobalística, primer de tot es tracta de recobrir una microesfera metàl·lica d'un micròmetre de diàmetre (sovint d'or o tungstè) amb aquest material genètic, de manera que, col·locada a la boca d'un canó de DNA d'explosió de pólvora seca, d'algun gas com l'heli o el nitrogen, o per descàrrega elèctrica d'una gota d'aigua (qualsevol d'aquests tres models permet assolir una elevada acceleració a la microesfera), podrem projectar-la a l'interior de les cèl·lules ubicades al canó fent que el transgèn penetri en el nucli d'aquestes. A posteriori, l'ADN es desprèn de la microesfera degut a l'entorn iònic, de manera que si aquesta s'ha introduït adequadament en el nucli cel·lular (considerant una cèl·lula eucariota com ho són les vegetals), el material genètic podrà integrar-se en els cromosomes d'aquesta mitjançant la transformació estable, un procés de recombinació a l'atzar (aquest procés és molt poc freqüent, així que, amb l'ús de marcadors[9], caldrà comprovar i seleccionar les cèl·lules que han adoptat el transgèn).

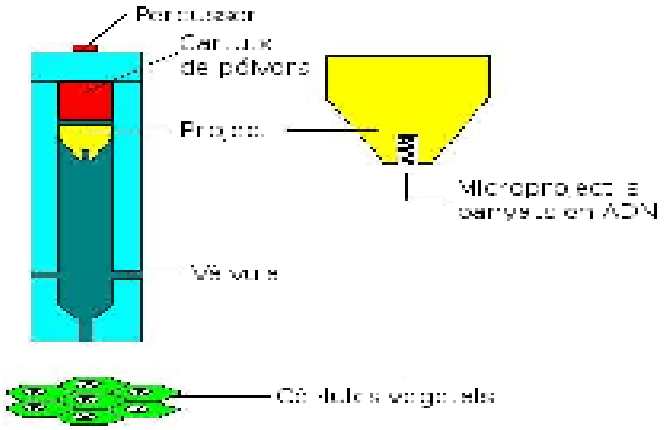


Figura 3-1. *El dibuix ens mostra una esquematització d'un canó gènic. En ell podem reconèixer-hi les parts que intervenen en el procés: el percussor, que seria l'element encarregat de produir*

[9] Els **marcadors** permeten saber quines cèl·lules han incorporat els transgens projectat i quines no. Els més emprats són els cromàtics (mitjançant llums d'una determinada longitud d'ona es pot veure un color específic que indica que el transgèn ha estat incorporat en la cèl·lula) i els resistents a antibiòtics (aquests gens permeten a la cèl·lula sintetitzar defenses a un antibiòtic concret, de manera que posant les cèl·lules en contacte amb aquests antibiòtics es pot veure quines l'han incorporat i, per tant, sobreviuen, i quines no; malgrat tot, aquesta tècnica cada dia s'empra menys per tal d'evitar possibles resistències genètiques als antibiòtics per part d'organismes quan aquestes cèl·lules s'introdueixin en un ecosistema extern).

l'explosió a partir del cartutx de pólvora; el projectil és l'element que conté els microprojectils banyats en ADN i que en ser impulsat per l'efecte del percussor, xoca contra el límit de l'aparell i els expulsa, enviant-los amb prou acceleració com per penetrar les cèl·lules col·locades a gratcient; la vàlvula permet que a l'interior de l'aparell biobalístic no s'hi acumuli pressió, evitant-te el seu trencament.

Aquesta tècnica cada vegada és més emprada en la formació d'organismes transgènics ja que, si bé no és 100% efectiva i necessita marcadors per identificar les cèl·lules que han interioritzat els gens, no requereix l'ús d'altres organismes, com ara l'*Agrobacterium tumefaciens* (molt emprat també per la seva facilitat a l'hora d'infectar cèl·lules i transmetre'ls l'ADN). A més, els aparells de biobalística s'han anat perfeccionant a mesura que s'han anat popularitzant, gràcies al gran avantatge que suposen. Alguns dels inconvenients que s'han anat regulant amb el temps han estat, per exemple, el control de la penetració de les micropartícules en la cèl·lula (regulant la pressió de ruptura del canó).

Actualment, podem trobar pistoles gèniques de mà que substitueixen els aparells més feixucs, els quals permeten fer insercions d'ADN *in vivo* i *in vitro*.

- Transformació mitjançant *Agrobacterium tumefaciens*:

L'obtenció de plantes transgèniques mitjançant ***Agrobacterium tumefaciens*** ha estat el principal mètode de producció de vegetals transgènics durant anys, malgrat el fet que actualment la biobalística s'hagi imposat mercès a la seva progressió.

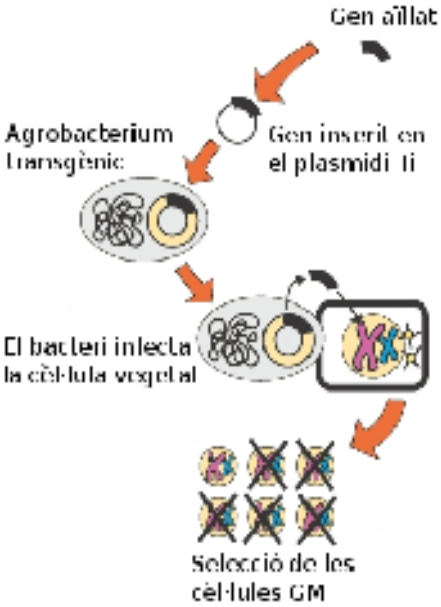


Figura 3-2. *Esquema bàsic de l'obtenció de cèl·lules vegetals transgèniques mitjançant Agrobacterium tumefaciens.*

Agrobacterium tumefaciens és un bacteri que infecta cèl·lules vegetals incorporant el seu material genètic en el del genoma de la cèl·lula en què incideix. La seva infecció ocasiona en les plantes uns tumors anomenats *calls*, a partir dels quals es va descobrir aquest bacteri i, posteriorment, se'n va estudiar la capacitat de transmetre material genètic per a la seva incorporació en l'àmbit de la biotecnologia.

El mètode d'infectar les cèl·lules per part d'aquest bacteri és ben simple. Quan una planta té una petita ferida, aquesta secreta una substància per la qual el bacteri se sent atret químicament. A partir d'aquestes lesions en la superfície de la planta, el bacteri irromp a l'interior d'ella, situant-se en l'espai intercel·lular i, un cop aquí, transmet el seu ADN a l'interior d'una cèl·lula per tal d'infectar-la i fer que aquesta sintetitzi les proteïnes que necessita per la seva subsistència.

En l'estudi d'*Agrobacterium tumefaciens* es va observar que aquest bacteri, en infectar una cèl·lula, li transmet un plasmidi, anomenat **plasmidi Ti** (*inductor de tumors,* de l'anglès *Tumour inducing*), entre els gens del qual s'hi troben els encarregats d'induir l'aparició del tumor (seqüència anomenada **T-DNA**). Aquests gens tumorals es troben entremig de dues seqüències de nucleòtids característiques (un promotor, que indica a partir de quin nucleòtid comença la regió codificant, i un terminador, que n'estableix el final) que marquen quins són els gens a transmetre a la cèl·lula infectada. De manera que, mitjançant manipulació genètica, s'elimina la seqüència d'ADN encarregada de codificar el tumor, tot mantenint les franges que la limiten amb la finalitat de poder-hi introduir, entremig, els gens a transmetre al genoma de la cèl·lula a infectar.

Així doncs, modificant el plasmidi Ti segons les intencions que se'n derivin i reincorporant-lo en el bacteri *Agrobacterium tumefaciens*, podem obtenir un bacteri transgènic amb la capacitat d'infectar cèl·lules vegetals i, conseqüentment, transmetre'ls els transgens, originant cèl·lules modificades genèticament. Com ja hem dit anteriorment, les cèl·lules vegetals són totipotents, de manera que tractant-les adequadament en un medi de cultiu adient, podrem obtenir una planta transgènica en la seva totalitat.

Aquesta tècnica, com les anteriors, també requereix la selecció posterior de les cèl·lules que han incorporat el transgèn mitjançant l'ús de marcadors.

- Altres tècniques de transferència genètica:

A més de les tres tècniques ja esmentades, s'ha procurat la introducció de transgens en el si del genoma de cèl·lules vegetals mitjançant altres mètodes, tot i que no han assolit resultats favorables.

Una de les tècniques que s'ha intentat aplicar ha estat dipositar una gota de solució d'ADN exogen en els estigmes tallats d'una flor. D'aquesta manera, l'ADN baixa a través de la ruta del tub pol·línic i penetra en el gàmeta femení del sac embrionari. Mitjançant aquesta tècnica s'han aconseguit llavors transgèniques madures amb capacitat de germinar (tot i que l'èxit ha estat baix). Tanmateix, no s'ha aconseguit que els gens exògens es transmetin a la següent generació filial.

També s'ha intentat injectar una solució d'ADN en cèl·lules vegetals mitjançant microcapil·lars sota control microscòpic. Nogensmenys, aquesta tècnica ha resultat poc efectiva ja que les puntes dels microcapil·lars tendeixen a trencar-se per la precisió que requereixen i a obstruir-se amb facilitat. A més, fer un procés de microinjecció cèl·lula per cèl·lula amb la finalitat d'obtenir-ne alguna que hagi incorporat els transgens en el seu genoma és un procés força feixuc.

3.3. Aplicacions dels vegetals transgènics

Bàsicament, la labor científica de producció de vegetals transgènics ha anat dirigida, sobretot, a incrementar la producció d'aliments. Aquesta necessitat apareix com a conseqüència del creixement incessant que està experimentant la població humana mundial en un període en què la globalització permet el transport d'aliments arreu del món. Tot i això, els seus problemes també es fan palesos en les modificacions genètiques fetes per la indústria biotecnològica, un dels quals pot ser el fet d'evitar la maduració de certs productes per tal de conservar-los durant un període de temps major.

3.3.1. En l'agricultura

La producció de plantes transgèniques ha trobat el seu màxim exponent en l'agricultura. Aquest fet es deu, bàsicament, a que l'enginyeria genètica ha ofert unes eines que en l'àmbit agrari s'han sabut aprofitar amb la finalitat de millorar les plantes de tal manera que no requereixin tant d'esforç per part del pagès (entre d'altres millores, algunes, també, enfocades de cara als consumidors finals).

- Resistència a herbicides:

La **resistència a herbicides** es basa en introduir gens de resistència provinents, principalment, de bacteris, tot i que també d'algunes espècies vegetals, com ara la *Petunia axillaris*, una espècie de petúnia que ha desenvolupat resistència al glifosat. D'aquesta manera, s'ha pogut aconseguir

que plantes com la soja siguin resistents al glifosat, al bromoxinil (en el cas del cotó), etc., (dos herbicides diferents).

Mitjançant aquestes modificacions genètiques, el control de les *males herbes* per part del pagès se simplifica, així com també es redueix l'expulsió al medi de substàncies residuals. Això es deu a que en els cultius no-transgènics, l'eliminació de *males herbes* es fa amb l'ús d'herbicides selectius, els quals no són perjudicials pel propi cultiu, però tampoc són molt eficaços en eliminar les herbes no desitjades, de manera que s'han de fer més ruixats i tractaments. En canvi, en els cultius resistents a herbicides ja és possible emprar herbicides no selectius, ja que els cultius hi estan immunitzats. Així, doncs, s'eliminen totes les *males herbes* amb una sola aplicació.

Per altra banda, l'ús de plantes resistents a herbicides incentiva els pagesos a adoptar tècniques d'agricultura de conservació. Aquestes tècniques permeten al pagès deixar les restes de l'anterior cultiu, evitant, així, l'erosió del sòl, la pèrdua d'humitat, etc. Així, a llarg termini s'aconsegueix millorar la fertilitat del sòl.

- Resistència a plagues i malalties:

La **resistència a plagues i malalties** s'ha aconseguit mitjançant la incorporació de transgens en les plantes que els han permès sintetitzar proteïnes amb caràcter d'insecticida. Aquest tipus de modificació genètica, que suposa la més estesa en els cultius transgènics, ha permès un seguit d'avantatges respecte als cultius no modificats genèticament:

- S'ha pogut reduir l'ús d'insecticides en el control de plagues, ja que si bé aquest tipus de modificació genètica no garanteix el 100% de protecció davant d'organismes externs, sí que en garanteix un percentatge elevat. De manera que, segons el cultiu, es pot eliminar l'ús d'insecticida extern o, si més no, se'n pot reduir la quantitat consumida.
- Ofereix una protecció força permanent, tret dels estadis més crítics del cultiu, quan la planta ja deixa de sintetitzar aquelles proteïnes que no li són essencials per la seva subsistència. Tanmateix, en un cultiu ben tractat, aquest risc no apareix fins al final del cicle biològic dels organismes sembrats.
- Es propicia l'estalvi energètic en els processos de producció dels herbicides a nivell industrial, així com també es redueix l'ús d'envasos, etc.
- Com que la síntesi de proteïnes amb funció d'herbicida per la planta només és perjudicial pels organismes depredadors d'aquest cultiu en concret, s'afavoreix la biodiversitat en el camp, permetent l'augment de poblacions d'altres d'organismes (sempre i quan no depenguin de l'organisme que s'eradica amb el transgènic).

El gen incorporat en la modificació de plantes amb interès de conferir-los resistència a plagues permet la síntesi de proteïnes ***Bt***. L'abreujament *Bt* prové de l'espècie de bacteri de la qual s'obté tal gen, *Bacillus thuringiensis*, un organisme que es troba pràcticament en tot tipus de sòls, oferint resistència a insectes. Aquesta proteïna només és perjudicial pels insectes, ja que els destrueix el tub digestiu.

Com ja hem dit, la incorporació d'aquest gen en la confecció de vegetals transgènics és la que ha despertat més interès mercès a les propietats ofertes per la síntesi de la proteïna *Bt*. Molts OGMs als quals se'ls ha introduït aquest gen són denominats per un nom concret seguit de l'abreujament *Bt*, com ara *HELEN Bt*, una espècie de blat de moro transgènica amb resistència a plagues, concretament al barrinador.

Per altra banda, la incorporació de transgens que confereixen als cultius resistència a plagues també ha suposat una defensa davant les malalties. Això es deu a que moltes malalties són ocasionades per virus en entrar a l'interior de les plantes a través de les obertures fetes per insectes. Evitant la degradació de les capes externes dels vegetals mitjançant transgens que impedeixin als insectes alimentar-se de les plantes, s'aconsegueixen evitar moltes malalties víriques.

- Millora de les propietats nutritives i organolèptiques:

Amb el coneixement del metabolisme de cada espècie s'ha aconseguit, mitjançant modificacions genètiques, la **millora de les propietats nutritives i organolèptiques** de molts aliments. Tot alternat el codi genètic, s'ha aconseguit suprimir i introduir noves propietats als organismes, jugant amb els enzims específics d'aquests. D'aquesta manera, per exemple, s'han aconseguit tomàquets amb una textura més consistent impedint-ne el procés de maduració. Aquest procés s'ha aconseguit evitar amb la incorporació d'un gen que sintetitza un inhibidor de la pectinasa, l'enzim encarregat de degradar les parets de les cèl·lules durant l'envelliment del fruit, fet que atorga la pèrdua de consistència als tomàquets madurs.

Aquest tipus de modificacions genètiques, en general, ja van més orientades als interessos dels consumidors, provant d'atribuir noves propietats als aliments, més atractives als sentits humans, per tal d'incrementar-ne el consum i la demanda.

No obstant això, també s'han produït vegetals transgènics amb les propietats millorades per tal d'afrontar deficiències nutritives. L'exemple més estès és el de l'arròs daurat, enriquit amb carotenoides, que són els precursors metabòlics de la vitamina A. L'arròs blanc, amb baixa quantitat de carotenoides, suposa l'aliment bàsic en molts països on la deficiència de vitamina A és un fet, malauradament, normal. De manera que, amb la incorporació de transgens que sintetitzin provitamines A, les malalties originades per la deficiència d'aquesta vitamina poden ser eradicades.

Foto 3-1. *Arròs blanc en contrast amb l'arròs daurat (transgènic).*

- Resistència a estrès abiòtic:

La producció de molts cultius es veu afectada per factors ambientals tals com sequeres, glaceres, etc. Per tant, la **resistència a estressos abiòtics** pot ser de gran ajuda per a cultius que es troben amb pressions ambientals desfavorables. Tanmateix, sovint, regular aquesta resistència mitjançant modificacions genètiques no és fàcil, ja que els estressos afecten els vegetals a diferents nivells, de manera que caldria modificar diversos gens.

La resistència a una elevada salinització, per exemple, és una de les tasques que es pretén cobrir amb l'ús de transgènics. A partir de la incorporació dels gens necessaris per la síntesi de la glicina-betaïna s'ha aconseguit la consecució de vegetals amb tolerància a la salinització, molt útils en sòls amb elevades concentracions salines, com pot ser el del Delta de l'Ebre i el dels seus voltants.

- Eliminació de contaminants del sòl:

Un tema que s'ha posat recentment sobre la taula és el de la *bioremediació*. Es tracta d'**eliminar els contaminants del sòl** mitjançant l'ús d'organismes vius. L'enginyeria genètica pren un paper important en aquest àmbit, ja que amb ella es poden produir microorganismes capaços de degradar productes petrolífers o de detectar la presència i la toxicitat de

contaminants. En el cas dels vegetals, la biotecnologia pot produir plantes capaces de millorar l'absorció de metalls pesants amb la possibilitat d'acumular-ne altes quantitats.

Un exemple de vegetal transgènic per a la bioremediació és l'àlber modificat genèticament amb la finalitat d'extreure alts nivells de cadmi dels sòls contaminats. Aquest metall és absorbit per les arrels de l'arbre i, posteriorment, queda emmagatzemat en el seu tronc i en les fulles.

El transgèn inserit en els àlbers, obtingut a partir del bacteri *Escherichia coli*, els permet sintetitzar glutatió, un pèptid capaç d'unir-se a metalls pesants i acumular-los sense resultar perjudicials per a la integritat dels arbres.

- Altres aplicacions:
  - En el camp de l'horticultura, s'han obtingut varietats cromàtiques impossibles de generar a partir de l'encreuament entre espècies, com és el cas de la rosa blava, formada gràcies a la inserció d'un gen de petúnia (responsable de la síntesi de delfinidina, pigment blau).
  - S'ha aconseguit millorar la fixació de nitrogen per part dels bacteris fixadors que viuen en simbiosi amb les lleguminoses. A més, s'han intentat transportar els gens dels bacteris que intervenen en la fixació del nitrogen al sòl, tot i que el procés gaudeix d'una alta complexitat degut a que hi estan relacionats un gran nombre de gens.

3.3.2. En la indústria farmacèutica

L'obtenció d'organismes genèticament modificats també ha pres un paper important en la indústria farmacèutica, i, en el cas dels vegetals, ha permès la producció de noves vacunes. Si bé fa molts segles que les plantes s'empren amb finalitats medicinals, actualment es poden utilitzar com a *biofàbriques* per a l'obtenció de substàncies desitjades. El punt favorable que marca l'obtenció de vacunes a partir de vegetals transgènics respecte a l'obtenció que es pot fer amb cèl·lules animals és que la seva manipulació és més barata i, a més, evita que hi pugui haver contaminacions víriques dels preparats, ja que els virus vegetals no infecten les persones. Les recerques en aquest àmbit se centren, principalment, en algunes malalties gastrointestinals, tals com les diarrees sagnants ocasionades per *Escherichia coli*, tot i que també hi ha projectes centrats en l'estudi del VIH, de la ràbia o de l'hepatitis B.

Per altra banda, mitjançant l'ús de vegetals transgènics en la indústria farmacèutica també s'han obtingut proteïnes de vital importància mèdica, com poden ser la insulina, les hormones del creixement, substituts de la sang o l'inhibidor de la tripsina.

A més, actualment s'està estudiant la possibilitat de *vacunes comestibles*, que no és altra cosa que la ingesta de fulles o altres parts d'una planta amb finalitats immunològiques. La consecució d'aquest tipus de vacunes seria un èxit en diversos aspectes respecte a les vacunes tradicionals, ja que, per una banda, es reduiria notablement el cost de les vacunes, i per l'altra, s'evitarien problemes de transmissió de malalties pel mal ús de xeringues no estèrils.

3.3.3. Altres

Mercès a la introducció en vegetals de gens procedents del bacteri *Alcaligenes eutrophus,* capaç de sintetitzar poli-β-hidroxibutirat (una sal derivada de l'àcid butíric), s'ha obtingut un mètode de producció de plàstics biodegradables (en general, per cada 100 gr de planta, es pot obtenir 1 gr de plàstic), com ara el *BiopolTM* o el *Mater bi*. A més, s'està estudiant la possibilitat d'incorporar els gens encarregats de la síntesi de la seda d'alguns insectes, com aranyes o papallones, en plantes per tal d'obtenir una fibra tèxtil d'origen animal en un conreu.

4. La transgènesi en l'agricultura

4.1. Antecedents històrics

Durant segles, l'ésser humà ha trobat en l'agricultura un mitjà a través del qual obtenir productes vegetals per al consum humà, primordialment. Per tant, l'agricultura, en general, ha estat de subsistència, dirigida a la pròpia gent que la treballa. En el millor dels casos, però, el treball del camp oferia excedents agrícoles que podien ser intercanviats per altres productes (o venuts, més endavant, amb la creació de la moneda) i, també, servien d'utilitat com a farratge per al bestiar. Aquest tipus d'agricultura s'ha basat en l'aprofitament del territori i en l'ús de tècniques que compaginaven l'ús agrari, forestal, ramader i hortícola. Amb tot això, per una banda, veiem que les societats s'han hagut d'anar adaptant a un entorn canviant, però per l'altra, l'ésser humà, cada cop més, ha intentat adaptar el seu entorn natural per tal d'obtenir el màxim rendiment de totes les seves activitats basades en les demandes socials, també en constant canvi.

Amb tot això, la pagesia ha anat desenvolupant i optimitzant tres línies de caràcter cientificotècnic: una primera **línia mecànica**, basada en l'obtenció i la millora de les eines per treballar els cultius, una segona **línia biològica**, apareguda a partir de la domesticació de les plantes, amb la qual es pretenia obtenir, mitjançant encreuaments, organismes més vàlids aprofitant les propietats més interessants de cada espècie, i una tercera **línia química**, la intenció de la qual era potenciar les propietats dels sòls a nivell de fertilització.

No és fins la segona meitat del segle XIX i principis del segle XX que la situació canvia. A partir de la **Revolució Industrial**, la població augmenta de manera exponencial. És llavors quan apareix la necessitat d'incrementar la producció de tot tipus de béns, sobretot d'aliments. A més, el camp suposava una de les majors fonts d'obtenció de matèries primeres, necessàries en la producció, de manera que la intenció d'augmentar el rendiment de l'agricultura apareix des de tots els fronts. És amb aquestes pretensions que s'optimitzen els cultius, augmentant el nombre de plantes per superfície, així com també es produeix una especialització del sector segons la regió, propiciant l'aparició d'un mercat nacional i, en menor mesura, internacional. Precisament, la química agrària, és a dir, l'ús al camp de productes sintetitzats en la indústria química, neix en aquest període, concretament l'any 1840. Malgrat tot, tractant-se de l'inici del canvi, la química agrària no pren gaire rellevància fins pràcticament un segle més tard, quan es produeix la *Revolució Verda*.

Ja en el segle XX, sobretot a partir de la segona meitat del segle, els avenços científics en genètica comencen a ser notables. Arribats a aquest punt del coneixement, es planteja l'adaptació de les tres línies cientificotècniques als nous temps. És així com s'originen les primeres espècies de vegetals híbrides estandarditzades, ja que, amb els nous coneixements de genètica, es poden aconseguir grans millores en les plantes. També es creen tractors capaços de treballar la terra amb major exactitud, així com, a més, es comencen a emprar fertilitzants químics nitrogenats, herbicides, pesticides...

L'impacte dels nous temps en l'agricultura i l'auge que va suposar va ser tal que aquest període és conegut com la **Revolució Verda**, ja que ha marcat un abans i un després en l'agricultura mundial. Es considera que aquesta *revolució* es va produir entre els anys 1960 i 1990, durant la qual la producció mundial de molts cultius, com ara la dels principals cereals, es va veure duplicada per fer front a l'exhaustiu creixement demogràfic. Va ser justament durant aquest procés que l'enginyeria genètica va prendre un gran paper en l'agricultura, oferint varietats d'espècies vegetals modificades genèticament que presentaven moltes millores davant la complexa situació de la globalització alimentària, en què la competència comercial ja no es trobava a nivell local, sinó a nivell internacional.

No obstant els grans progressos de la Revolució Verda, a partir del 1990 es van començar a percebre els efectes negatius d'aquest procés.

Per una banda, moltes espècies vegetals cultivades durant segles a nivell local es van abandonar per tal d'incorporar els nous cultius híbrids i/o transgènics i, així, poder fer front al nou mercat mundial. Aquest fet va suposar una gran davallada per la **biodiversitat**, ja que aquest abandonament d'espècies locals no només es va produir en l'agricultura, sinó que també es donà en la ramaderia. A més, l'ús d'insecticides per evitar la formació de plagues va causar un gran deteriorament del medi ambient, així com també va tenir la seva repercussió en la biodiversitat.

Per altra banda, els sistemes agrícoles instaurats amb la Revolució Verda també requerien una gran aportació d'aigua. Aquest fet es devia a que, a més d'haver-se incrementat la producció, moltes espècies cultivades arreu del món no es trobaven en condicions ambientals pròpies, de manera que necessitaren un major control degut a les seves noves demandes.

Amb tot aquest seguit de progressos, l'agricultura mundial va experimentar un canvi significatiu amb els seus arguments en pro i les seves justificacions en contra. Probablement, el punt més destacable de la revolució agrícola és la incorporació de vegetals transgènics als cultius, el qual ha centrat l'atenció de tot el món, tant positiva com negativament.

Tecnologia	***Època***	***Intervencions genètiques***
Tradicional	Uns 10.000 anys a.C.	Inici de la domesticació de vegetals.
	Uns 3.000 anys a.C.	Es produeix cervesa i formatge i es fermenta el vi.
Convencional	Finals del s. XIX	Mendel descriu els tres principis bàsics de l'herència dels caràcters en la descendència.
	Dècada del 1930	Primeres llavors híbrides comercials.
	Dècades entre el 1940 i el 1970	S'aplica la mutagènesi, el cultiu de teixits i la regeneració de plantes per tal de millorar-les. A més, Watson i Crick descobreixen l'estructura de l'ADN.
Moderna	Dècada del 1970	Inici de la transgènesi mitjançant tècniques de transferència de gens.
	Dècada del 1980	Es comercialitza insulina transgènica i s'empra el cultiu de teixits per la propagació de plantes a gran escala.
	Dècada del 1990	Es fan els primers assajos de camp amb varietats transgèniques i se n'obtenen substàncies derivades.
	Dècada del 2000	Apareix la bioinformàtica, la genòmica, la proteòmica...

Taula 4-1. *Cronologia de la tecnologia agrícola.*

4.2. Legislació

La incorporació de vegetals GM en l'agricultura ha anat seguida d'un procés legislatiu. Per una part, perquè aquests cultius han suposat un seguit de canvis respecte a l'agricultura ecològica i convencional a tenir en compte, però també perquè han generat molts dubtes entre la societat civil. Tot plegat ha propiciat aquesta nova regulació legislativa. Malgrat això, en molts països l'agricultura transgènica no està regulada; en d'altres, s'ha prohibit completament, com és el cas de l'Estat francès. En el cas del marc europeu, la Unió Europea s'encarrega de fer decrets, directives i recomanacions de cara als països integrants, tot i que àmbit estatal hi pot haver més legislació pròpia.

Abans que un producte transgènic (o un derivat) pugui ser incorporat al mercat europeu o es pugui fer un cultiu de plantes genèticament modificades, cal que aquests organismes passin un seguit de proves i siguin aprovats seguint la reglamentació establerta per la Unió Europea, la intenció de la qual és garantir la seguretat de cara als humans, als animals i al medi ambient. Abans de tot, però, cal que el producte rebi una primera autorització per part de l'estat on es troba la companyia. A continuació, l'estudi corresponent a aquesta nova varietat transgènica és enviat a l'Autoritat de Seguretat Alimentària Europea (EFSA, de l'anglès *European Food Safety Authority*), òrgan que, amb un marge de sis mesos, s'encarrega de fer un informe avaluant el producte. Aquest informe, seguidament, es transmet a la Comissió Europea (i, més endavant, es fa públic), institució que representa el poder executiu de la UE amb l'objectiu principal enfocat en la legislació, qui, en un període de tres mesos, s'encarrega d'elaborar una proposta de decisió per atorgar-ne o denegar-ne l'autorització. La seva decisió pot diferir de l'emesa per l'EFSA sempre i quan estigui justificada. A posteriori, la seva recomanació passarà a mans del Comitè Permanent de la Cadena Alimentària i la Sanitat Animal, format per representants dels estats membres de la Unió Europea. Aquest comitè acceptarà o rebutjarà la recomanació amb una votació, sempre i quan la seva aprovació estigui supeditada a la decisió d'una majoria qualificada (aprovació per part de dos terços dels votants). Finalment, i, en cas d'haver-se aprovat la recomanació, aquesta serà transmesa al Consell de Ministres (en el cas dels vegetals transgènics, el Consell està format pels ministres d'agricultura i pesca de cadascun dels estats membres), qui en decidirà la seva aprovació o refutació final, altra vegada amb majoria qualificada. En cas que no s'aconseguís arribar a cap acord al cap de noranta dies, la Comissió Europea seria l'encarregada d'emetre'n l'ultimàtum.

4.2.1. Marc de la Unió Europea

- Any 1990:
  - **Directiva 90/219/CEE del Consell, de 23 d'abril de 1990**, relativa a la utilització confinada de microorganismes genèticament modificats (DOCE L núm. 007, de 10.1.1991).

- Any 1997:
  - **Directiva 98/81/CE del Consell, de 26 d'octubre de 1997**, per la qual es modifica la Directiva 90/219/CEE, relativa a la utilització confinada de microorganismes genèticament modificats (DOCE L núm. 330, de 5.12.1998).
  - **Reglament (CE) núm. 258/1997 del Parlament Europeu i del Consell, de 27 de gener de 1997**, sobre nous aliments i nous ingredients alimentaris (DOCE L núm. 043, de 14.2.1997).

- Any 2001:
  - **Directiva 2001/18/CE del Parlament Europeu i del Consell, de 12 de març de 2001**,

relativa a l'alliberament al medi ambient d'organismes genèticament modificats, per la qual es deroga la Directiva 90/220/CEE del Consell (DOCE L núm. 106, de 17.04.2001) . Aquesta Directiva s'aplica tant a l'alliberament amb finalitats experimentals (com poden ser proves de camp) com a la comercialització d'OGM.

- Any 2003:
  - **Recomanació de la Comissió, de 23 de juliol de 2003**, sobre les directrius per a l'elaboració d'estratègies i millores pràctiques nacionals amb la finalitat de garantir la coexistència dels cultius modificats genèticament amb l'agricultura convencional i ecològica (notificada amb el número C (2003) 2624, DOUE L núm. 189, de 29.7.2003).
  - **Reglament (CE) núm. 1829/2003 del Parlament Europeu i del Consell, de 22 de setembre de 2003**, sobre aliments i pinsos genèticament modificats (DOUE L núm. 268, de 18.10.2003).
    Abans que aquest Reglament fos aprovat, els aliments transgènics estaven regulats considerant-se nous aliments (atès el Reglament (CE) núm. 258/1997 del Parlament Europeu i del Consell, de 27 de gener de 1997, sobre nous aliments i nous ingredients alimentaris). Sota aquesta estipulació, s'havien aprovat aliments derivats de 18 modificacions genètiques. En el cas dels pinsos modificats genèticament, la legislació vigent tampoc els cobria, de manera que quedaven regulats amb relació al medi ambient.
    El Reglament (CE) núm. 1829/2003 regula, des del 18 d'abril de 2004, la posada en el mercat dels aliments i pinsos transgènics (continguin OGM o ho siguin pròpiament), reconeixent un únic procediment per a la seva autorització.
  - **Reglament (CE) núm. 1830/2003 del Parlament Europeu i del Consell, de 22 de setembre de 2003**, relatiu a la traçabilitat i l'etiquetatge d'organismes genèticament modificats i a la traçabilitat dels aliments i pinsos produïts a partir d'aquests, i pel qual es modifica la Directiva 2001/18/CE (DOUE L núm. 268, de 18.10.2003)[10].
  - **Reglament (CE) núm. 1946/2003 del Parlament Europeu i del Consell, de 15 de juliol de 2003**, relatiu al moviment transfronterer d'organismes genèticament modificats (DOUE L 287 de 25.11.2003).

- Any 2004:
  - **Reglament (CE) núm. 641/2004 de la Comissió, de 6 d'abril de 2004**, sobre les normes de desenvolupament del Reglament (CE) núm. 1829/2003 del Parlament Europeu i del Consell pel que fa a la sol·licitud d'autorització de nous aliments i pinsos genèticament modificats, a la notificació de productes existents i a la presència accidental o tècnicament inevitable de material genèticament modificat (DOUE L núm. 102, de 7.4.2004).
  - **Reglament (CE) núm. 65/2004 de la Comissió, de 14 de gener de 2004**, el qual estableix un sistema de creació i assignació d'identificadors únics als organismes genèticament modificats (DOUE L núm. 10, de 16.1.2004).
  - **Recomanació 2004/787/CE de la Comissió, de 4 d'octubre de 2004**, relativa a les directrius tècniques de mostreig i detecció d'organismes genèticament modificats i de material produït a partir d'organismes genèticament modificats, com a productes o incorporats a productes en el marc del Reglament (CE) núm1830/2003 (DOUE L núm. 348, de 24.11.2004).

[10] El llindar de presència adventícia o accidental per a l'etiquetatge és del 0,9% i s'estableix un llindar (transitori) de 0,5% per als OGM amb una avaluació de risc favorable, però que encara no han rebut l'autorització administrativa corresponent a la UE.

- Any 2006:
  - **Reglament (CE) núm. 1981/2006 de la Comissió, de 22 de desembre de 2006**, sobre les normes de desenvolupament de l'article 32 del Reglament (CE) núm. 1829/2003 del Parlament Europeu i del Consell, pel que fa al laboratori comunitari de referència per als organismes modificats genèticament (DOUE L núm. 368, de 23.12.2006).

- Any 2008:
  - **Directiva 2008/27/CE del Parlament Europeu i del Consell, d'11 de març de 2008**, que modifica la Directiva 2001/18/CE, sobre l'alliberament intencional al medi ambient d'organismes modificats genèticament, en tot allò que es refereix a les competències d'execució atribuïdes a la Comissió (DOUE L núm. 81/45, de 20.3.2008).
  - **Reglament CE/298/2008 del Parlament Europeu i del Consell, d'11 de març**, pel qual es modifica el Reglament CE/1829/2003, sobre aliments i pinsos modificats genèticament, en tot allò que es refereix a les competències d'execució atribuïdes a la Comissió (DOUE L núm. 97/64, de 9.4.2008).

4.2.2. Marc de l'Estat espanyol i Catalunya

- Any 2003:
  - **Llei 9/2003, de 25 d'abril**, per la qual s'estableix el règim jurídic de la utilització confinada, l'alliberament voluntari i el comerç d'organismes genèticament modificats (BOE núm. 100, de 26.4.2003).
    La intenció d'aquesta Llei estatal és adequar la normativa comunitària a l'ordenament jurídic espanyol, així com afrontar demandes amb relació a la gestió de la utilització confinada, l'alliberament voluntari i el comerç de transgènics.
  - **Decret 152/2003, de 23 de juny**, pel qual s'estableix el règim jurídic per a les actuacions d'utilització confinada i d'alliberament voluntari d'organismes vegetals genèticament modificats a Catalunya (DOGC núm. 3917, de 3.7.2003).
    A més, aquest Decret inclou la creació de la Comissió Catalana de Bioseguretat, òrgan tècnic consultiu de l'Administració amb relació a aquest sector a Catalunya.
  - **Reial decret 1697/2003, de 12 de desembre**, pel qual es crea la Comissió Nacional de Biovigilància (BOE núm. 310, de 12.12.2003).

- Any 2004:
  - **Reial decret 178/2004, de 30 de gener**, a partir del qual s'aprova el Reglament general per al desplegament i l'execució de la Llei 9/2003, de 25 d'abril, per la qual s'estableix el règim jurídic de la utilització confinada, l'alliberament voluntari i la comercialització d'organismes modificats genèticament (BOE núm. 27, de 31.1.2004).

- Any 2006:
  - **Llei 30/2006, de 26 de juliol**, de llavors i planters de vivers i de recursos filogenètics (BOE núm. 178, de 27.7.2006).

- Any 2007:
  - **Llei 26/2007, de 23 d'octubre**, de responsabilitat mediambiental (BOE núm. 255, de 24.10.2007).

4.3. OGMs cultivats

D'ençà l'inici de la comercialització de les primeres llavors transgèniques ara fa més de dotze anys, el nombre de cultius d'OGMs ha augmentat sorprenentment. Durant l'any 2008, i en 25 països, el nombre de pagesos que van apostar pel cultiu de transgènics va ser de 13'3 milions, el que suposava més de 125 milions d'hectàrees amb cultius modificats genèticament. Això suposa un increment de 75 vegades el nombre d'hectàrees cultivades l'any 1996, fet que mostra la gran introducció que han tingut els transgènics en el món de l'agricultura en relativament poc temps.

Tot i que, pràcticament, la meitat del cultiu mundial de transgènics es dóna als Estats Units d'Amèrica (62'5 milions d'hectàrees), cada cop hi ha més països emergents que s'introdueixen en l'agricultura modificada genèticament, i malgrat que la superfície transgènica dels EUA segueixi augmentant, la seva proporció a nivell mundial ha baixat notablement gràcies a l'increment de països com Argentina, Brasil, Xina, Canadà, etc.

4.3.1. A la Unió Europea

Actualment, a la Unió Europea només és permès el cultiu de dues varietats de blat de moro transgènic: MON 810 (Monsanto), resistent a la plaga del barrinador, i T25 (Bayer CropScience), amb tolerància a l'herbicida glufosinat d'amoni.

L'any 2008, el nombre d'hectàrees cultivades a la Unió Europea amb les dues varietats de panís OGM autoritzades era de 107.719 ha, repartides entre set països: la República Txeca, Portugal, Alemanya, Eslovàquia, Romania, Polònia i l'Estat espanyol. Aquesta xifra suposa una disminució del 2'142% en nombre d'hectàrees totals amb relació a les dades obtingues l'any 2007. No obstant això, cal tenir en compte que a principis del 2008 França va prohibir els cultius modificats genèticament, de manera que, fent aquesta consideració, la relació entre l'any 2007 i el 2008 a la Unió Europea quant al nombre d'hectàrees amb cultius transgènics suposaria un increment del 21'165%, xifra que ens mostra el progressiu arrelament dels transgènics entre els pagesos d'arreu d'Europa malgrat la decisió de l'Estat francès.

País	*Any 2007*	*Any 2008*
República Txeca	5.000	8.380
Portugal	4.500	4.851
Alemanya	2.685	3.173
Eslovàquia	900	1.900
Romania	350	7.146
Polònia	320	3.000
Estat espanyol	75.148	79.269
França	21.174	-
Total	**110.077**	**107.719**
Total (sense França)	***88.903***	***107.719***

Taula 4-2. *Hectàrees de cultius transgènics a la Unió Europea.*

Tal com mostra la *Taula 4-2*, després de la prohibició dels cultius transgènics França va passar de tenir més de 21.000 hectàrees a aportar un buit en l'any 2008. També veiem com les xifres d'alguns països, com ara l'Estat espanyol, es mantenen prou estables d'un any a l'altre, amb una xifra ja elevada. Ara bé, cal destacar l'augment de superfície cultivada a Romania, amb un increment del 1942% respecte a l'any 2007 (el país amb major nombre d'hectàrees transgèniques amb relació a les xifres de l'any 2007). Tot i això, països com Polònia tampoc es queden curts, augmentant la superfície transgènica un 838% del 2007 al 2008.

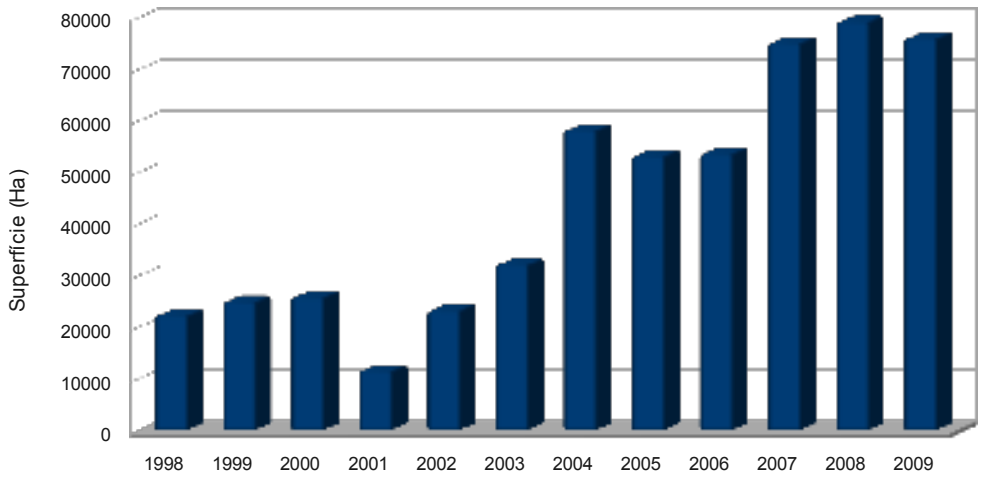
Aquestes dades són realment significatives, ja que ens mostren el gran increment de les hectàrees cultivades amb transgènics de l'any 2007 al 2008 només al territori de la Unió Europea i amb dues varietats autoritzades, exclusivament (i malgrat els deu anys que es pot arribar a trigar en l'aprovació de nous cultius).

Per altra banda, cal esmentar que, malgrat que el cultiu de vegetals transgènics a la UE només està permès amb dues varietats concretes de blat de moro, es permet la importació de trenta espècies vegetals transgèniques per a ser processades, per alimentació o com a pinso. Aquestes espècies, amb diferents modificacions genètiques, com poden ser resistència a erugues, tolerància al glifosat o fins i tot modificació del color, són varietats de cotó, blat de moro, soja, clavell, colza i remolatxa sucrera.

4.3.2. A l'Estat espanyol

Des del març del 1998 fins el 2008, a l'Estat espanyol, seguint la normativa europea, s'ha autoritzat el cultiu de 88 varietats de blat de moro transgènic (derivades de MON 810). A més, ja des de l'inici i tal com hem vist a l'apartat *4.3.1.*, l'Estat espanyol ha estat un país capdavanter quant a la producció de panís transgènic a la UE. Concretament, l'any 2008 l'Estat espanyol gaudia de 79.269 ha de cultius transgènics, el que suposava un 73'59% dels cultius europeus totals.

No obstant això, a nivell espanyol ens trobem amb una lleugera caiguda del cultiu transgènic, superior a la que ha experimentat el cultiu convencional de blat de moro. Precisament, l'any 2008 les hectàrees transgèniques eren 79.269, mentre que l'any 2009, amb un descens del 4'8%, es van situar a 76.057. En canvi, si bé la superfície cultivada amb blat de moro convencional l'any 2008 era de 286.841 ha, l'any 2009 es va situar a 272.985 ha, experimentant un descens del 4%, 0'8% menys que els transgènics.



Gràfica 4-1. *Hectàrees de cultius transgènics a l'Estat espanyol.*

Ara bé, tot i el descens del conreu transgènic l'any 2009 respecte a l'anterior, cal dir que, durant aquest darrer any, el 21'8% de la superfície total conreada ha estat de blat de moro transgènic, sent aquest el percentatge més elevat des que l'any 1998 es va iniciar l'agricultura transgènica a l'Estat espanyol.

	2004	**2005**	**2006**	**2007**	**2008**	***2009***
% MG sobre el total	12'1%	12'8%	15'2%	21'2%	21'6%	***21'8%***
Ha MG	58.219	53.226	53.667	75.148	79.269	***76.057***
Ha convencionals	421.816	364.043	299.950	279.672	286.841	***272.985***
Total sembrat	480.035	417.269	353.617	354.820	366.110	***349.042***

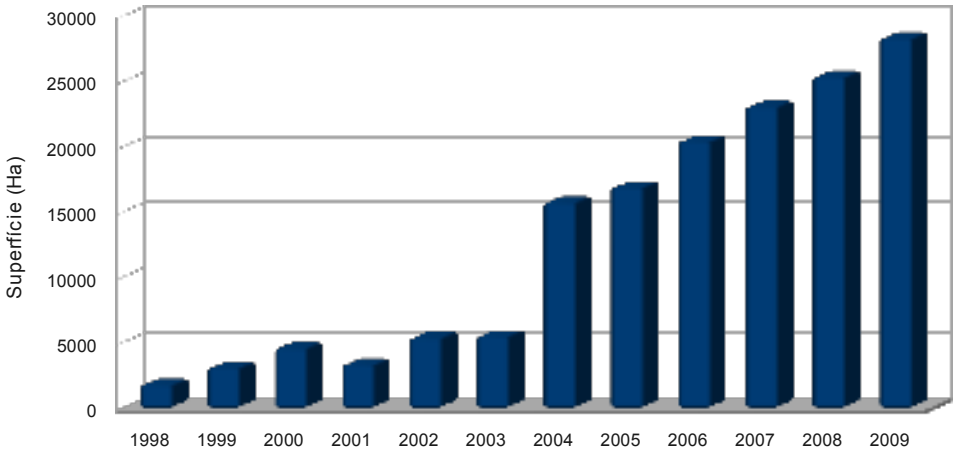
Taula 4-3. *Superfície de cultiu de blat de moro a l'Estat espanyol.*

La major part de les hectàrees transgèniques de l'Estat espanyol es troben a l'Aragó, Extremadura i Catalunya, zones afectades per la plaga del barrinador. No menys importants, però, són les xifres registrades a Castella-la Manxa, Navarra i Andalusia.

4.3.3. A Catalunya

Catalunya és de les zona amb més hectàrees de cultius transgènics de tot l'Estat espanyol (la segona, després d'Aragó) i de tota la Unió Europea. Concretament, en el si de l'Estat, la superfície de blat de moro transgènic de Catalunya suposa un 26'44% de la total, és a dir, que Catalunya aporta una quarta part de la producció transgènica repartida entre les deu comunitats que fan cultiu GM.

Pel que fa a les xifres anuals de la superfície transgènica a Catalunya, l'increment és clar des que es van començar els cultius de blat de moro transgènic l'any 1998. Partint del nombre de llavors de blat de moro GM venudes, es calcula que l'any 1998 es va començar amb una extensió de 1.700 ha transgèniques; actualment, en canvi, la superfície ha augmentat a 28.260 ha, el que representaria una puixança de 1.662%.



Gràfica 4-2. *Hectàrees de cultius transgènics a Catalunya (dades calculades a partir del nombre de llavors de blat de moro transgènic venudes).*

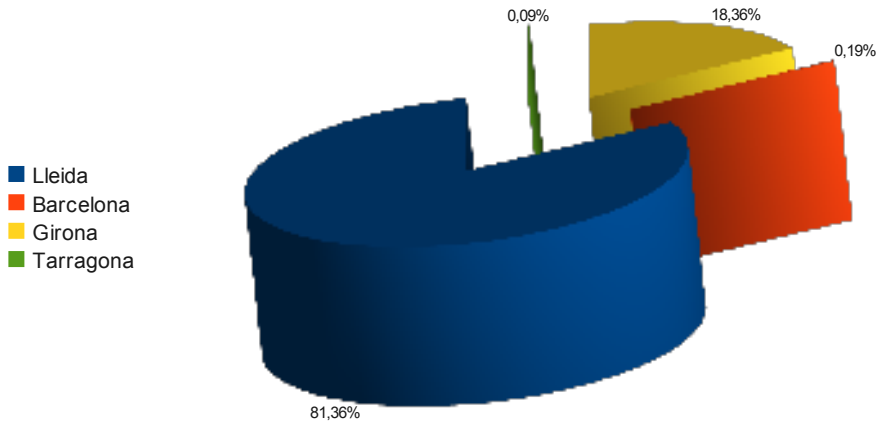
Només hi ha registrada una baixada de la superfície de cultiu transgènic l'any 2001, que ni tan sols suposa un pic. Així, doncs, l'increment dels cultius transgènics ha anat pujant favorablement, amb una forta acceleració entre l'any 2003 i 2004, passant de les 5.430 ha transgèniques a les 15.699 ha registrades l'any 2004.

Com ja hem esmentat, aquestes xifres són especulatives, trobades a partir del nombre de llavors transgèniques venudes a Catalunya; per tant, cal prendre-les amb un marge d'error. És per això que les dades reals de les hectàrees cultivades a Catalunya varien lleugerament. Concretament, l'any 2009 hi ha hagut 20.111 ha transgèniques, 8.149 ha menys respecte a les dades calculades a partir de la venda de llavors. Tanmateix, a nivell proporcional el tema no varia gaire, ja que amb les dades absolutes de la superfície transgènica cultivada a Catalunya l'any 2009, se segueix assolint el màxim registre fins aleshores.

L'any 2009, a Catalunya hi ha hagut 39.321 ha destinades al cultiu de blat de moro, de les quals el 51'15% es correspon al cultiu de panís transgènic (específicament, 20.111 ha). Per contra, el 48'85% del cultiu total, és a dir, 19.210 ha, es correspon al cultiu de blat de moro no-transgènic. Aquestes xifres ens mostren clarament que cada vegada hi ha una major part d'agricultors que aposten, per motius econòmics, laborals, etc., per l'agricultura transgènica, i les gràfiques porten a creure que l'increment seguirà endavant en els propers anys.

Si desglossem les dades podem veure en quines províncies hi ha una major concentració de cultiu transgènic. Lleida és la província amb més superfície de blat de moro GM. Concretament, gaudeix de 16.362'12 ha transgèniques, el que suposaria un 57'41% del cultiu total de blat de moro en aquesta província. Seguidament, Girona és la segona província amb més concentració de transgènics, malgrat que ja hi ha una diferència important respecte a Lleida, doncs en aquesta província hi ha 3.692'12 ha transgèniques. Ara bé, a Girona el cultiu transgènic ja és inferior al 50%, i aquest fet ens porta a la conclusió que la important producció de blat de moro transgènic a Catalunya prové, gairebé en la seva totalitat, de Lleida.

La superfície transgènica a Barcelona i Tarragona ja és força més baixa en comparació amb les dades de Lleida i Girona. Concretament, a Barcelona es cultiven 39'02 ha amb blat de moro transgènic, el que suposa només un 1'83% del cultiu total de blat de moro en aquesta província. I a Tarragona, només 17'75 ha són transgèniques, tot i que en aquesta província la producció de blat de moro és molt baixa en general, ja que les hectàrees totals de cultiu de panís són únicament 47'22.



Gràfica 4-3. *Percentatge del cultiu de blat de moro transgènic a cada província respecte al total.*

A la província de Lleida, la comarca amb més concentració de cultius transgènics és el Pla d'Urgell, amb 6.169'70 ha, tot i que el Segrià i la Noguera també en tenen una quantitat important. A Girona, la superfície més elevada de blat de moro transgènic es troba al Baix Empordà, amb 1.757'79 ha, tot i que l'Alt Empordà hi té, si fa no fa, la mateixa superfície (1.551'98 ha). A la província de Barcelona, les úniques comarques on hi ha cultius transgènics són el Maresme, que és la que té una major concentració de blat de moro GM, amb 24'30 ha, seguida del Vallès Oriental i d'Osona. I a Tarragona, on la superfície transgènica és la més baixa de tota Catalunya, el 100% dels cultius transgènics es troben a la comarca del Tarragonès, amb 17'75 ha transgèniques (i, en canvi, no hi ha cultiu de blat de moro no-transgènic).

4.4. Controvèrsia: les dues cares de la moneda

Com ja hem vist, la proporció d'agricultors que cada any aposta pels cultius transgènics és força elevada i cada any va a més en molts països i a nivell mundial. Tanmateix, la decisió de l'Estat francès de prohibir-ne el cultiu fa pensar que no tot és favorable en l'àmbit dels transgènics o, si més no, que hi ha una part de la població que s'hi oposa per diversos motius.

Sovint, però, la informació que s'emet des d'ambdós fronts és confusa i cal llegir-la amb molts miraments, doncs, per una banda, tenim qui defensa l'ús dels transgènics en pro de la biotecnologia i les multinacionals que en produeixen sense qüestionar-se la importància de l'àmbit social i el respecte vers el medi ambient; i per l'altra, qui s'hi oposa rotundament sense donar una visió massa objectiva ni científica del tema.

4.4.1. El moviment en contra dels transgènics

L'espectre de gent que s'oposa a la producció de transgènics i al seu ús és molt heterogeni, ja que el moviment queda definit per diversos arguments que poden no estar compartits per tots els individus que el formen.

Per començar, les crítiques més fortes que hi trobem són de **caire ideològic** i, per tant, ètic. Els transgènics estan plantejats en el si d'un model econòmic capitalista que tendeix a la globalització i que es projecta amb un creixement demogràfic que és, per ara, insostenible. Des d'aquesta perspectiva, els transgènics es contemplen com un possible increment dels aliments amb l'única finalitat de potenciar l'economia de les grans multinacionals biotecnològiques, ja que la intenció plantejada pels moviments socials que defensen aquestes tesis és la d'un *decreixement*, una aturada del creixement exponencial que està experimentant la humanitat per tal de preservar els recursos naturals de què gaudim i no haver de fer ús d'eines, com són els transgènics, per abastir aquest creixement desfavorable.

Les fortes crítiques provinents del moviment anticapitalista, però, no acaben aquí. També es diu que el fet que la producció de llavors transgèniques estigui en mans de poques multinacionals fa que es creï un **monopoli de les llavors** i una **dependència directa dels pagesos vers les empreses** ja que, any rere any, han de comprar-los les llavors a sembrar. A més, el fet que molts productes químics emprats en el camp, com són herbicides o pesticides, estiguin produïts per les mateixes multinacionals biotecnològiques, pot fer que tot l'àmbit de l'agricultura depengui d'aquestes empreses i que, per tant, estigui subjecte als seus interessos.

Per altra banda, el model econòmic actual planteja un **sistema de patents** per tal de garantir a les empreses la propietat intel·lectual dels transgènics que produeixen i, així, recuperar les altes despeses de la inversió inicial que suposa la creació d'un OGM (i, també, obtenir-ne benefici econòmic). No exempt de crítiques, aquest model es veu com una apropiació dels béns naturals

per part de les empreses en poder-los patentar, i doncs, el moviment antitransgènic s'hi oposa considerant que la naturalesa i la riquesa que aquesta ofereix no pot ser apropiada per res ni per ningú.

Per tant, el model d'agricultura que es codifica sota els plantejaments biotecnològics és considerat inviable, com també ho és l'agricultura convencional, ja que ofereix un sistema de monocultiu gens bo per la fertilització del sòl i la biodiversitat, planteja un ús excessiu d'herbicida, ocasiona una competència amb les espècies locals de cada zona que acaba portant a la pèrdua de biodiversitat, es creen interferències en els ecosistemes superiors a les que plantegen els cultius ecològics (lliures de pesticides, herbicides...), etc. A més, l'ús de transgènics suposa l'increment dels preus dels productes no-transgènics, ja que, sovint, requereixen major atenció, més tractaments i ofereixen una producció més baixa.

Tot i això, les fortes crítiques plantejades a nivell ideològic no són les úniques que reben els transgènics. A nivell de **salut humana**, els transgènics suposen un possible increment de malalties. Per una banda, la introducció de noves biomolècules en els organismes pot fer aparèixer noves al·lèrgies fins ara desconegudes. Per altra banda, estudis oferts per laboratoris independents certifiquen que hi ha OGMs que poden propiciar el càncer, la infertilitat, etc. Davant d'aquesta amenaça sanitària, el moviment crític amb els transgènics planteja l'adopció del **principi de precaució**, el qual es basa en què si es desconeixen els efectes que poden ocasionar les mutacions genètiques induïdes en aquests organismes i, a més, s'auguren conseqüències negatives, cal abandonar l'ús dels transgènics fins que es demostri el contrari.

Molt lligat a les preocupacions sanitàries, es tem que **l'ús d'antibiòtics com a marcadors pugui originar tolerància** a aquests en certs bacteris i virus que, tard o d'hora, podrien acabar-se transmetent als bacteris que són perjudicials per a l'ésser humà i, en haver-se adaptat genèticament als antibiòtics, la seva subsistència en infectar cèl·lules humanes podria perdurar de manera inquietant.

A nivell de camp, les crítiques no hi manquen. Com que els organismes vegetals tenen mètodes reproductius difícilment controlables quan es donen a la intempèrie, els transgens dels cultius GM poden pol·linitzar cultius no-transgènics, de manera que els fruits que se n'obtindrien, sortirien, en part, amb els transgens. Aquest procés de pol·linització creuada per part dels transgènics es considera *contaminació genètica* per part dels qui ho veuen amb mals ulls, i és una defensa dels cultius ecològics, ja que en el moment en què són pol·linitzats amb transgens, aquests deixen de ser considerats *ecològics*. Per tant, es planteja una **impossible coexistència** entre cultius transgènics i no-transgènics.

A més, també ha aparegut al mercat la nova Tecnologia de Restricció de l'Ús Genètic (GURT, de l'anglès *Gene Use Restriction Technology*), coneguda popularment com a **Tecnologia Terminator**. Aquesta nova tecnologia fa que la segona generació de llavors originades a partir d'un cultiu inicial OGM sigui estèril, fet que obliga l'agricultor a comprar noves llavors any rere any.

Per acabar, a nivell dels consumidors finals en el sector terciari, es considera que la informació en l'**etiquetatge** dels productes transgènics, amb traces o derivats d'aquests, és pràcticament nul·la, creant una desconeixença completa en la població sobre què es menja (paradoxalment al fet de trobar-nos en plena era de la informació).

Tots aquests arguments han fet que el rebuig general dels transgènics per part de la societat civil sigui elevat. A nivell de Catalunya, a més, es va crear una plataforma ciutadana a partir de

l'Assemblea Pagesa de Catalunya, la intenció de la qual era presentar una ILP (Iniciativa Legislativa Popular) de rebuig als transgènics, és a dir, una proposta de llei a debatre al Parlament que prohibís els transgènics a Catalunya. Finalment, la ILP va ser presentada, però va ser rebutjada pel Parlament català en les primeres votacions.

En l'*Annex 1* hi podem llegir un parell d'entrevistes respostes molt amablement per a la realització d'aquest treball per **Josep Pàmies**, pagès i activista ecologista, i **Miquel Vallmitjana**, doctorat en biotecnologia i investigador de la UAB (tots dos són integrants de la plataforma *Som lo que sembrem*).

4.4.2. El moviment en pro dels transgènics

El moviment que defensa l'ús dels transgènics també és força ampli, ja que inclou científics, pagesos que els consideren un gran avantatge, etc. Aquesta heterogeneïtat dóna una rellevància significativa al col·lectiu, ja que marca que l'interès pels transgènics no és exclusivament de les multinacionals biotecnològiques.

Per començar, en oposició als plantejaments del moviment antitransgènic, els arguments en pro acostumen a defensar el sistema econòmic actual com a mitjà de **lliure desenvolupament de les empreses biotecnològiques i de la ciència**. Els transgènics són contemplats com una eina amb la qual afrontar el creixement demogràfic i la fam mundial gràcies a l'increment de la producció, tot incloent-hi millores nutritives que poden ser realment significatives, com és el cas de l'arròs daurat. A més, mitjançant els transgènics es pot fer front a les condicions climàtiques que es pronostiquen pel canvi climàtic, tot creant organismes resistents a la dessecació, a la salinització, etc., a part de ser un canvi més ecològic respecte al cultiu convencional, ja que permeten reduir l'ús d'insecticides (la pròpia planta sintetitza molècules més específiques amb la mateixa finalitat), herbicides (en poder emprar herbicides no-selectius, no és necessari aplicar-ne tant per matar les *males herbes*, per exemple), la necessitat hídrica, la superfície de cultiu necessària, etc.

Per altra banda, l'ús de **patents** es considera essencial ja que permet a les empreses desenvolupar OGMs que, en un primer moment, resulten una inversió econòmica extremadament elevada, però que conservant-ne la propietat durant 20 anys (temps que duren les patents), permeten l'obtenció de beneficis econòmics que possibilitin la continuïtat de la indústria biotecnològica.

Pel que fa a la **salut humana,** els transgènics són considerats segurs a curt i mitjà termini. Per poder introduir un OGM al mercat, cal que abans aquest hagi passat per un seguit de proves que en garanteixin la innocuïtat. Així, es contemplen els transgènics com a organismes tant o més segurs que la resta, ja que la seguretat per la qual han de passar és més elevada. A més, la introducció de transgens està molt més controlada que la recombinació genètica tradicional (doncs amb la biotecnologia, normalment, només s'introdueix un gen *in vitro* i, en canvi, amb la producció d'híbrids convencionals, l'encreuament entre organismes fa que la descendència gaudeixi d'un genoma força més desconegut) de manera que el producte final transgènic té menys possibilitats de ser perjudicial per a l'ésser humà.

Per altra banda, per tal d'evitar **organismes resistents als antibiòtics** incorporats com a marcadors, cada vegada se n'empren menys, substituint-los per marcadors cromàtics, entre d'altres. D'aquesta manera, la problemàtica de la tolerància a antibiòtics queda totalment remeiada.

Pel que fa a la **coexistència entre cultius**, sovint es considera un debat estèril des del punt de vista protransgènic, ja que, de la mateixa manera que la pol·linització creuada pot fer que gens d'un cultiu no-transgènic passin a un de transgènic sense ser considerat cap problema ni inconvenient, el mateix procés es pot donar a l'inrevés sense haver d'ocasionar cap negativa, ja que els transgens han passat, prèviament, un seguit de tests que en garanteixen la seguretat. A més, es gaudeix d'un seguit de tècniques per fer que la mal anomenada *contaminació genètica* sigui nul·la o, si més no, més baixa, com ara fer cultius en diferents èpoques de l'any, marcar una distància mínima d'uns 20-25 metres entre cultius transgènics i no-transgènics, establir una barrera de plantes no-transgèniques rodejant un camp GM...

Pel que fa a la **Tecnologia Terminator** exposada anteriorment, empreses biotecnològiques com ara *Monsanto* han negat emprar-la, tot i que la consideren una eina útil per tal d'evitar que els transgens passin de manera descontrolada al medi ambient. No obstant això, moltes vegades, els organismes que es troben lliures en els ecosistemes i que han incorporat per pol·linització les modificacions genètiques no subsisteixen, ja que, per dinàmica neodarwiniana, si aquestes no ofereixen avantatges als organismes que les han incorporades, la despesa energètica necessària per tal de manifestar els transgens és inviable i fa que aquests organismes no subsisteixin. Així, doncs, sovint els transgènics només són viables en cultius sota control, ja que és l'únic àmbit on suposen millores.

Finalment, els protransgènics consideren que les mesures emprades en l'**etiquetatge** d'organismes transgènics, aliments amb traces o derivats, són vàlides i suficients (a nivell europeu), ja que està obligat per llei incloure en l'etiqueta dels productes la consideració de transgènics en aquells productes que en continguin més del 0'9%.

Així, doncs, queda configurada la defensa bàsica dels transgènics per part d'aquest sector de la societat. A més, aquests arguments prenen més versemblança amb les estadístiques que dicten que cada vegada hi ha més agricultors que tendeixen a l'ús de transgènics en els seus cultius.

En l'*Annex 2* hi podem llegir una entrevista a **David Bueno**, professor i investigador de genètica de la Universitat de Barcelona i divulgador científic, amb preguntes establertes amb relació a aquest treball.

4.4.3. La percepció del meu entorn social sobre els transgènics

Per tal de conèixer quina és la percepció i el coneixement que tenen les persones del meu entorn sobre els transgènics, he desenvolupat una enquesta, resposta per 171 enquestats, principalment de la franja d'edat d'entre els 15 i els 34 anys, tot i que també hi ha respostes de persones de 13, 14, 46 o, fins i tot, de 60 anys. Les preguntes a respondre són les següents:

1) Què entens per transgènic?
2) Creus que la informació que en tenim és suficient?
3) En el camp de l'agricultura, creus que és impossible la coexistència entre cultius transgènics i no-transgènics?
4) Creus que són un atac contra la biodiversitat i els ecosistemes?
5) Penses que prohibir-los és una bona mesura per evitar-ne causes desconegudes mentre se n'aprofundeix l'estudi?
6) L'oposició als transgènics és una realitat social. Tanmateix, a Catalunya, actualment, la superfície de cultiu de blat de moro transgènic suposa el 51'15% del total de blat de moro cultivat. Quines creus que en poden ser les causes?

7) Si has de comprar un producte, què esculls?
8) Quina creus que hauria de ser la finalitat dels vegetals transgènics?

La primera pregunta és un tant tendenciosa de manera intencionada. Les respostes donades m'han permès comprovar que el 21% dels enquestats relaciona els transgènics directament amb les plantes, fet que porta a entendre que, amb la polèmica actual, el concepte *transgènic* s'ha estès per la població però de manera tergiversada; ara bé, un 73% de les respostes donades afirmen que els transgènics són organismes modificats genèticament mitjançant enginyeria genètica, de manera que hi ha una majoria que sap què són, mínimament, els OGMs. Per contra, un 6% dels enquestats no sap què són, responent que són organismes generats a partir de l'encreuament entre dos progenitors mitjançant les tècniques de reproducció pròpies de cada espècie. La dada més greu, potser, és que aquest 6% està format per onze persones de 16 i 17 anys, fet que ens porta a pensar que l'ensenyament (des de tots els punts: centres docents, mitjans de comunicació, entorn familiar, etc.) sobre aquest tema (i, en general, sobre la ciència) és insuficient i escàs.

La intenció de la segona pregunta és veure si la gent del meu entorn considera que les eines que s'ofereixen a la població són les suficients per tal de tenir un a opinió pròpia sobre els transgènics o, pel contrari, si són escasses. Amb això, el 8% dels enquestats considera que la informació que se'n té és suficient, en contrast amb el 92% restant, que afirma que és insuficient. Per tant, hi ha un clar percentatge de persones que considera que no se'ns informa prou sobre el tema, a més d'haver-hi qui considera que aquesta desinformació és feta intencionadament pel govern, ja que no els interessa que es coneguin els transgènics a fons per tal d'evitar-ne un possible rebuig per part de la població. Concretament, el 8% dels enquestats que creu que la informació és suficient pertany a la franja d'edat d'entre els 20 i els 29 anys. Malgrat això, el 92% de gent que creu que és insuficient està format per persones de les diverses franges d'edat, i això pot ser degut a que el 8% restant s'ha informat per propi interès o perquè les condicions acadèmiques ho poden haver propiciat.

A partir d'aquest punt, les enquestes de les onze persones (6%) que a la primera pregunta han respost sense saber ni què és un transgènic han estat descartades.

Amb la tercera pregunta he pogut comprovar quina percepció té la gent sobre la coexistència de cultius transgènics amb no-transgènics, una polèmica força present en el camp de l'agricultura ecològica. La pregunta, concretament, qüestiona si és possible o no tal coexistència. El percentatge major de gent, 55%, queda representat pels que no saben si ho és o no, d'entre els quals, el 81% considera que, malgrat no saber si la coexistència és possible, cal garantir la possibilitat dels pagesos d'escollir si volen fer cultiu transgènic, convencional o ecològic, i el 19% restant opina que no cal assegurar la coexistència entre camps, ja que la pol·linització és un fet natural que es dóna tant d'un cultiu transgènic vers un de no-transgènic com a l'inrevés. A part d'aquest 55%, també hi ha un 39% d'enquestats que considera com a impossible la coexistència entre camps, i un 6% que creu que la coexistència és possible, ja que els pagesos disposen d'eines i tècniques per a permetre-ho. Tot i que determinar edats amb relació a les respostes és complicat perquè totes gaudeixen de persones de totes les franges d'edat, cal destacar que el 35% dels enquestats d'entre 15 i 19 anys creuen que la coexistència entre cultius és impossible, mentre que el 65% restant afirmen no saber-ho. Una altra dada a destacar és que el 6% de persones que opina que sí que és possible la coexistència forma part de la franja dels 25 als 29 anys, xifra que ens porta a establir una relació amb la dels enquestats que consideren suficient la informació sobre aquest tema (com ja hem dit, compresa entre els 20 i els 29 anys).

La pregunta número quatre qüestiona la relació que hi ha entre els transgènics i la interacció que poden exercir en els ecosistemes, afectant-ne la biodiversitat. La consideració majoritària, contemplada pel 46% dels enquestats, és que els transgènics perjudiquen els ecosistemes i propicien una reducció de les espècies autòctones de cada zona on es fa cultiu GM. En segon lloc, trobem que el 31% considera que els transgènics faciliten un cultiu molt més ecològic que la resta, ja que permeten reduir l'ús d'insecticides, aigua, etc. Finalment, el 23% de les persones creu que els transgènics tenen una afectació negativa en els ecosistemes, però que és igual o inferior a la que originen els cultius convencionals, en què s'empren més insecticides, herbicides, etc. Per tant, tot i que una majoria considera que els transgènics tenen efectes negatius sobre els ecosistemes i la biodiversitat, també és contemplat per una gran part dels enquestats que els transgènics ofereixen un model d'agricultura més sostenible que el convencional (i, fins i tot, que l'ecològic). Cal dir que el 31% de les persones que consideren que els transgènics permeten fer agricultura més ecològica forma part, majoritàriament, de la franja establerta entre els 15 i els 24 anys.

La cinquena pregunta posa sobre la taula el debat de la prohibició de transgènics com a mesura preventiva, tal i com s'ha fet en països com ara l'Estat francès. Per una banda, trobem que el 44% dels enquestats veu innecessària la prohibició, ja que els transgènics han de passar tests de seguretat que en garanteixen la fiabilitat a curt i mitjà termini i, per tant, és tan segur l'ús de transgènics com l'ús de qualsevol altre organisme. Per altra banda, hi ha un 56% de les respostes dirigides a afirmar que cal prohibir-los, ja sigui perquè es consideren insuficients les mesures de control aplicades, tal com ho ha afirmat un 68% dels enquestats, o bé perquè es veuen els transgènics com a eines amb l'única finalitat d'engreixar el capital de les grans multinacionals biotecnològiques que els produeixen, reflectit en el 32% de les respostes. Per tant, hi ha una majoria que opina que, pels motius que siguin, caldria prohibir els transgènics, com a mínim de manera preventiva. Concretament, del 44% d'enquestats que consideren que no s'han de prohibir, el 73% forma part de la franja dels 15 als 24 anys, sent, en canvi, resposta majoritària per part dels enquestats d'entre 25 i 34 anys que cal prohibir-los, siguin quins siguin els motius (81%).

La sisena pregunta posa de manifest que, malgrat l'evident rebuig social als transgènics, cada cop hi ha més pagesos que opten per l'agricultura modificada genèticament. En aquesta pregunta es permetia la tria de diverses opcions, ja que, probablement, el fet que cada vegada hi hagi més pagesos que aposten pels transgènics es deu a diverses raons. Així, doncs, el nombre total de respostes en aquesta pregunta és de 267. El 16% de les respostes considera que els pagesos es veuen obligats a passar al cultiu GM cansats de la impossible coexistència entre cultius transgènics i no-transgènics, ja que aquest tema els ocasiona diversos conflictes, com pot ser el fet de no poder etiquetar un producte com a ecològic per incloure traces transgèniques fruit de la pol·linització. També hi ha un 32% de respostes que segueixen culpant negativament els transgènics del fet que tants pagesos optin pel cultiu GM, però en aquest cas la raó és poder intervenir en el mercat mundial. Per altra banda, un 30% de les respostes indica que l'opció *transgènics* és ben vista i adoptada pels pagesos ja que suposa una major font d'ingressos econòmics, a més d'haver-hi un 14% que considera que molts pagesos es passen al cultiu de transgènics perquè aquests aporten moltes millores respecte a la resta de cultius, ja bé siguin a nivell de camp, al mercat com a productes, etc. Per contra, un 8% de les respostes va dirigit a considerar que si els pagesos adopten els transgènics és per desconeixença del tema i per pur esnobisme, persuadits per la bona publicitat que se'n fa des de les institucions públiques. Tractant-se d'una pregunta amb múltiples respostes, es fa molt difícil establir relacions d'edats. Malgrat tot, cal destacar que el 84% de les respostes que afirmen que el creixent nombre d'hectàrees transgèniques es deu a que aquest tipus de cultiu aporta moltes millores està format per la franja dels 25 als 29 anys.

A l'hora de comprar un producte al mercat, a més, la setena pregunta indica que la majoria d'enquestats són partidaris de consumir productes no-transgènics, concretament el 43%. D'aquest percentatge, el 28% indica que molts dels enquestats consumeixen productes no-transgènics pel seu rebuig als OGMs, el 42%, que hi ha usuaris que opten pels productes no-transgènics per precaució, malgrat no estar-hi en contra, i el 30% es correspon a les respostes dels usuaris que consumeixen productes ecològics en cooperatives o a pagesos. Per altra banda, al 39% dels enquestats tant els és consumir un producte transgènic com un d'ecològic, ja que en consideren mínimes les diferències. A més, hi ha un alt percentatge de persones que afirmen no fixar-s'hi, concretament el 18%, però que creuen que l'etiquetatge dels productes transgènics és nefast i que aquest fet no ajuda al procés de compra, quan, potser, millorant-ho optarien pels no-transgènics. Mentre que aquest 18% està representat, bàsicament, per persones d'entre 15 i 19 anys, el 42% d'enquestats que han respost decantar-se pels productes no-transgènics per precaució pertany a la franja d'entre 20 i 24 anys. La resta d'opcions vénen marcades per les diverses franges d'edat, tot i que el 39% de persones que creuen que tant és, el 72% d'enquestats que han optat per aquesta consideració formen part de la franja dels 20 als 29 anys.

L'última pregunta, la vuitena, permet que els enquestats responguin quina o quines creuen que haurien de ser les finalitats dels transgènics. Com la sisena pregunta, aquesta també permetia escollir diverses opcions, de manera que les respostes totals emeses són 286. Per començar, l'opció més valorada és la d'evitar plagues, reduint, així, l'ús d'insecticides, reconeguda pel 36% de les respostes. En segon lloc, trobem que el 24% de les respostes fan referència a la millora nutritiva dels productes, com ho és l'arròs daurat. En tercer lloc, un 17% considera que els transgènics haurien de servir per reduir les necessitats de les plantes, com poden ser les hídriques, l'aportació de nitrogen, etc. En quart lloc, hi ha un 7% de respostes emeses pels enquestats que proposen la millora de les propietats organolèptiques (color, olor, aroma, tast i textura) com a finalitat dels transgènics. I, en darrer lloc, el 5% restant va dirigit a la tolerància a herbicides. A més, un 11% de les respostes considera que cal evitar la *Tecnologia Terminator*, ja que impedeix als pagesos sembrar llavors obtingudes en els seus propis cultius. Tal i com passa amb la sisena pregunta, determinar una relació edats-respostes es fa molt difícil. No obstant això, es fa palès que el 43% d'enquestats que opinen que els transgènics haurien de servir per millorar les propietats nutritives dels productes està format per la franja d'edat dels 15 als 19 anys, seguit d'un 28% que forma part de la franja dels 30 als 34 anys; mentre que les respostes emeses per les persones d'edats compreses entre els 20 i els 29 anys es decanten, majoritàriament, per l'opció de reduir els insecticides, tot i que, no menys important, també opinen que haurien de rebaixar les demandes hídriques, nutritives, espacials, etc., de les plantes.

Finalment, molts enquestats han expressat les seves crítiques de caire ideològic contra els transgènics fora de l'enquesta en si, ja que la intenció d'aquesta no era endinsar-se molt en la vessant més ètica del conflicte, doncs és una part totalment subjectiva i difícil de valorar. Així, doncs, moltes persones no consideren que els transgènics siguin dolents en la seva essència, sinó que creuen que són negatius per qui els produeix, per qui se n'amaga al darrere, i pel model d'agricultura i de societat que aproven i sustenten.

5. El cultiu de blat de moro

El blat de moro (*Zea mays*) és una gramínia anual amb fulles llargues i lanceolades. El seu sistema radicular és fasciculat, és a dir, està format per una gran quantitat d'arrels de mida semblant, fet que atorga a la planta un fort ancoratge al sòl, permetent-li, així, de penetrar-lo fins a 1'2 m. de profunditat. És una gramínia d'estiu monoica, cada individu gaudeix de les flors tant masculina com femenina. La inflorescència masculina es troba a la part superior de la planta en forma de plomall que, durant el període reproductiu, dóna lloc a anteres, encarregades de dispersar el pol·len. La inflorescència femenina, en canvi, es troba a la part mitjana de la planta i està constituïda per unes sedes en què s'hi diposita el pol·len, tot permetent el seu pas fins als ovaris que, un cop fecundats, donaran lloc a cadascun dels grans de la panotxa.

Com ja hem dit, el blat de moro genèticament modificat suposa un dels principals cultius transgènics a nivell mundial, essent les varietats derivades de MON810 les úniques autoritzades per a cultiu a Catalunya. Aquestes varietats, mercès a la síntesi de la proteïna Cry1Ab (originària del bacteri *Bacillus thuringiensis*), incorporen resistència als barrinadors del blat de moro: *Ostrinia nubilalis* i *Sesamia nonagrioides*, dos lepidòpters que, en el seu estadi larval, s'introdueixen a l'interior de les tiges del blat de moro, tot provocant-hi efectes negatius, com ara la disminució de la capacitat productiva o la concessió de major susceptibilitat al trencament. Plagues de barrinadors poden causar pèrdues realment significatives en la producció de blat de moro; és d'aquest esdeveniment d'on sorgeix la necessitat de produir aquestes varietats transgèniques que, segons estudis previs, el seu rendiment a nivell productiu és suficient com perquè sigui apreciable respecte al de les seves varietats isogèniques[11] convencionals. A més, les ferides que els barrinadors poden originar en les tiges i en les panotxes propicien l'aparició de podridures a la base de les plantes, el trencament de les canyes i les infeccions per fongs al gra, que poden tenir influència tant en la quantitat com en la qualitat de la collita, ja que aquests fongs indueixen la producció de micotoxines en la planta (metabòlits secundaris perjudicials per a humans i animals). El gènere *Fusarium* és el principal fong present en els cultius del Baix Empordà, les micotoxines del qual s'anomenen fumonisines.

Foto 5-1. *En aquesta imatge es poden apreciar quatre panotxes en diferent estat sanitari: la de l'esquerra és sana; la segona presenta una lleu contaminació de Fusarium verticillioides; la tercera també presenta contaminació i, a més, es percep l'atac de barrinador (forats i serradures); la quarta està totalment atacada per barrinador i també amb contaminació de Fusarium.*

[11] **Varietats isogèniques** són aquelles el genoma de les quals és idèntic tret de l'afegitó del transgèn.

5.1. El cultiu de blat de moro en situacions de dèficit abiòtic

Tot estrès abiòtic (hídric, nutricional, etc., originats per efectes mediambientals) que pateixi la planta tindrà conseqüències negatives, com és evident. Tanmateix, segons quan s'apliquin els estressos, aquests tindran uns efectes o uns altres: abans del període de floració, reduiran el desenvolupament de la biomassa, el nombre de grans i la taxa fotosintètica; durant la floració, provocaran l'avortament de grans; i durant el període d'ompliment del gra, acceleraran la senescència de les fulles (mort de les cèl·lules).

Per altra banda, el tipus de deficiència que es produeixi també tindrà unes repercussions o unes altres, essent els dèficits hídrics i de nitrogen els més importants.

5.1.1. Efectes del dèficit hídric

Durant tot el cicle vegetatiu l'aigua és imprescindible per la planta, ja que compleix funcions constitutives, intervé en la major part de les reaccions, té lloc com a dissolvent i manté la turgència de les cèl·lules. Les necessitats hídriques varien en funció de l'evapotranspiració i del coeficient del cultiu. Al Baix Empordà, la quantitat d'aigua que requereix un cultiu de panís és d'uns 550 mm; per tant, és necessària la irrigació, que a la zona del Baix Ter acostuma a fer-se de manera superficial amb regues. L'eficiència d'aquest sistema és gairebé del 60%, fent de 6 a 10 regs durant l'estadi de 6 a 8 fulles i fins que el blat de moro assoleix la maduresa fisiològica. En cada reg, la quantitat d'aigua que cal aportar és d'entre 30 i 45 mm.

Quan s'apliquen estressos hídrics durant els primers estadis del desenvolupament del blat de moro, els estomes de les fulles amb major potencial fotosintètic tendeixen a tancar-se per tal d'evitar que aquelles cèl·lules que són més productives per a l'organisme perdin aigua i morin. Així, doncs, primerament, es produeix la senescència de les fulles que es troben a la part inferior de la planta, reduint-ne la capacitat fotosintètica (fet que, al final, es veurà repercutit en la producció). Per altra banda, la planta, en general, pateix un procés de debilitament que la fa més susceptible a atacs de plagues i a infeccions. I quan les deficiències d'H_2O es donen durant el cicle reproductiu, pot ser que el pol·len sigui estèril i que la panotxa redueixi l'assimilació de nutrients, provocant l'avortament d'alguns grans. Tal i com mostra la *foto 5-2*, les plantes que pateixen dèficit hídric tenen un creixement retardat i inferior, a més de desenvolupar, de manera més tardana, les floracions masculina i femenina (havent-hi casos en què ja no es desenvolupa). Per altra banda, les fulles tendeixen a arrugar-se per tal d'oferir menor superfície de transpiració hídrica.

Foto 5-2. *Contrast entre parcel·les amb reg normal (a les bandes) i reg deficitari (al centre). Mentre que en les parcel·les amb reg normal ja s'està produint la floració masculina, en la parcel·la central no es pot apreciar.*

Les condicions de sequera durant els estius dels darrers anys a Catalunya han fet que es redueixi el cultiu de blat de moro per l'elevada necessitat hídrica que presenta.

5.1.2. Efectes del dèficit de nitrogen

Pel que fa als macronutrients, el blat de moro requereix, sobretot, l'aportació de nitrogen, molt lligada a la producció final de gra, ja que forma part dels enzims fotosintètics encarregats de la síntesi de clorofil·la (és per això que es troba, en major quantitat, a les fulles). Aproximadament, per cada 1000 kg de gra que es volen obtenir, és necessària l'aportació de 28 kg de nitrogen, 23 kg de potassi i 11 kg de fòsfor. Tant el potassi com el fòsfor i 1/3 del total de nitrogen necessari són aportats amb l'adobat en fons inicial, previ a la sembra. Aquest adobat ha de garantir les quantitat de potassi i de fòsfor per tot el cicle vital de la planta, i les de nitrogen fins que el blat de moro assoleix l'estadi de 6 a 8 fulles. En aquest estadi és quan s'acaba de fer l'aportació de les 2/3 parts restants de nitrogen. Al Baix Empordà, la qualitat del sòl requereix una aportació de 250-350 kg N ha^{-1} d'adob mineral.

Quan s'apliquen estressos de nitrogen durant el període de desenvolupament vegetatiu, l'activitat fotosintètica es veu directament afectada, repercutint, així, en la biomassa de la planta i, per tant, reduint la capacitat de desenvolupament de l'àrea foliar. A més, cal destacar que quan el blat de moro pateix estressos de nitrogen, la planta tendeix a redistribuir-lo, cedint-lo a aquelles cèl·lules més noves i en què pugui ser més eficient (concretament, a les fulles superiors, on la incidència solar és major i, per tant, també ho és la taxa fotosintètica). Aquest fet accelera la senescència de les fulles, començant per les inferiors. En la *foto 5-3* es pot notar com, en estrès de nitrogen, les fulles amb menys capacitat fotosintètica tendeixen a redistribuir el nitrogen provocant la senescència d'aquestes. Amb tot això, la deficiència de nitrogen propicia la contaminació per micotoxines i pot ocasionar l'avortament de grans de blat de moro, afectant, així, la producció final.

Adobat deficitari

Adobat normal

Foto 5-3. *Contrast entre dues plantes de blat de moro amb reg normal i en el mateix estadi vegetatiu (emissió de sedes).*

5.2. Materials i mètodes

En aquest apartat es defineixen els materials i els mètodes emprats en l'assaig de camp dut a terme per tal d'assolir l'objectiu plantejat i poder comparar varietats de blat de moro transgèniques amb les seves isogèniques convencionals.

5.2.1. Descripció de l'assaig

Primer de tot, cal definir el nou assaig desenvolupat, explicitant-ne la localització i els antecedents culturals, així com també cal marcar el disseny de l'assaig amb què es vol assolir l'objectiu plantejat: com s'han aplicat els estressos (hídric i de nitrogen) i amb quines varietats de blat de moro s'ha treballat (transgèniques i convencionals). D'aquesta manera, queden establertes les característiques bàsiques del terreny on s'ha fet l'assaig, a més de definir com s'han aplicat els estressos d'estudi per tal de comprovar si es produeix o no una adaptació diferencial entre varietats de blat de moro a les situacions de mancances induïdes. Cal recordar que la finalitat d'aquest assaig és la de respondre el següent objectiu, plantejat en la introducció del treball:

- Avaluar les diferències a nivell fisiològic (hídric i nutricional) que presenten els cultius de blat de moro transgènic respecte a les seves varietats isogèniques davant d'estressos hídrics i nutricionals a nivell de nitrogen induïts.

5.2.1.1. Localització de l'assaig

L'assaig s'ha fet en una parcel·la situada a la Tallada d'Empordà, un petit municipi del Baix Empordà (Girona), en un dels terrenys del centre IRTA-Mas Badia durant la campanya 2009. El terreny es troba a una alçada d'uns 20 m. per sobre del nivell del mar i a uns 12 km. de distància d'aquest, i la parcel·la, situada a la carretera de Canet, és de 2'63 ha. En l'*Annex 3* es pot veure un plànol de la situació de la parcel·la.

5.2.1.2. Antecedents culturals

Durant la campanya 2008, la parcel·la d'estudi havia estat destinada a un assaig de blat de moro dividida en dos grups, a un dels quals es va fer una aportació d'adob nitrogenat de 300 UN/ha[12], mentre que al terreny del segon grup no s'hi va fer cap tipus d'adobat nitrogenat. La producció total va ser de 10.272 kg ha^{-1}.

Abans de la sembra, al terreny s'hi va fer un treball de subsolat i una passada de grada de discs. A posteriori, es va fer una aportació d'adob en fons de 100 UN ha^{-1} en forma de nitrat amònic càlcic al 27% al grup adobat.

5.2.1.3. Disseny de l'assaig

Prèviament a la sembra de l'assaig, es va fer una passada de grada de discs, es va passar una fresadora aplicant-hi, seguidament, un corró i també es va fer una passada de *koskilder*. Posteriorment, es va realitzar un adobat en fons de 100 UF/ha[13] de manera homogènia en tot l'assaig.

L'assaig es va sembrar el dia 15 d'abril utilitzant una sembradora pneumàtica de microparcel·les. Cada parcel·la mesurava 24 m^2 (8 m. de llargada i 3m. d'amplada) i constava de

[12] **UN/ha** són **unitats de nitrogen per hectàrea**.
[13] **UF/ha** són **unitats de de fertilitzant per hectàrea**, que garanteixen l'aportació suficient de fòsfor i potassi per a tot el cultiu durant tota la campanya.

4 fileres de blat de moro separades 75 cm. entre si, amb una separació de 16'5 cm. entre llavors. La densitat de sembra va ser de 80.000 llavors ha^{-1}. El mateix dia de la sembra es va fer una aplicació de l'insecticida de sòl *Force* de l'empresa *Syngenta Agro, S.A.*, que conté 0'5% en teflutrin a la dosi de 10 kg ha^{-1}. Seguidament, el dia 23 d'abril i prèviament a l'emergència del blat de moro, es va fer una aplicació de l'herbicida *Harness Gtz* de l'empresa *Monsanto Agricultura*, que conté 45% d'acetocloro i 21'4% de terbutilezina a la dosi de 4 l ha^{-1}. Posteriorment, el dia 21 de maig es va fer una aplicació post-emergència de l'herbicida *Calisto* de l'empresa *Syngenta Agro, S.A.* a 1 l ha^{-1}. I, finalment, el dia 22 de maig es va fer una aplicació de l'insecticida *Decis* de l'empresa *Bayer CropScience* a 0'5 l ha^{-1}.

Per tal d'observar les reaccions de diferents varietats de blat de moro a situacions d'estrès, es van aplicar un seguit de tècniques agrícoles pel que fa a la irrigació, a la fertilització nitrogenada i a les varietats conreades, establint tres repeticions de cada parcel·la.

- Irrigació:

L'assaig gaudia de reg per superfície mitjançant solcs que permetia la irrigació de les files de blat de moro desitjades. Es van establir tres grups per comprovar l'adaptació de les diverses varietats a l'estrès hídric:

- **Reg normal**. Aquesta estratègia de reg permetia subministrar al blat de moro l'aigua necessària per al seu desenvolupament òptim. En aquest cultiu s'hi van realitzar dinou regs: 10, 15, 23, 26 i 30 de juny; 3, 7, 13, 16, 21, 27 i 30 de juliol; 4, 11, 13, 18, 21, 25 i 28 d'agost.
- **Reg deficitari**. Mitjançant aquesta estratègia es pretenia que les plantes assolissin un dèficit hídric que els permetés la supervivència, tot presentant deficiències en el seu desenvolupament. En aquest cas es van realitzar quatre regs: 10 i 30 de juny; 16 de juliol; 4 d'agost.
- **Reg mixt** (normal fins a la floració i deficitari fins a final de cultiu). L'objectiu d'aquest sistema era visualitzar l'adaptació del cultiu a un dèficit hídric induït a partir del desenvolupament final del blat de moro (floració). En aquest pràctica es van realitzar deu regs: 10, 15, 23, 26 i 30 de juny; 3, 7, 13 i 16 de juliol; 4 d'agost.

- Fertilització nitrogenada:

Pel que fa a la fertilització nitrogenada, es van establir dos grups per avaluar l'adaptació diferencial de les diverses varietats a l'estrès nutricional de nitrogen:

- **Fertilització nitrogenada normal**. L'objectiu d'aquesta estratègia era provisionar el cultiu d'una fertilització nitrogenada que en permetés un desenvolupament òptim. Així, doncs, es va fer una primera aplicació en fons de 100 UN ha^{-1} en forma de nitrat amònic càlcic al 27% prèvia a la sembra del cultiu, i el dia 4 de juny es va fer una segona aportació en cobertora de 200 UN ha^{-1}, també en forma de nitrat amònic càlcic al 27%.
- **Fertilització nitrogenada deficitària**. Per tal d'avaluar les diferents reaccions de les varietats en estrès de nitrogen, es va desenvolupar un cas en què no es va aplicar cap tipus d'adobat nitrogenat.

- Varietats conreades:

Les varietats escollides per l'assaig eren sis derivades de l'event MON810, de les quals tres eren convencionals i tres, transgèniques:

- **Varietats convencionals**. Les tres varietats convencionals escollides van ser els següents híbrids simples: **HELEN** i **SANCIA**, de l'empresa *Limagrain Ibérica*, i PR31N28, de *Pioneer Hi-Bred*.
- **Varietats transgèniques**. Les tres varietats transgèniques escollides van ser els següents híbrids simples amb la incorporació de l'event MON810: **HELEN Bt** i **BELES SUR**, comercialitzades per *Limagrain Ibérica*, i DKC6666, de l'empresa *Monsanto*. La incorporació de l'event MON810 atorga a les varietats transgèniques resistència al barrinador.

D'aquestes, **SANCIA** i **HELEN** són varietats isogèniques de **BELES SUR** i **HELEN Bt**, respectivament. La finalitat de cultivar varietats isogèniques era avaluar el comportament de les diferents varietats transgèniques en situacions d'estrès en contrast amb les seves isogèniques convencionals. És per aquest motiu que les dades de les parcel·les de les varietats PR31N28 i DKC6666 no han estat avaluades en aquest treball, ja que, en no ser isogèniques, no ens permeten avaluar-ne diferències.

En l'*Annex 3* es pot veure un croquis amb la disposició de les diferents parcel·les en l'assaig.

5.2.2. Paràmetres avaluats

Per tal d'estudiar si la inducció de dèficit hídric i/o nutricional en les diverses varietats de blat de moro havia ocasionat diferències en la seva corresponent adaptació, es van establir dos paràmetres agronòmics a avaluar: el **contingut relatiu d'aigua** i l'**índex N-Tèster**. A partir d'aquests dos paràmetres, ens va ser permès avaluar l'estat fisiològic de les plantes a nivell de contingut d'aigua i de nitrogen.

5.2.2.1. Contingut relatiu d'aigua

El **contingut relatiu d'aigua** (RWC, de l'anglès *Relative Water Content*) és una mesura que serveix d'indicador de l'estat hídric de la planta, ja que permet calcular el contingut d'aigua d'una fulla amb relació amb el valor absolut d'aigua que aquesta necessita per arribar a l'estat de turgència, és a dir, l'estat en què la planta assoleix el seu contingut màxim d'aigua. El procediment per calcular l'RWC d'una planta a partir d'una fulla és el següent:

1) Es pren l'última fulla que s'ha originat en la planta (en general, la superior) entre les 10h i les 14h, ja que, durant aquest període, els agents que regulen l'aigua de les fulles es mantenen constants. Cal que aquestes fulles s'emmagatzemin en condicions de refrigeració per tal que perdin el mínim contingut d'aigua possible.
2) A continuació, s'eliminen les vores de la fulla, així com també se n'extreu el nervi central, i s'aprofita la part restant per a l'estudi.
3) Es pesen les mostres per tal d'obtenir-ne el seu pes (W).
4) S'introdueixen les mostres en recipients amb aigua durant 24h per tal que s'hidratin i assoleixin l'estat de turgència.
5) Passades les 24h, es prenen les fulles i, mitjançant paper de filtre, se n'extreu l'aigua que en sobra. Tot seguit, es pesen les mostres a fi d'obtenir el pes de les fulles en turgència (TW).
6) S'assequen les mostres en una estufa a 80ºC durant 24h per tal que perdin tota l'aigua amb la finalitat d'obtenir, així, el pes material de les fulles deshidratades.
7) Després de les 24h d'assecat, s'obté el pes sec de les fulles (DW).
8) Mitjançant la següent fórmula, es calcula el contingut relatiu d'aigua de les mostres:

$$\boldsymbol{RWC} = \frac{(W - DW)}{(TW - DW)} \cdot 100$$

Es consideren valors normals d'RWC aquells que es troben entre 95% i 98%; en canvi, en valors del 60% i 70%, l'estat de la planta és de marciment.

Posteriorment, cal fer una mitjana amb els valors d'RWC obtinguts en les tres repeticions de parcel·les homogènies.

L'avaluació del contingut relatiu d'aigua de les plantes es va realitzar tres vegades: els dies 6 i 20 de juliol, i el 6 d'agost.

5.2.2.2. Índex N-Tèster

L'**índex N-Tèster** és una mesura que serveix d'indicador de l'estat nutricional a nivell de nitrogen de la planta. Per tal de calcular-lo, es va emprar un sensor òptic de mesura de transmitància en fulla, anomenat **N-Tèster** (Yara-Agro). Aquest sensor, mitjançant un senyal òptic, permet obtenir mesures de la transmitància en fulla a 650 nm. i 940 nm., coincidint, la primera, amb la regió de l'espectre associada al nivell de màxima activitat de la clorofil·la. Per tant, les lectures de l'N-Tèster, en tenir relació amb el color verd de les fulles (i, al seu torn, aquest amb la concentració de clorofil·la), també mantenen un enllaç amb la quantitat de nitrogen de què disposen.

Foto 5-4. *N-Tèster.*

Primer de tot, cal prendre 30 mesures mitjançant l'N-Tèster en cadascuna de les parcel·les. Les 30 mesures cal realitzar-les en diferents plantes de blat de moro de la mateixa parcel·la, establint la fulla emergent de la floració femenina (panotxa) com a patró a partir del qual prendre les dades, ja que d'aquesta manera es parteix d'uns requeriments nutricionals semblants per a cada fulla avaluada. Un cop s'han obtingut les 30 mesures, l'N-Tèster ofereix una mitjana calculada a partir de totes les mostres avaluades, que és la dada que interessa perquè defineix l'estat general de cada parcel·la. Amb totes les mitjanes de cada parcel·la preses, se'n calcularà una altra per a cada varietat de blat de moro, separant-ho entre el tipus de fertilització nitrogenada aplicada. Per tant, caldrà sumar les mitjanes obtingudes de cada varietat en les tres repeticions de les parcel·les en què s'ha aplicat règim de nitrogen 300 i dividir-ho entre el nombre total de parcel·les sumades, i el mateix pel que fa a les parcel·les amb règim de nitrogen 0. Amb aquesta última mitjana, tot comparant-la amb la d'una altra parcel·la de referència (l'estat nutricional de la qual ha de ser òptim), és com s'obté l'**índex N-Tèster**:

$$\boldsymbol{Índex\ Ntester} = \frac{lectura\ Ntester\ \ parcel \cdot les}{lectura\ Ntester\ referència} \cdot 100$$

Es considera que l'estat nutricional a nivell de nitrogen de la parcel·la és bo quan l'índex N-Tèster es troba entre el 98% i el 100%; en canvi, entre el 95% i el 98%, es considera situació d'incertesa, sent del 95% en avall quan es considera que hi ha un dèficit de nitrogen en la planta.

En l'assaig estudiat, es van fer tres mesures mitjançant l'N-Tèster: els dies 20 i 27 de juliol, i el dia 3 d'agost.

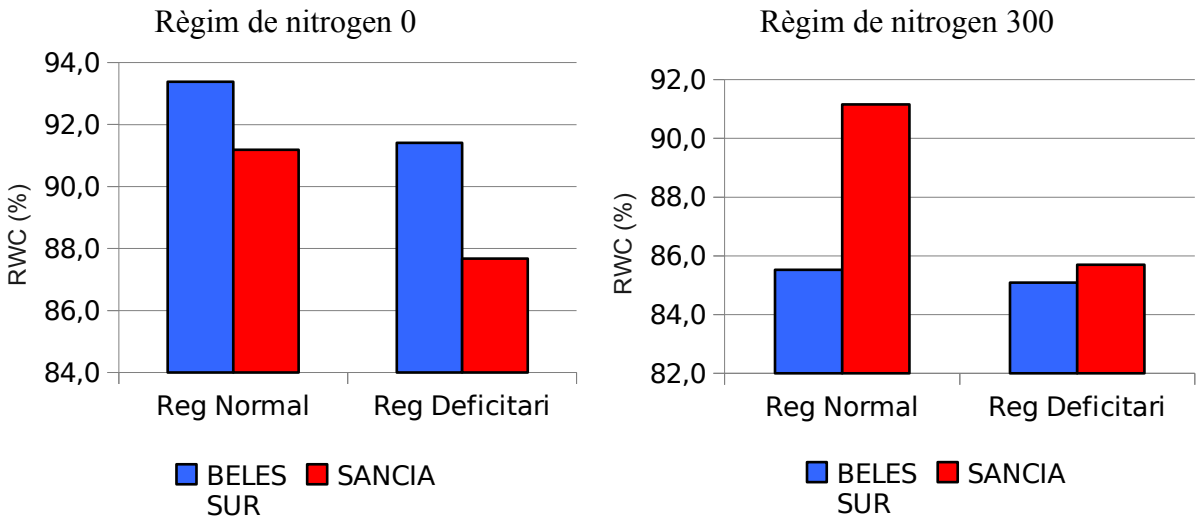
5.3. Resultats

5.3.1. Contingut relatiu d'aigua

Els resultats obtinguts mitjançant la metodologia RWC ens mostren, en general, que les parcel·les amb una estratègia de reg normal tenien un contingut relatiu d'aigua superior a la resta d'estratègies aplicades. No obstant això, a data 20 de juliol trobem que el reg mixt de HELEN Bt a règim de nitrogen 300 i el reg mixt de HELEN a règim de nitrogen 0 oferien dades superiors a les del reg normal. Aquest fenomen, però, es pot deure al fet que l'aplicació d'estrès hídric en el reg mixt no s'havia produït, encara, durant prou temps com per obtenir-ne resultats visibles.

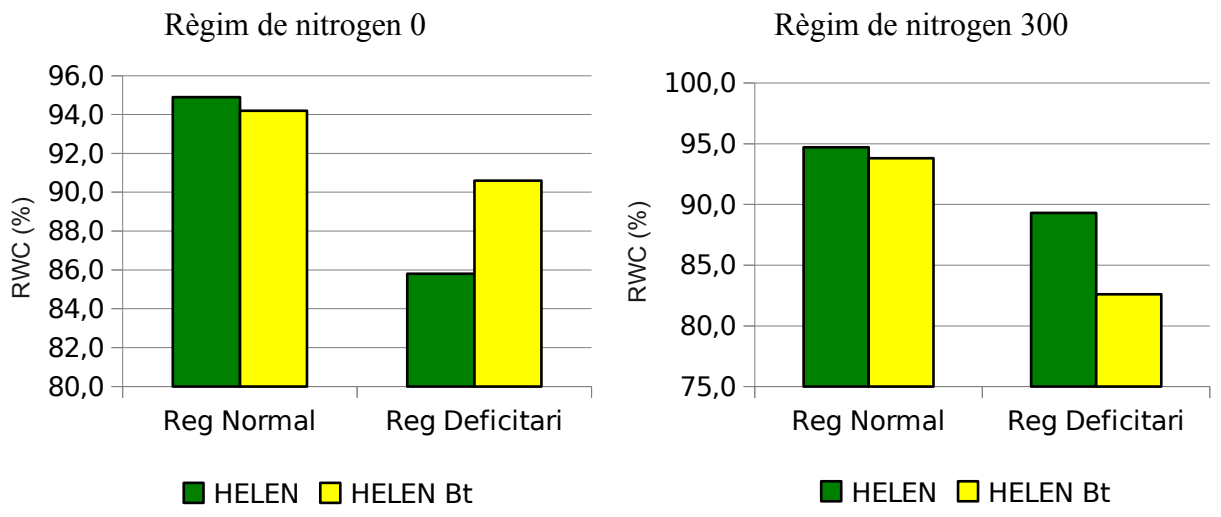
Una altra observació general que es fa palesa en les dades obtingudes és que entre la primera i la segona avaluació, el contingut relatiu d'aigua de totes les parcel·les es va veure reduït. Aquest fet es pot deure a condicions climàtiques (augment de les temperatures, reducció de les precipitacions, etc.), com també al fet que la floració de les plantes requereix un major consum d'aigua, reduint, així, l'RWC general de la planta. En canvi, entre la segona i la tercera avaluació, les diferències entre les parcel·les de reg normal són pràcticament nul·les, mentre que les que estaven sotmeses a reg mixt o deficitari van patir mancances hídriques superiors.

En la primera avaluació (6 de juliol) del contingut relatiu d'aigua, tal i com mostra la *gràfica 5-1*, SANCIA, en règim de nitrogen 0, presentava un major estrès hídric davant de BELES SUR, tant amb reg deficitari com amb reg normal. En canvi, en les parcel·les amb règim de nitrogen 300, la diferència amb reg deficitari entre ambdues varietats era pràcticament nul·la, però amb reg normal, SANCIA presentava una millor adaptació que no pas BELES SUR.



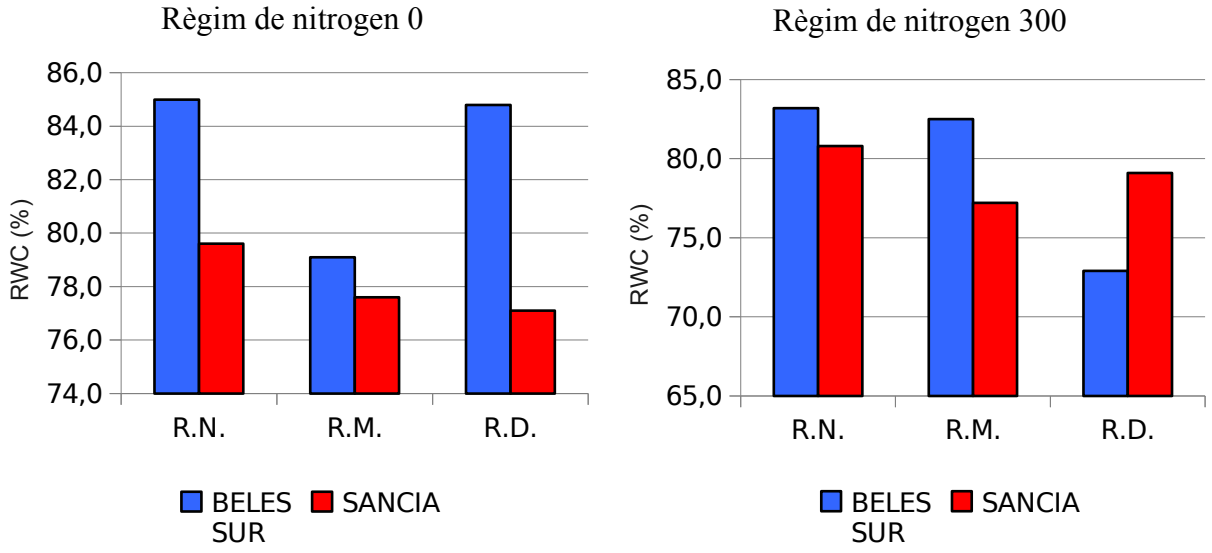
Gràfica 5-1. *Comparativa de règim hídric entre BELES SUR i SANCIA a dia 6 de juliol.*

Pel que fa a les altres dues varietats isogèniques, tal i com mostra la *gràfica 5-2*, en règim de nitrogen 0 i amb reg deficitari, HELEN presentava un major estrès hídric, a diferència del que mostren les dades de les parcel·les amb reg normal, que indiquen que HELEN Bt patia més mancança hídrica que no pas HELEN, tot i que la diferència és inapreciable. Per contra, en règim de nitrogen 300, HELEN Bt presentava un major estrès hídric, tant amb reg normal com amb reg deficitari, malgrat que, com amb el règim de nitrogen 0, la diferència entre les dues varietats amb reg normal era molt baixa.



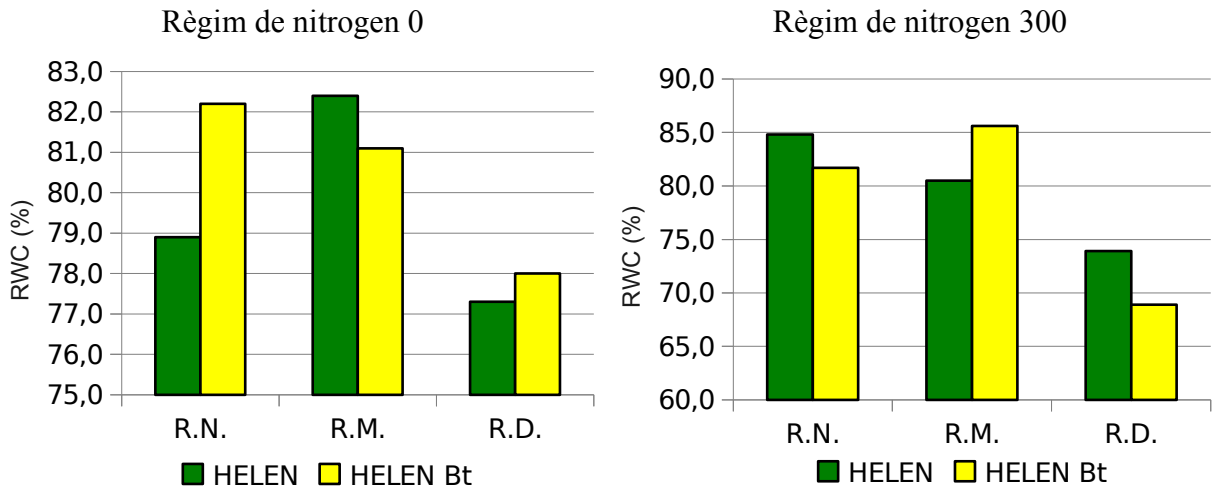
Gràfica 5-2. *Comparativa de règim hídric entre HELEN i HELEN Bt a dia 6 de juliol.*

En la segona avaluació (20 de juliol) del contingut relatiu d'aigua ja es va començar a induir estrès hídric a les parcel·les de reg mixt (és per aquest motiu que en les gràfiques anteriors aquesta tècnica no hi figura). Com es pot veure en la *gràfica 5-3*, SANCIA, en règim de nitrogen 0, presentava altra vegada un major estrès hídric davant de BELES SUR, tant amb reg normal com amb reg mixt i deficitari. En canvi, en les parcel·les amb règim de nitrogen 300, SANCIA seguia presentant major estrès hídric en les estratègies de reg normal i mixta, però amb reg deficitari, BELES SUR mostrava un menor contingut relatiu d'aigua respecte a SANCIA.



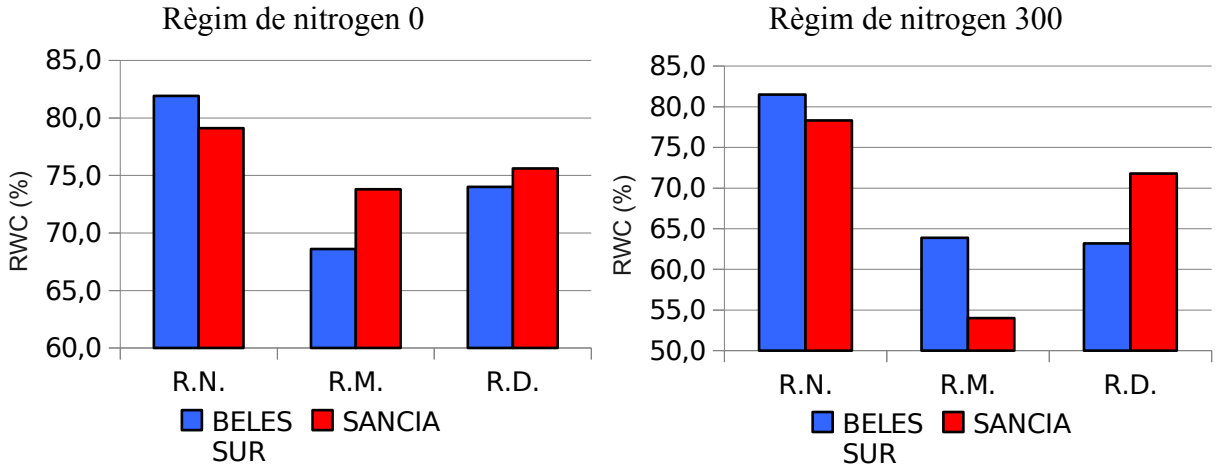
Gràfica 5-3. *Comparativa de règim hídric entre BELES SUR i SANCIA a dia 20 de juliol.*

Amb relació a HELEN i HELEN BT, tal i com mostra la *gràfica 5-4*, en règim de nitrogen 0, la varietat convencional reaccionava negativament amb reg normal i deficitari, tot i que, amb reg mixt, el contingut relatiu d'aquesta superava el de la varietat transgènica. En canvi, en règim de nitrogen 300, HELEN presentava una major adaptació a l'estrès hídric, obtenint, amb reg deficitari, un RWC superior al de la seva varietat isogènica. La varietat transgènica també presentava un major estrès hídric amb reg normal, a diferència del reg mixt, amb què HELEN Bt tenia un RWC superior.



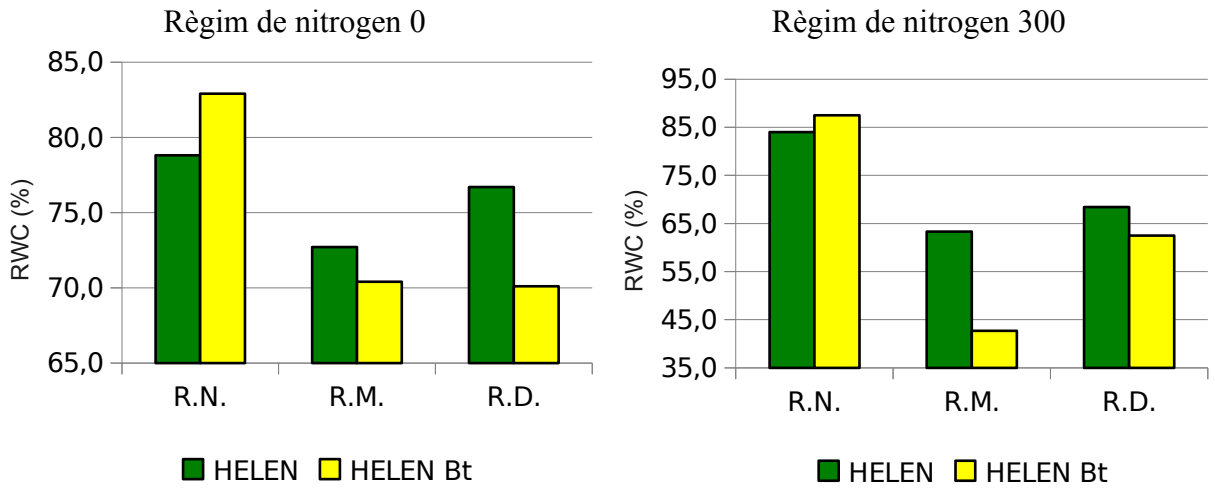
Gràfica 5-4. *Comparativa de règim hídric entre HELEN i HELEN Bt a dia 20 de juliol.*

En la tercera avaluació (6 d'agost), com mostra la *gràfica 5-5*, BELES SUR, en mancança de nitrogen, patia un major estrès hídric davant la seva isogènica convencional, tant amb l'estratègia de reg mixt com amb la de reg deficitari. Tanmateix, amb reg normal, aquesta varietat transgènica es trobava en millor estat hídric. De la mateixa manera, en les parcel·les amb subministrament de nitrogen i amb reg normal, BELES SUR es trobava amb un contingut relatiu d'aigua superior al de SANCIA. A més, a diferència de les dades obtingudes amb règim de nitrogen 0, amb reg mixt, BELES SUR també mostrava una millor adaptació hídrica respecte a la seva isogènica convencional, tot i que, amb reg deficitari, la varietat transgènica presentava un major estrès hídric.



Gràfica 5-5. *Comparativa de règim hídric entre BELES SUR i SANCIA a dia 6 d'agost.*

Pel que fa als RWC de HELEN i HELEN BT, tal i com mostra la *gràfica 5-6*, en règim de nitrogen 0, la varietat transgènica reaccionava negativament amb reg mixt i deficitari, tot i que, amb reg normal, el contingut relatiu d'aquesta superava el de la varietat convencional. De la mateixa manera, en règim de nitrogen 300, HELEN Bt presentava una pitjor adaptació a l'estrès hídric, obtenint, amb reg deficitari, un valor de contingut d'aigua inferior al de la seva varietat isogènica. A més, HELEN Bt també presentava un contingut relatiu d'aigua inferior al de HELEN amb règim hídric mixt, donant un valor molt baix. En canvi, amb una estratègia de reg normal, la varietat transgènica es trobava amb un contingut relatiu d'aigua superior al de la varietat convencional.



Gràfica 5-6. *Comparativa de règim hídric entre HELEN i HELEN Bt a dia 6 d'agost.*

Tot i que no es van detectar diferències significatives en el contrast entre varietats transgèniques i les seves isogèniques convencionals, és interessant destacar que hi havia casos en què l'RWC de les parcel·les amb reg deficitari era pràcticament igual al de les que tenien una estratègia de reg normal, tal i com va passar, per exemple, en la segona avaluació en règim de nitrogen 0 amb BELES SUR. A més, també cal destacar que hi havia parcel·les amb dèficit de nitrogen que mostraven continguts hídrics superiors als de les parcel·les homogènies amb adobat normal, tal i com passà amb BELES SUR en la segona avaluació pel que fa al reg normal i al deficitari. Aquests resultats són del tot inesperats, ja que amb una millor aportació nutritiva s'espera que hi ha hagi un desenvolupament radicular superior que faciliti la captació d'aigua per part de la planta.

Pel que fa a les comparacions entre varietats transgèniques i convencionals, tampoc es van detectar diferències significatives. Ara bé, tal i com mostra la *taula 5-1*, en condicions de reg deficitari i adobat normal, les varietats convencionals presentaven un contingut relatiu d'aigua superior. Per altra banda, en condicions de reg normal i adobat deficitari, tot i que en la primera avaluació la diferència entre varietats era pràcticament nul·la, en les dues restants, les varietats convencionals van obtenir uns resultats d'RWC inferiors als de les varietats transgèniques. De fet, en condicions de reg normal, tot i que en les primeres etapes del desenvolupament de les plantes les convencionals poguessin arribar a donar valors hídrics més alts, a mesura que anava avançant el cicle vital del blat de moro, les varietats transgèniques mantenien unes mitjanes hídriques superiors a les de les varietats convencionals i cada cop més distanciades.

	Tipus de varietats	6 de jul.		20 de jul.			6 d'ag.		
		Reg normal	Reg deficitari	Reg normal	Reg mixt	Reg deficitari	Reg normal	Reg mixt	Reg deficitari
Adobat normal	Transgèniques	89'65	83'82	82'43	84'09	70'94	84'52	53'26	62'83
	Convencionals	92'95	87'52	82'79	78'85	76'5	81'17	58'63	70'1
Adobat deficitari	Transgèniques	93'8	91'01	83'62	80'06	81'38	82'38	69'48	72'05
	Convencionals	93'05	86'73	79'25	79'98	77'22	78'98	73'27	76'15

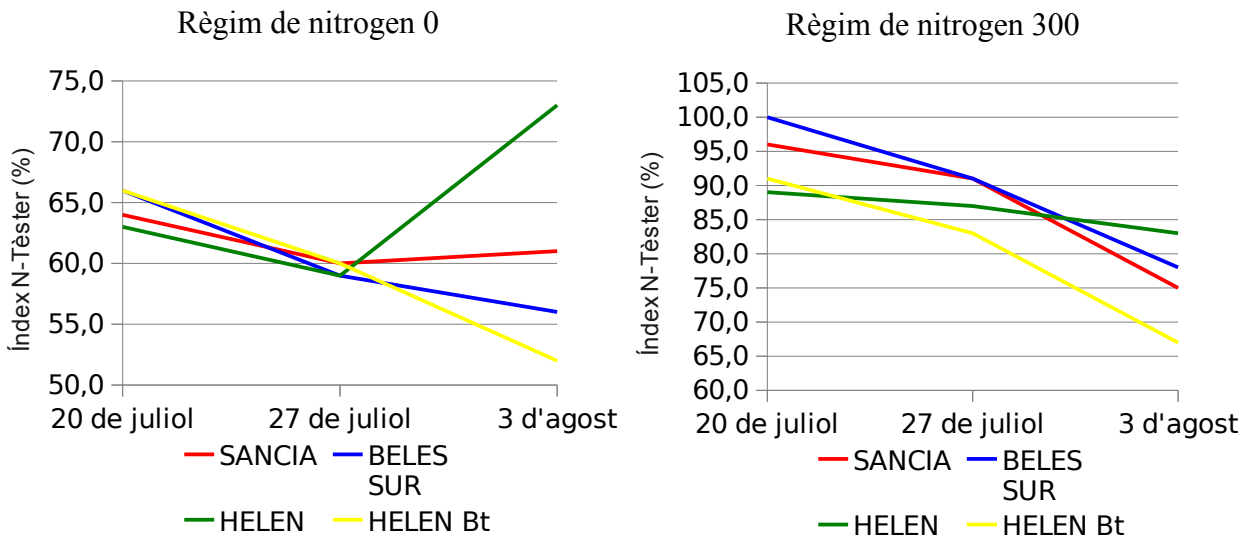
Taula 5-1. *Comparativa entre varietats transgèniques i varietats convencionals a partir de les mitjanes calculades entre les dades de varietats iguals (HELEN Bt i BELES SUR; HELEN i SANCIA).*

5.3.2. Índex N-Tèster

Mitjançant les mesures fetes amb la metodologia N-Tèster, es pot conèixer quin va ser l'efecte induït pels dos tipus de fertilització nitrogenada establerts. Com que el cromatisme verd característic de les fulles, a més d'estar relacionat amb la concentració de nitrogen, és un fet de caràcter genètic, les mesures preses només tenen sentit si es comparen les dades entre varietats isogèniques.

Tal i com mostra la *gràfica 5-7*, la tendència general de l'índex N-Tèster de les diverses varietats de blat de moro era anar disminuint a mesura que s'anava desenvolupant el cicle vital de la planta. Aquest fet es deu a que les mancances nutricionals s'accentuen amb el temps, ja que les extraccions de nitrogen del sòl s'incrementen. A més, les plantes experimenten canvis a nivell fisiològic, tot reduint la capacitat fotosintètica i, per tant, la concentració de clorofil·la de les fulles.

Com era d'esperar, també trobem que en condicions de dèficit de nitrogen, les diverses varietats de blat de moro presentaven major estrès nutricional respecte a les parcel·les amb un adobat normal.



Gràfica 5-7. *Comparativa de l'evolució en el temps de l'índex N-Tèster entre les quatre varietats de blat de moro amb adobat deficitari i normal.*

Trobem, però, trets característics inesperats. En règim de nitrogen 0, les varietats convencionals (SANCIA i HELEN) van experimentar un increment en la seva concentració de nitrogen, sobretot HELEN, assolint un índex superior a l'inicial. Aquest fet es pot deure a un error en l'obtenció de dades o bé a un tret característic diferencial d'aquestes varietats. Per tant, les varietats que més patiren l'estrès nutricional foren les transgèniques. En règim de nitrogen 300, la tendència de totes les varietats era l'esperada: una reducció de l'índex N-Tèster amb el temps. Cal destacar, però, que les varietats transgèniques, com en règim de nitrogen 0, van ser les que més deficiència nutricional presentaven, sent la varietat HELEN la que menys estrès va patir, mantenint-se força estable durant tot el cicle. El fet que les varietats transgèniques experimentessin un major estrès de nitrogen pot ser degut a que aquestes requerien una major aportació d'energia en general, com també de nitrogen, aigua, entre d'altres, per dur a terme la síntesi de la proteïna *Bt* durant tot el cicle.

6. Conclusions

Tot aquest treball de recerca, tant la part teòrica com la part pràctica, ha anat lligat i destinat a respondre els tres objectius plantejats inicialment en la introducció. Així, doncs, un cop assolit el cos del treball, responc, basant-me en l'escrit, els objectius.

1) L'afirmació "els transgènics són perjudicials per la salut humana" resulta realment tendenciosa. Tot i que el treball no ha anat enfocat en la direcció sanitària, bé puc dir que és una falsa afirmació per una senzilla raó: hi ha transgènics que poden ser perjudicials, sí, però n'hi ha que no ho són (el mateix passa amb qualsevol altre producte). Per tant, renunciant a la superficialitat, cal estudiar cada transgènic de manera individual, ja que les incorporacions de transgens, les tècniques amb què s'hagin fet, etc., no seran iguals i, així, doncs, tampoc ho seran les seves conseqüències i repercussions; llavors toca destriar aquells que ens són innocus d'aquells que tenen efectes negatius sobre la salut (i engegar una normativa que els prohibeixi, si és que estaven permesos).
2) Per avaluar la informació que hi ha actualment sobre el món dels transgènics he emprat dos punts de vista: el meu, arran la recerca d'informació durant l'elaboració del treball, i el dels enquestats en l'apartat *4.4.3. La percepció del meu entorn social sobre els transgènics*. Des del meu punt de vista, la informació que se'ns ofereix és pràcticament nul·la, doncs m'he adonat que, d'aquest tema, ben poca cosa en sabia abans d'emprendre la recerca. Això es deu a que, per una banda, malgrat ser un tema que ha originat tot un debat (que segueix vigent) ètic, sanitari, ecològic, etc., no es potencia la informació sinó el sensacionalisme del tema. I, per altra banda, la informació que circula sobre els OGMs és totalment difosa i, sovint, contradictòria, doncs et pots trobar incoherències en comparar dues fonts que parlen exactament del mateix. Aquest fet és degut al grau d'imparcialitat que apareix en el debat a causa de la subjectivitat individual que permet el tema. Des del punt de vista dels enquestats, el 92% considera que la informació és insuficient, davant d'un 8% de persones que consideren el contrari. Així, doncs, l'enquesta fa palesa aquesta manca d'informació que he pogut apreciar en la cerca d'informació objectiva per l'elaboració del treball.
   Pel que fa al coneixement que la gent en té, em remeto exclusivament a l'enquesta. Un 6% dels enquestats no saben què és un transgènic (arribant a confondre'l amb un organisme generat a partir de l'encreuament entre dos progenitors mitjançant mètodes reproductius naturals). A aquesta xifra cal sumar-hi un 21% més d'enquestats, ja que estableixen l'equívoca relació entre *transgènic* i *planta*, considerant que un transgènic és una planta a la qual s'han modificat els gens. Nogensmenys, el 73% dels enquestats respon correctament a la pregunta. Per tant, un 73% sap què és un transgènic, suposant una clara majoria, tot i que un 27% no saben o confonen el concepte *transgènic*, sent aquesta una xifra força elevada tractant-se d'un tema que, com deia anteriorment, té el debat sobre la taula actualment (així, doncs, s'evidencia que quelcom en la propagació de la informació, falla).
   Amb relació a la percepció social que es té dels transgènics, pel que fa a la meva part de recerca, s'ha fet palès (en el sentit que m'ha costat trobar informació objectiva i haver de destriar frases d'entre grapats de paràgrafs que es contradeien) que no estan ben vistos, ja que fins i tot la informació, que hauria de ser objectiva i científica, es veu influenciada pels diversos arguments de caire social i ètic. Basant-me en les dades de l'enquesta, he de

ressaltar el 39% dels enquestats que opina que la coexistència entre cultius transgènics i no-transgènics és impossible (i, per tant, que s'hauria de remeiar); el 46% de les respostes a la pregunta quatre que afirma que els cultius transgènics són un atac als ecosistemes i a la biodiversitat; el 56% de respostes que atorguen la responsabilitat, de manera negativa, als transgènics al fet que cada vegada hi hagi més hectàrees de cultiu GM, ja sigui per la impossible coexistència, la persuasió de les grans multinacionals, etc.; el 43% dels enquestats que afirmen ser partidaris de consumir productes no-transgènics; i la dada que pren més rellevància en la resposta d'aquest objectiu: el 56% dels enquestats que considera que els transgènics s'haurien de prohibir. Per tant, queda palès que la percepció social que es té sobre els transgènics, arran tot el debat que han originat, és més aviat negativa.

3) Quant a l'adaptació diferencial del blat de moro davant de la inducció d'estressos hídrics i nutricionals a nivell de nitrogen, no s'han detectat diferències significatives entre varietats transgèniques derivades de l'event MON810 i les seves varietats isogèniques convencionals. Tanmateix, cal destacar que les xifres indiquen que, per lleugera que fos, en condicions de reg deficitari i adobat normal, les varietats convencionals SANCIA i HELEN presentaven una adaptació diferencial, ja que mostraven un contingut relatiu d'aigua superior. Per altra banda, cal remarcar que les varietats transgèniques BELES SUR i HELEN Bt en condicions de reg normal, tot i que a l'inici mostressin un RWC inferior al de les seves isogèniques convencionals, al final del cicle es van posicionar per sobre, mantenint un millor contingut relatiu d'aigua i, per tant, establint una millor adaptació a l'estrès hídric.
   Pel que fa a l'índex N-Tèster, cal destacar que les varietats transgèniques al final del cicle es van veure més ressentides per les mancances nutricionals que no pas les seves isogèniques convencionals. Sobretot, cal ressaltar la diferència experimentada entre les varietats HELEN i HELEN Bt amb adobat normal, que malgrat tenir un índex N-Tèster semblant en la primera avaluació, la varietat convencional es va anar mantenint al llarg de tot el cicle, mentre que la varietat transgènica va experimentar un forçós descens en el seu contingut de nitrogen, establint, en la tercera avaluació, un 16% de diferència entre ambdues quant a l'índex N-Tèster.

Amb això, per tant, queden resolts tots els objectius plantejats, malgrat no haver detectat diferències importants en l'adaptació diferencial entre transgènics i els seus isogènics davant d'estressos hídrics i nutricionals, fet que hagués marcat que les conclusions de l'apartat pràctic fossin més determinants.

Una recomanació per un treball que segueixi la mateixa línia però que exigeixi major contingut és avaluar l'adaptació diferencial de varietats transgèniques i les seves isogèniques convencionals contemplant no només els estressos nutricionals i hídrics, sinó també la humitat del sol mitjançant sondes, la presència de barrinadors i de fongs en les diferents parcel·les, la mida assolida per les plantes davant d'aquestes pressions, el moment de floració, l'estudi de les panotxes de cada parcel·la (nombre de files de grans, per exemple) i la producció final de gra per a cada varietat. Amb totes aquestes variables és possible determinar diferències molt més acurades entre varietats transgèniques i varietats convencionals.

Per altra banda, arran de l'elaboració del treball i la resolució dels objectius, m'agradaria estudiar la coexistència entre cultius de blat de moro transgènic i cultius convencionals i/o ecològics, tot contemplant diverses tècniques que permetessin o ajudessin a que la pol·linització creuada fos nul·la o, si més no, mínima, establint distàncies entre cultius, varietats i temps de sembra, etc.

7. Agraïments

Primer de tot, m'agradaria agrair a l'Àngels la paciència que ha tingut per anar-me corregint totes les parts del treball durant la seva elaboració, i haver-ho hagut de fer davant la pantalla de l'ordinador malgrat estar de baixa. També per totes les recomanacions i respostes als correus que li enviava per tal de millorar el contingut del treball.

No em puc pas oblidar de tota la gent d'IRTA que m'ha ajudat des que m'hi vaig posar en contacte. La Quima, per haver estat la primera en tenir la paciència d'atendre'm al centre de Cabrils, haver-me proporcionat informació i el contacte necessari amb la gent d'IRTA-Mas Badia; en Joan, per haver estat el primer en rebre'm a la Tallada d'Empordà i haver-me marcat les pautes que podria seguir per fer la recerca pràctica, així com tota l'ajuda que m'ha confiat en tot moment; tota la gent d'IRTA-Mas Badia que durant l'estiu em va ajudar amb la presa de dades i es va interessar i em va donar suport amb el projecte; i a qui més he d'agrair, a la Gemma, per haver tingut l'amabilitat de passar-me a recollir amb cotxe per l'estació de Flaçà els dies que pujava a Mas Badia, per haver-me guiat durant el treball de camp, per haver tingut la paciència de fer-me totes les explicacions didàctiques sobre transgènics, blat de moro, ecosistemes..., per haver-me ajudat amb les dades, per haver-me seguit ajudant via internet les vegades que ho he necessitat a posteriori... vaja, per tot! Moltes mercès, Gemma!!!

També agrair a tota la gent que ha participat en la resposta d'algun tipus de pregunta per a l'elaboració d'aquest treball, és a dir, els 171 companys i companyes que m'han respost l'enquesta, així com en Josep Pàmies, en Miquel Vallmitjana i en David Bueno, que es van prendre les molèsties de respondre'm les entrevistes!

I finalment, i no menys important, donar les gràcies a la meva família i als meus amics, per aguantar-me tothora en general, però per haver-me aguantat aquest darrer any durant el qual m'he fet tant i tant pesat xerrant i discutint sobre transgènics (i tot el que se n'ha derivat)! I, especialment, a la Marta, per haver-me criticat el treball (de manera constructiva, és clar) des del punt de vista d'una estudiant de biblioteconomia (o *bibliotecomania*), i a en Jaume, per haver-me ajudat amb el disseny de la portada!

Gràcies a tots per haver-me ajudat tant! Moltíssimes mercès!!!

8. Bibliografia

- Enllaços web:
http://www.monografias.com/trabajos5/ingen/ingen.shtml#intro (17/08/2009)

http://www.enciclopedia.cat/fitxa_v2.jsp?NDCHEC=0185934 (17/08/2009)

http://en.wikipedia.org/wiki/Genetic_engineering (17/08/2009)

http://online.sfsu.edu/~rone/GEessays/gedanger.htm#Technical (17/08/2009)

http://www.biotech.bioetica.org/clase2-3.htm (04/09/2009)

http://es.wikipedia.org/wiki/Electroforesis_en_gel (04/09/2009)

http://biomodel.uah.es/biomodel-misc/anim/elfo/electrof2.html (04/09/2009)

http://library.thinkquest.org/C004367/be9.shtml (04/10/2009)

http://www.porquebiotecnologia.com.ar/educacion/cuaderno/ec_28.asp?cuaderno=28 (15/11/2009)

http://www.tecnociencia.es/especiales/transgenicos/ (15/11/2009)

http://people.ucalgary.ca/~browder/transgenic.html (16/12/2009)

http://www.monografias.com/trabajos11/tamau/tamau.shtml (17/12/2009)

http://cls.casa.colostate.edu/CultivosTransgenicos/sp_how.html (17/12/2009)

http://www.xtec.es/~jcarrasc/transgenicas.htm (17/12/2009)

http://www.biotech.bioetica.org/clase2-10.htm (19/12/2009)

http://www.porquebiotecnologia.com.ar/educacion/cuaderno/ec_18.asp?cuaderno=18 (22/12/2009)

http://www.actionbioscience.org/biotech/margawati.html (22/12/2009)

http://www.infoagro.com/semillas_viveros/semillas/biotecnologia.htm (23/12/2009)

http://www.gmo-compass.org/eng/agri_biotechnology/breeding_aims/ (23/12/2009)

http://www.fao.org/kids/es/biotechnology.html (24/12/2009)

http://www.ecologistasenaccion.org/spip.php?article3178 (26/12/2009)

http://www.aesan.msc.es/aesa/web/AesaPageServer?idcontent=5295&idpage=42 (26/12/2009)

http://www.consum.cat/temes_de_consum/alimentstransgenics/index.html (26/12/2009)

http://ec.europa.eu/food/food/biotechnology/index_en.htm (26/12/2009)

http://www.europabio.org/green_biotech/GBE_FAQ.htm (27/12/2009)

http://fundacion-antama.org/ (27/12/2009)

http://www.plantstress.com/Methods/RWC.htm (05/01/2010)

http://www.yara.co.uk/fertilizer/tools_and_services/n_tester/index.aspx (05/01/2010)

- Llibres:

ALI BRAC de la PERRIÈRE, R; JEURET, F. *Plantas transgénicas: la amenaza del siglo XXI*, Tafalla: Editorial Txalaparta, 2002[1a]

ANDERSON, L. *Transgénicos. Ingeniería genética, alimentos, y nuestro medio ambiente*, Madrid: Gaia, proyecto 2050, 2001[1a]

BENÍTEZ, A. *Avances Recientes en Biotecnología Vegetal e Ingeniería Genética de Plantas*, Barcelona: Editorial Reverté, 2005[1a]

BOYENS, I. *Cosecha mortífera*, Barcelona: Flor del viento Ediciones, 2001[1a]

BUENO, D. *Convivint amb transgènics*, Barcelona: Omnis Cellula, 2008[1a]

COLL, J; COUSO, D. [et al.]. *Ciència en context: Ciències per al món contemporani*, Barcelona: Teide, 2008[1a]

COSTA M; BUENO, D. [et al.]. *Conceptes bàsics: Ciències i tecnologia*, Barcelona: Teide, 2008[1a]

COSTA, M; FORMIGA, M. [et al.]. *Biocontext 1: Ciències i tecnologia*, Barcelona: Teide, 2008[1a]

COSTA, M; FORMIGA, M. [et al.]. *Biocontext 2: Ciències i tecnologia*, Barcelona: Teide, 2009[1a]

CUELLO SUBIRANA, J; DOMÍNGUEZ XIMÉNEZ, A. *Àmbit biologia: COU*, Barcelona: Barcanova, 1990[1a]

LAMBRECHT, B. *La guerra de los alimentos transgénicos*, Barcelona: RBA Libros, 2003[1a]

LÓPEZ, J. *¿Qué es un transgénico? (y las madres que lo parieron...)*, Madrid: Equipo Sirius, 2001[1a]

MAYOR ZARAGOZA, F; ALONSO BEDATE, C. [et al.]. *Gen-Ética*, Barcelona: Ariel, 2003[1a]

NOTTINGHAM, S. *Eat Your Genes*, Londres: Zed Books, 2003[2a]

RAMÓN, D. *Els gens que mengem*, Alzira: Edicions Bromera, 1997[1a]

RENNEBERG, R. *Biotecnología para principiantes*, Barcelona: Editorial Reverté, 2008[1a]

RIECHMANN, J. *Argumentos recombinantes. Sobre cultivos y alimentos transgénicos*, Madrid: Los Libros de la Catarata, 1999[1a]

RIFKIN, J. *El siglo de la biotecnología*, Barcelona: Editorial Crítica, 1999[1a]

SERRANO GARCÍA, M. *Biotecnología vegetal*, Madrid: Sintesis Editorial, 2000[1a]

SMITH, J. Semillas Peligrosas*: COU*, Barcelona: Terapias Verdes, 2006[1a]

- Estudis i publicacions:

AGUILAR, M; ORTEGA, J; GUTIÉRREZ, M. [et al.]. "Nuevas variedades de maíz para grano. Campañas 2007 y 2008", *GENVCE*, 2008.

MELÉ, E; MESSEGUER, J; PALAUDELMÀS, M. [et al.]. "Varietats de panís", *Dossier Tècnic* n. 10, febrer 2006.

MESSEGUER, J; MELÉ, E; SALVIA, J. [et al.]. "Sowing and Flowering Delays Can Be an Efficient Strategy to Improve Coexistence of Genetically Modified and Conventional Maize", *Crop Sci*. 48:2404-2413, novembre-desembre 2008.

PALAUDELMÀS, M; MESSEGUER, J; SERRA, J. [et al.]. "Novetats en el conreu de panís", *Dossier Tècnic* n. 27, març 2008.

PEÑAS, G; NADAL, A; MESSEGUER, J. [et al.]. "Noves varietats i nous aspectes en el conreu de panís", *Dossier Tècnic* n. 35, abril 2009.

Annexos

I) Annex 1

- Entrevista amb **Josep Pàmies**, pagès i activista ecologista:

Els transgènics i els seus derivats cada cop estan més arrelats a la nostra societat, ja sigui en els cultius, en els supermercats, etc. Penses que són una bona eina a explotar (i més considerant que el segle XXI és l'era de la biotecnologia)?
Són una eina a investigar però no a estendre en el cultiu de plantes transgèniques pels perills que poden comportar per la salut de les persones i el medi ambient. Cal anar molt en compte i acollir-nos al principi de precaució, ja que estem jugant amb quelcom tan sagrat com és l'alimentació humana. Jo crec més en què l'aliment ha de ser el nostre medicament (tal i com deia Hipòcrates[14]) i no la possibilitat que generi problemes de salut.

Foto 1. *Josep Pàmies, pagès i activista ecologista.*

Malgrat tot, l'oposició als transgènics és una realitat social. Quins creus que són els motius que poden fer que un Estat, com ara el francès, prengui la decisió de prohibir-los?
Les raons no són altres que les d'haver escoltat a científics independents que ja han demostrat en experiments amb rates la possibilitat d'afectacions greus en la salut de les persones i la impossibilitat d'evitar la contaminació via pol·len de cultius convencionals o ecològics.

Creus que fer-ho és una bona solució per evitar qualsevol problema que puguin aportar?
Aplicar el principi de precaució a França, Alemanya i a molts altres països de la UE, no priva que en aquests països se segueixi investigant en confinat amb transgènics.

En el camp de l'agricultura, es parla de la "impossible coexistència" entre cultius transgènics i no-transgènics. Penses que és realment una impossibilitat o els pagesos tenen eines al seu abast per a evitar-ho?
La major part de plantes fan "l'amor lliure" mitjançant el transport de pol·len pel vent. Això ja ha fet que a Catalunya hagi desaparegut el cultiu de panís ecològic per la contaminació de panís transgènic dels voltants. La "súper"-tecnologia transgènica no ha pogut evitar la contaminació. És més , crec que és la seva finalitat: fer perdre la diversitat agrària cultivada per poder tenir el control de les llavors a nivell planetari entre quatre immenses multinacionals.

Per altra banda, també es diu que els cultius transgènics són un atac als ecosistemes i a la biodiversitat. Però tant pels ecosistemes com per la biodiversitat, el cultiu de transgènics suposa el mateix dany que el convencional (o fins i tot menor, considerant la reducció de pesticides, per exemple)?

[14] **Hipòcrates de Cos** fou un metge en l'Antiga Grècia, considerat el *pare de la medicina*. Una de les seves elocucions més conegudes és: "*Que el menjar sigui el teu aliment i l'aliment, la teva medicina*".

On s'han aplicat de manera massiva els transgènics (Argentina, Brasil, EUA, etc.), l'augment de pesticides ha estat brutal i, a més, ha provocat la resistència al cuc del panís en àmplies zones a un insecticida ecològic com el Bacillus thuringiensis per haver estat utilitzat aquest insecticida per modificar genèticament el panís.

Cal tenir en compte que el disseny dels transgènics està dirigit al consum de pesticides de la pròpia multinacional que genera el transgènic. Per exemple, panís i soja resistents a l'herbicida total Roundup, essent només resistents a l'herbicida que la pròpia multinacional fabrica. A l'Argentina s'ha multiplicat per deu el consum d'aquest perillós herbicida i, a més a més, ja ha provocat resistències en males herbes que ara es faran molt difícils de controlar.

Quins consideres que són els motius que han fet que a Catalunya, durant l'any 2009, el cultiu de blat de moro transgènic hagi estat el 51'15% del total (20.111 ha OGM)? Creus que l'actual crisi financera hi ha tingut alguna relació?
No, el que hi ha tingut a veure és la poca vergonya i cinisme del nostre Govern, que per un costat s'omple la boca dient que fomenta el cultiu ecològic i per l'altre ha fet impossible que es pugui cultivar de forma ecològica.

Aquest i anteriors governs només es mouen que per interessos econòmics, i si la gran indústria agroalimentària vol transgènics per augmentar els seus beneficis, a creure que qui paga, mana.

L'aparició dels transgènics en l'agricultura es va donar, sobretot, mercès a la Revolució Verda. Tot i haver suposat un canvi favorable per adaptar l'agricultura a l'època de la globalització actual, també ha tingut efectes negatius que no s'havien previst. Creus que algun dia es produirà una Segona Revolució Verda? I què penses que s'hauria de tenir en compte respecte a la Primera per no caure en errors o evitar-los en tant que sigui possible?
Els qui hem patit la Revolució Verda no volem col·laborar a que els transgènics siguin la fase final d'aquesta Revolució on la desaparició de pagesos de forma total seria una desgràcia per la Societat.

L'autèntica Revolució Verda és la que està per fer; cal retornar a respectar la naturalesa i a aprendre'n d'ella. Però investigar els poders de la natura per gaudir dels seus beneficis no és negoci patentable per la indústria farmacèutica que controla el món.

Cal una investigació neta i no corrupta; cal una investigació en benefici del poble, i no de quatre "illuminatis" que dominen el món. Cal pensar en alimentar el món produint aliments que aportin salut i no malaltia. I amb la tecnologia neta actual existent podem fer meravelles.

En el camp de l'alimentació, la informació que arriba als consumidors és molt confusa. Tant es pot sentir que els productes transgènics són més segurs que la resta perquè passen proves més rigoroses com que desconeixem els efectes que tenen sobre la salut humana i realment poden ser molt perjudicials. Quin enfocament hi dónes?
En primer lloc, els productes transgènics no passen cap prova com la pot passar qualsevol medicament. Malgrat tot, molts medicaments són retirats al cap d'uns anys per haver provocat més problemes que no pas els que volien solucionar. Això vol dir que investigacions "serioses" sobre nous medicaments se'n van per terra al cap de poc temps. Què passarà amb els transgènics, que són autoritzats sense ni tan sols aquests estudis "rigorosos" de deu anys de proves? Passarà el que diuen molts científics independents: que els humans estem fent de conillets d'índies sense saber-ho, perquè en ratolins ja s'ha demostrat la seva toxicitat.

La Societat necessita saber què menja, i l'etiquetatge hauria de ser molt clar en aquest sentit i no com ara, que quasi cap producte transgènic (i sobretot carns i lactis produïts amb pinso transgènic) és etiquetat.

Els científics partidaris dels transgènics s'haurien de sotmetre a experiments obligatoris: ells i les seves famílies a només menjar productes transgènics durant deu anys i després poder fer l'avaluació de com els ha anat. Però resulta que a Anglaterra, al menjador de l'empresa Monsanto, els seus treballadors han decidit que no volen menjar transgènics.

Com creus que afecten els transgènics als països menys desenvolupats?
Els causa la pèrdua de la seva biodiversitat, perdent per contaminació les seves llavors autòctones que podrien reproduir de forma gratuïta ells mateixos i que provoca, com és el cas de l'Índia, de 15.000 a 20.000 suïcidis a l'any de pagesos[15] *que es troben acorralats pels alts preus de les llavors transgèniques i pesticides que les acompanyen, per no tenir recursos suficients per pagar a la Màfia Farmacèutica que els ven les llavors i els pesticides.*

- Entrevista amb **Miquel Vallmitjana**, doctorat en biotecnologia i investigador de la UAB:

Els transgènics i els seus derivats cada cop estan més arrelats a la nostra societat, ja sigui en els cultius, en els supermercats, etc. Penses que són una bona eina a explotar (i més considerant que el segle XXI és l'era de la biotecnologia)?
El segle XXI és el segle de la fi del petroli barat. Els propers 20 anys seran molt diferents dels darrers 20 anys. Els principals problemes que patirà la humanitat seran d'alimentació -perquè tenim una alimentació molt dependent del petroli, fruit de la perversa "Revolució Verda" (una meravellosa revolució que va inundar els mercats de menjar; però era un menjar emmetzinat, perquè un cop sense petroli, què fem? A banda de l'emmetzinament real que ha suposat l'us de pesticides, fruit de la Revolució Verda)-. Per a resoldre aquests problemes més val no fer invents sinó fer servir les solucions que hi ha actualment. Recomano per a reflexionar sobre les solucions aquest paràgraf que hi a a la web:
http://www.moviments.net/ilp/tiki-index.php?page=Cientifics
Nom de l'arxiu: badgley_et_al_07.pdf
(http://www.fileupyours.com/view/254593/cientifics/socioeconomic/badgely_et_al_07.pdf)
Títol: Organic agriculture and the global food suply
Autor: Badgley et al
Any: 2007

Article recomanat per l'Eric Holt a les jornades de Crisi alimentària celebrades dissabte 29 a Barcelona. És un estudi de la universitat de Michigan que, fent una revisió dels resultats de la producció ecològica, planteja (http://www.umich.edu/Es/news/07/pr05935.php) que l'agricultura orgànica podria alimentar totalment la població mundial actual, fins i tot en les hipòtesis menys productives. No obstant això, he trobat un altre article que en fa una crítica:
http://www.fileupyours.com/view/254593/cientifics/socioeconomic/connor08_replica_a_badley.pdf

Actualment, s'estan morint més de 20.000 persones de gana cada dia. La majoria dels afectats per la gana són pagesos. I el que els mata de gana és el fet que els treguin la capacitat de produir (per a substituir les seves terres per monocultius -soja, palma,...-), o perquè són

[15] S'han registrat dades que indiquen un alt nombre de suïcidis en països com l'Índia per part de pagesos. El moviment antitransgènic especula que els cultius transgènics en són la causa.

esclaus del cafè, cacau, te... Molts d'ells malviuen als barris de faveles de grans metròpolis on hi han anat quan els han fet fora del camp.

La biotecnologia aplicada a l'alimentació, a més, no té en compte, en general, la realitat social afectada. Promou les llavors patentables en comptes de llavors en mans dels pagesos; promou monopolis en comptes de diversificar l'economia agrària; promou l'us de petroli en comptes de l'agricultura sostenible. Val a dir que qualsevol promesa de la biotecnologia ha de passar encara pel filtre de la salubritat i el respecte al medi ambient, i això, a més de ser lent -poden passar molts anys-, és un aspecte que no es vol afrontar des dels sectors que defensen els OGMs -consideren a priori que són innocus fins que no es demostri el contrari, i obvien casos reals on ha aparegut algun problema.

Malgrat tot, l'oposició als transgènics és una realitat social. Quins creus que són els motius que poden fer que un Estat, com ara el francès, prengui la decisió de prohibir-los?
Els motius pels quals un estat com el francès decideix prohibir-los són molt diversos. Pot ser perquè la població no els vol i, per tant, es cerquen excuses per a prohibir-los; pot ser que alguns investigadors responsables d'avaluar l'únic transgènic autoritzat per la UE per plantar-se a Europa hagin alertat de problemes i, per tant, el govern, responsable, l'hagi prohibit -val a dir que l'organisme encarregat de la seva autorització, l'EFSA, replica aquests informes dient que no són justificació de la seva prohibició; i també val a dir que el darrer informe que recomana prohibir el MON810 (juntament amb dues altres varietats de panís que actualment s'importen) no ha estat encara rebatut per l'EFSA-.

També hi ha motius de protegir la indústria agrícola local -ja que totes les patents són americanes (Monsanto (88%) i 2 més)-. Prohibint els OGMs es té una excusa davant la perversa OMC[16] per a protegir els mercats locals. És possible que alguns països prohibeixin els OGMs per a protegir el mercat d'exportació. Per a evitar un boicot dels consumidors vers els productes d'aquest país, perquè hi ha el risc que es contamini el seu producte.

Crec que hi ha motius ambientals eximits per Alemanya. Per a protegir espècies afectades pel panís Bt.

Creus que fer-ho és una bona solució per evitar qualsevol problema que puguin aportar?
Aquestes mesures ajuden a treballar per a una agricultura més sostenible. No obstant això, normalment no es fan prou passos per assolir aquest objectiu.

Crec que és important avisar que la legislació europea prohibeix prohibir tots els OGMs, així que les clàusules de salvaguarda que ha presentat, per exemple, França, afecten només a un únic transgènic (MON810). Val a dir que els mitjans de comunicació no informen prou bé que això només afecta a aquest OGM. Per altra banda, les regions lliures d'OGMs afecten a tots els transgènics però no tenen validesa legal -tot i que es generen moviments socials que promouen que aquesta prohibició es faci real-.

En el camp de l'agricultura, es parla de la "impossible coexistència" entre cultius transgènics i no-transgènics. Penses que és realment una impossibilitat o els pagesos tenen eines al seu abast per a evitar-ho?
A Europa tenim una obligació d'etiquetatge. En base a aquesta obligació es genera una despesa de seguiment de la traçabilitat enorme. Si ens creiem aquest etiquetatge, els OGMs només són rendibles, globalment, si tot és transgènic o si hi ha regions sense OGMs. Val a dir que, com que la traçabilitat està externalitzada del cost de la llavor transgènica, el resultat final és que la

[16] **Organització Mundial del Comerç** (OMC).

societat surt perdent de la introducció dels OGMs. Per altra banda, si s'obligués a la Monsanto i companyia de pagar aquest sobrecost de la traçabilitat, se'ns acabarien els problemes, perquè desapareixerien els OGMs. Segurament, l'OMC prohibiria imposar aquest sobrecost a la Monsanto.

Un ambient sense etiquetatge tampoc és millor. Per una banda, perquè els consumidors que ho rebutgem estem indefensos; però per altra banda, es genera una tensió al camp per part dels cercadors de gens (que vetllen pels drets d'autor de les llavors) que segurament acabarà amb tot OGM.

Per altra banda, també es diu que els cultius transgènics són un atac als ecosistemes i a la biodiversitat. Però tant pels ecosistemes com per la biodiversitat, el cultiu de transgènics suposa el mateix dany que el convencional (o fins i tot menor, considerant la reducció de pesticides, per exemple)?
No, el dany és més gran perquè, per una banda, s'augmenta l'ús de pesticides (és el cas dels OGMs resistents a herbicida), i, per l'altra, els OGMs-Bt són plantes pesticides i poden augmentar el risc d'afectar a fauna silvestre.

En el cas del Bt, a més, hi ha el risc afegit que és una resistència natural i, per tant, pel fet que s'està generant una pressió selectiva molt gran, si apareixen plagues resistents a Bt, aquestes poden afectar els ecosistemes que haurien perdut una peça de regulació.

Per altra banda, afecten l'agrobiodiversitat -per imposar-se al territori (coexistència o punt anterior)- i per l'empobriment dels pagesos que fins ara protegien les llavors (monocultius de palma i de soia).

Val a dir que els OGMs no han co-evolucionat amb el seu entorn natural, i això pot suposar problemes imprevistos.

Un altre exemple de l'augment dels pesticides pels OGMs està al vídeo El món segons Monsanto, on es veu com a l'Índia, pel fet de fer servir cotó Bt, s'està generant l'aparició d'una plaga que fins ara no afectava al cotó. Tal com es diu en el vídeo Tranxenia: "una cosa és lliurar-se d'una plaga amb l'OGM Bt, però la natura ocupa els nínxols buits i, per tant, s'obre la porta a l'entrada d'una nova plaga".

Finalment, pel fet de la "impossible coexistència", i de la imposició de l'agricultura industrialitzada i biotecnològica sobre les alternatives agrícoles al model insostenible actual, afecta al medi ambient perquè es redueix l'agricultura sostenible i ecològica, i això significa més pesticides i menys sostenibilitat.

Quins consideres que són els motius que han fet que a Catalunya, durant l'any 2009, el cultiu de blat de moro transgènic hagi estat el 51'15% del total (20.111 ha OGM)? Creus que l'actual crisi financera hi ha tingut alguna relació?
L'any passat, el % d'OGMs ja va ser semblant. Segurament s'ha arribat al límit normal de creixement d'aquest tipus de llavors. També, segurament anirà reduint-se lentament a mesura que més pagesos decideixin trencar amb les cadenes de la Monsanto.

La crisi afecta als pagesos amb o sense OGMs. L'alternativa, l'agricultura sostenible, requereix per a ser viable un pacte amb els consumidors, i cal anar avançant per a que es vagi estenent, però no és només tasca dels pagesos; tots ens hi hem de posar. El pacte és necessari perquè actualment encara no estem en un preu de petroli que impossibiliti l'agricultura

insostenible, i, per tant, els consumidors responsables hem d'acceptar promoure aquesta agricultura pagant per sobre del preu que els "supermercats" ens venen com el preu de mercat. La cultura dels supermercats és la responsable que es planti al camp el que es planta; i també és responsable que els consumidors consumeixin allò que consumeixen. Per a més informació: supermercatsnogracies.wordpress.com

L'aparició dels transgènics en l'agricultura es va donar, sobretot, mercès a la Revolució Verda. Tot i haver suposat un canvi favorable per adaptar l'agricultura a l'època de la globalització actual, també ha tingut efectes negatius que no s'havien previst. Creus que algun dia es produirà una Segona Revolució Verda? I què penses que s'hauria de tenir en compte respecte a la Primera per no caure en errors o evitar-los en tant que sigui possible?
Com ja he comentat, hem de caminar cap a una agricultura sense tant petroli. La revolució agroecològica ja s'ha produït a Cuba -que ha patit la crisi del petroli barat abans que nosaltres-. Per més informació pots mirar a:
http://www.ua.es/personal/fernando.ballenilla/Preocupacion/Agricultura_poblacion_energia_Rosalejo.swf

O perdre't en la immensitat de la web del seu autor:
http://www.ua.es/personal/fernando.ballenilla/

Això també ho ha proposat un informe que pots llegir aquí:
http://www.fileupyours.com/view/254593/cientifics/socioeconomic/Global_SDM_050508_Spanish.pdf
Títol: Evaluación Internacional del papel del Conocimiento, la Ciencia y la Tecnología en el Desarrollo Agrícola (IAASTD) .
Autor: diversos
Any: 2008

Fet per 400 científics, del 2004 al 2008, i finançat per la FAO[17], OMS[18], Governs, etc., i signat pels governs de 58 països. El director de la recerca, Robert Watson, s'ha pronunciat específicament contra els transgènics i demana una moratòria de 30 anys (en trobareu declaracions i notes de premsa si feu Google); a l'informe, les conclusions especifiques contra els transgènics no són tan clares i dures degut a la pressió dels governs. De tota manera, l'informe està ple de declaracions que són joies aprofitables en favor dels petits agricultors i d'una agricultura sostenible.

Una investigadora catalana va fer la presentació de l'informe que t'enllaço al camp de la biotecnologia i es va generar un interessant debat, amb una rèplica de Wagner i una posterior resposta per part de l'autora:
Informe de l'autora:
http://www.fileupyours.com/view/254593/cientifics/salut/rivera-Ferre08_embor2008196.pdf

Rèplica de Wagner:
http://www.fileupyours.com/view/254593/cientifics/salut/wagner09_embor2008250.pdf

Resposta de l'autora:
http://www.fileupyours.com/view/254593/cientifics/salut/Rivera-Ferre09_embor2008252.pdf

[17] **Organització de les Nacions Unides per a l'Agricultura i l'Alimentació** (FAO, de l'anglès *Food and Agriculture Organization*).
[18] **Organització Mundial de la Salut** (OMS).

En el camp de l'alimentació, la informació que arriba als consumidors és molt confusa. Tant es pot sentir que els productes transgènics són més segurs que la resta perquè passen proves més rigoroses com que desconeixem els efectes que tenen sobre la salut humana i realment poden ser molt perjudicials. Quin enfocament hi dónes?
Segurament és cert que els OGMs passen més controls que la majoria de la resta del nostre menjar. Però és comprensible que el que s'ha menjat durant milers d'anys no necessiti revisar si té problemes de consum i, en canvi, un "nou menjar" s'hagi d'analitzar com a nou que és. A més, tenint en compte que hi ha exemples de problemes per a la salut que no s'esperaven a priori (les patates de Putzsai, o el pèsol australià, pots veure'n més informació a:
http://www.moviments.net/ilp/tiki-index.php?page=Cientifics

Tampoc s'esperava a priori el problema de les vaques boges (que no hi ha transgènics entre mig, però que hi ha problemes paral·lels: industrialització de l'agricultura per una banda, i plegament de proteïnes per l'altra).

Molts investigadors diuen que el menjar que prenem actualment té problemes per la salut, però que com que és tradicional, no s'analitza i no ho sabem. En comptes d'alarmar d'aquests fenòmens, consideren que els OGMs són tan dolents com el menjar actual i demanen menys controls per a poder desenvolupar els seus "invents" patentables. Val a dir que tenen el mercat dels EUA per a poder escampar-se sense tantes traves burocràtiques i sense l'etiquetatge que tant els molesta; però malgrat tenir una porta oberta, el monopoli Monsanto no desapareix -això no ho veuen!-.

Pel que fa als OGMs que s'estan comercialitzant a Europa (MON810 al camp i molts altres importats que van sobretot a alimentació animal): tenim l'EFSA que diu que han passat tots els controls necessaris i en donen fe, que no són problemàtics. I per altra banda, tenim, per exemple, el govern austríac, que troba molts problemes a la documentació que ha presentat la Monsanto i que l'EFSA defensa. El Dr. Spoek ens ho va explicar fa un any i es pot escoltar la seva conferència a aquest enllaç:
http://www.somloquesembrem.org/index.php?id=30&hover=10

Val dir que els problemes que puguin tenir per a la salut els aliments transgènics són efectes no aguts, perquè justament la Monsanto ja s'encarrega de filtrar efectes tòxics. Però no es PODEN descartar efectes crònics no previstos i, fins i tot, hi ha evidències que hi són:
http://www.somloquesembrem.org
http://www.fileupyours.com/view/254593/cientifics/salut/forschungsbericht_3-2008.pdf
Títol: Biological effects of transgenic maize NK603xMON810 fed in long term reproduction studies in mice ("Estudi a llarg plaç dels efectes del transgènic MON810 sobre la reproducció.").
Autor: Zentek, J. et al.
Revista/editorial: Govern austríac.
Any: 2008

Estudi fet a Àustria i recentment acabat que mostra els efectes negatius d'una varietat de panís, aprovada per l'EFSA el 2005, sobre la reproducció de ratolins.

Com creus que afecten els transgènics als països menys desenvolupats?
Suposo que et refereixes als països que consumeixen menys petroli per càpita, com ara Amèrica Llatina, Àfrica o Àsia.

Hi ha 2 tipus d'efectes. Per una banda, els OGMs arriben on encara no havia arribat la Revolució Verda en el sentit que ajuda a perdre les llavors que els pagesos han anat conservant i millorant durant milers d'anys. Acceleren el procés de pèrdua d'agrobiodiversitat i d'erosió de la qualitat de vida dels pagesos. Per altra banda, hi ha l'expulsió dels pagesos del camp per a produir soia (sobretot), però també palma i altres cultius. Els pagesos els fan fora per implantar una agricultura molt mecanitzada i basada en l'exportació. Pot semblar que aquest problema no té relació amb els OGMs, però és justament la resistència a herbicida la que permet la mecanització i expulsió dels pagesos del camp i, per tant, de la seva font d'existència; a més, l'us d'herbicida fa que la vida dels que es queden al camp es vegi més empitjorada (veure, per exemple, el documental "La guerra de la soja").

Anecdòticament, hi ha els OGMs del futur, que estan fets per a poder dir que els OGMs són molt bonics i volen ajudar el món. Per exemple, l'arròs daurat, el panís amb vitamines, o el panís amb anticossos del VIH. Aquest darrer cas és paradigmàtic d'un panís que es fa per poder produir un fàrmac més econòmicament, però que obvia totalment la necessitat que els fàrmacs s'han de produir en condicions de contenció -i és una mala idea posar un fàrmac a dins d'una planta comestible-. Però tots aquests exemples pateixen els mateixos problemes que es poden resumir en dos: el problema que volen resoldre aquests OGMs és un problema de pobresa i, per tant, sembla que es volen suavitzar els efectes de la pobresa en comptes de voler recuperar la dignitat d'aquestes persones afectades. Per altra banda, aquests OGMs no són analitzats amb la cura amb què s'analitzen els OGMs que s'han de comercialitzar a Europa -trobo que és una mica hipòcrita voler pels altres un producte que no pot ser per a un mateix- (els motius pels quals no s'analitzen amb aquesta cura són, per una banda, econòmics -si són per a la pobresa, no ens gastarem euros en bestieses-, i, per altra banda, perquè es considera una bestiesa que els OGMs puguin ser dolents per la salut -"com que el DNA és el mateix..."-, tot ignorant els exemples dels problemes que ja s'han anat trobant).

A més, fora de les preguntes, m'agradaria afegir uns matisos. Una persona del grup em va dir: "Només un comentari: no crec que sigui bona idea donar la referència de l'article austríac, ja que el mateix govern austríac l'ha retirada perquè hi ha hagut crítiques a la seva estadística. En canvi, hi ha altres referències d'articles que es poden donar."

I en un altre correu va dir: "Per donar-te una idea del que penso: penso que les lluites s'han de fer el més local possible. Primer parlar de la teva situació, del que t'afecta més pròximament. Si això, a més a més, ajudés a resoldre la fam, els pagesos del 3r món etc., perfecte. A mi em fa "cosa" parlar per altra gent i procurar "salvar" a altra gent. Crec que cadascú s'ha de mobilitzar des de lo seu i des del seu territori i des de les seves circumstàncies. Per exemple, el tema del petroli. Si passés en els propers temps que realment s'acaba el petroli barat (i la seva subvenció, recordem-ho) el tema transgènics no caldria discutir-lo més. Suposarà una revolució tan absolutament gegantesca que tots, al primer i al tercer món, haurem de sortir al camp i conrear els nostres aliments per no morir de gana. La mecanització al camp al primer món és general, tant en l'agricultura ecològica (que està més sensibilitzada, busca alternatives, etc., en alguns casos augmenta mà d'obra o, al ser menys extensiva, no necessita tant imput d'energia) com en la convencional. Per tant, no em sembla un argument molt de pes contra els transgènics el tema del petroli barat (com per posar-lo el primer, diguem).

Una altra cosa és el que dius que no calen invents. Em sembla una mica criticable per "retògrad", si ho diem així. En el meu cas, no és que no vulgui invents o estigui en contra de l'avenç científic i tecnològic, sinó que desconfio profundament que 1) puguin fer el que realment volen fer, per l'assumpció de determinisme que fan, i que jo no em crec; 2) aquests "invents"

poden tenir més efectes perjudicials que beneficiosos. Crec que pensem semblant, només és que no m'agrada la frase "no calen invents", així en fred. Per altra banda, ja saps que jo penso que el tema dels agrotòxics (i els altres problemes inherents als transgènics) i de la salut és molt més greu del que tu planteges, encara que només sigui en un pla de fons, de principis, que en el pla d'efectes concrets reals, actualment, a Catalunya o Europa, per la salut, comparat amb d'altres fonts a les que estem exposats."

I la meva resposta als seus comentaris ha estat: "El zenit del petroli i el caos que generarà resoldrà molts problemes -com tu dius-, però mentre no arriba, cal evitar que les alternatives s'ofeguin pels OGMs i altres fenòmens que hi ha al voltant de l'alimentació. És en el "mentrestant" que cal defensar-se; i també és important l'argument, perquè els OGMs continuen estant en el paradigma que tindrem petroli per molts anys.

Totalment d'acord amb això dels "invents". Amb la meva frase volia dir això que has dit.

Amb els pesticides i altres, és possible que hàgim pensat diferent des del principi, però no massa."

II) Annex 2

- Entrevista amb **David Bueno**, professor i investigador de genètica de la UB i divulgador científic:

Els transgènics i els seus derivats cada cop estan més arrelats a la nostra societat, ja sigui en els cultius, en els supermercats, etc. Penses que són una bona eina a explotar (i més considerant que el segle XXI és l'era de la biotecnologia)?
Per descomptat, són una bona eina i poden ser una bona solució a molts problemes que tenim plantejats, des de la medicina i la farmacologia a l'alimentació i el canvi climàtic. La possibilitat de modificar gens a voluntat i de forma científicament controlada obre moltes possibilitats.

Foto 2. *David Bueno, professor i investigador de genètica de la UB.*

Malgrat tot, l'oposició als transgènics és una realitat social. Quins creus que són els motius que poden fer que un Estat, com ara el francès, prengui la decisió de prohibir-los?
En el cas de França, va ser un acord entre els ecologistes i el govern. Al govern li interessava ampliar el programa de centrals nuclears, i va pactar amb els ecologistes que aquests no farien campanya contra l'energia nuclear (i no n'han fet), i, a canvi, el govern ampliaria la moratòria de conreu de plantes transgèniques. Va ser per política, no pas amb criteris científics. De fet, el comitè d'experts que van estudiar el cas van recomanar al govern que no prohibís aquests conreus, sinó que en regulés l´ús.

Creus que fer-ho és una bona solució per evitar qualsevol problema que puguin aportar?
No, els problemes s'eviten amb la recerca, i aquesta, en el cas dels transgènics, és molt acurada i molt controlada per les institucions pertinents. Les prohibicions no porten mai enlloc. En el cas dels conreus, l'únic que cal és regular-los tots (transgènics, convencionals i ecològics) per fer possible la seva coexistència.

En el camp de l'agricultura, es parla de la "impossible coexistència" entre cultius transgènics i no-transgènics. Penses que és realment una impossibilitat o els pagesos tenen eines al seu abast per a evitar-ho?
La coexistència no és gens complicada. En el cas del blat de moro, per exemple, n'hi ha prou amb sembrar els camps amb tres setmanes de diferència. I els pagesos ja ho fan, segons la varietat que sembren.

Per altra banda, també es diu que els cultius transgènics són un atac als ecosistemes i a la biodiversitat. Però tant pels ecosistemes com per la biodiversitat, el cultiu de transgènics suposa el mateix dany que el convencional (o fins i tot menor, considerant la reducció de pesticides, per exemple)?
Efectivament, els transgènics no suposen cap "atac" afegit als conreus convencionals quant als ecosistemes o a la biodiversitat. I segons en quines aplicacions, fins i tot són ecològicament menys agressius, per exemple en la limitació d'ús de pesticides.

Quins consideres que són els motius que han fet que a Catalunya, durant l'any 2009, el cultiu de blat de moro transgènic hagi estat el 51'15% del total (20.111 ha OGM)? Creus que l'actual crisi financera hi ha tingut alguna relació?
Els agricultors sembren allò que els reporta més avantatges, com és normal. I en segons quines condicions, el blat de moro transgènic representa un guany considerable. La millor prova és aquesta dada.

L'aparició dels transgènics en l'agricultura es va donar, sobretot, mercès a la Revolució Verda. Tot i haver suposat un canvi favorable per adaptar l'agricultura a l'època de la globalització actual, també ha tingut efectes negatius que no s'havien previst. Creus que algun dia es produirà una Segona Revolució Verda? I què penses que s'hauria de tenir en compte respecte a la Primera per no caure en errors o evitar-los en tant que sigui possible?
La revolució transgènica va néixer de l'aplicació de l'enginyeria genètica a algunes de les varietats sorgides de la Revolució Verda, i d'altres desenvolupades amb posterioritat. Un dels efectes "negatius" de la Revolució Verda va ser la necessitat de molta més aigua per conreus. Però, en canvi, va solucionar la fam a molts països. Tanmateix, això va provocar que la població continués augmentant, la qual cosa, combinada amb els conflictes polítics, manté part de la població humana sota la xacra de la malnutrició. Amb això vull dir que cal una segona Revolució Verda, però ha d'incloure les nostres actituds envers el medi ambient i la nostra pròpia espècie, i ha de ser global, a tot el món, sense que ningú defugi les seves responsabilitats personals i sense que afecti negativament cap població humana. Un repte difícil, però penso que imprescindible.

En el camp de l'alimentació, la informació que arriba als consumidors és molt confusa. Tant es pot sentir que els productes transgènics són més segurs que la resta perquè passen proves més rigoroses com que desconeixem els efectes que tenen sobre la salut humana i realment poden ser molt perjudicials. Quin enfocament hi dónes?
Els aliments transgènics són tant segurs com els altres, atesos els controls que, obligatòriament, han de passar (i que els altres aliments no passen). Per això hi ha qui diu que són més segurs i tot, però afirmar-ho amb massa vehemència pot ser demagògic.

Com creus que afecten els transgènics als països menys desenvolupats?
Els països menys desenvolupats són els que millor han acceptat els transgènics, atès que hi troben una millor rendibilitat als seus conreus. Crec que això ho diu tot.

III) Annex 3

Figura 1. *Plànol de la situació de l'assaig en els terrenys d'IRTA-Mas Badia (Girona).*

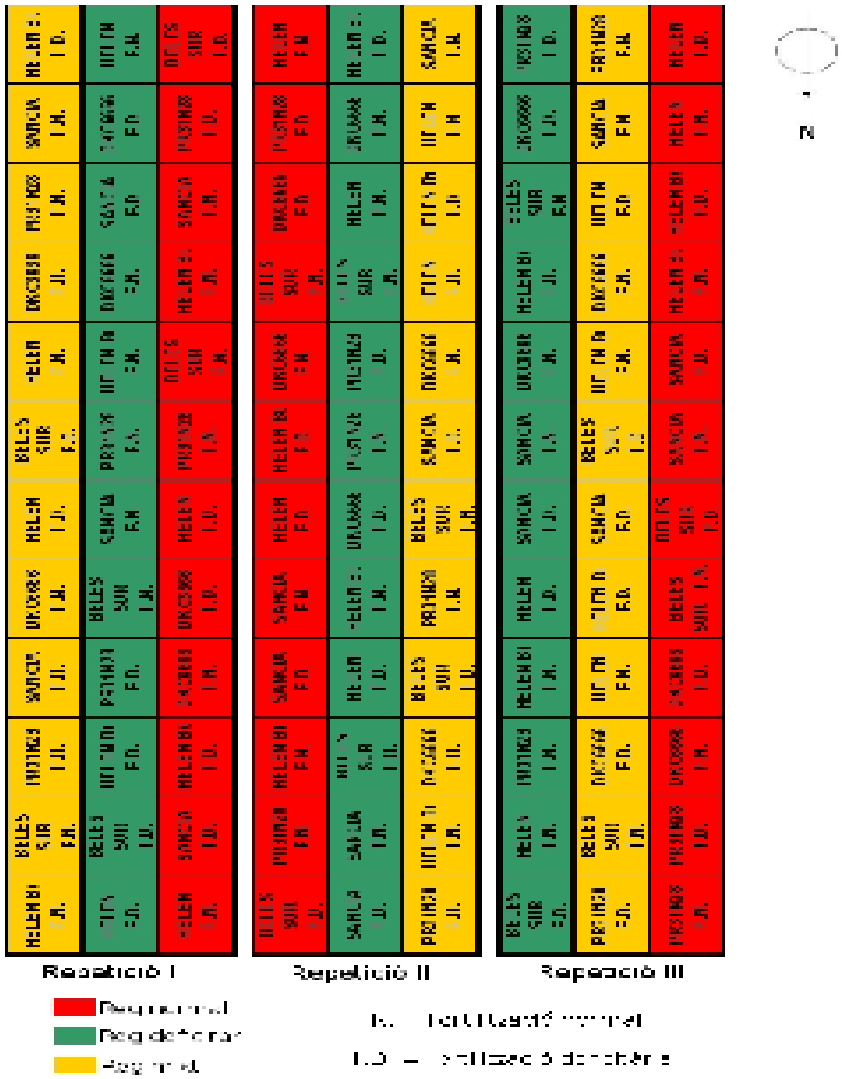


Figura 2. *Croquis de la distribució de les diferents parcel·les en l'assaig.*