



GENÒMICA I AGRICULTURA. CIÈNCIA I DEBAT

Dr. Pere Puigdomènech

Professor d'Investigació del CSIC

Centre de Recerca en Agrigenòmica CSIC-IRTA-UAB-UB

FACULTAT DE CIÈNCIES

FACULTAT DE BIOCIÈNCIES

UAB

Universitat Autònoma de Barcelona

SANT ALBERT 2013

GENÒMICA I AGRICULTURA. CIÈNCIA I DEBAT

Quan volem buscar un origen per la Genètica acudim a Gregor Mendel que va publicar les seves lleis l'any 1865. Potser oblidem a cops que les lleis de Mendel van ser descobertes a partir del seu treball amb pèsols, malgrat que hi hagi que afirmi que va manipular els resultats per fer-los presentables. Fins i tot abans de Mendel altres naturalistes havien anat precisant els conceptes bàsics del que serà la Genètica. Un exemple va ser Augustin Sageret i la seva feina amb Cucurbitàcies amb les quals va arribar al concepte de caràcter que fem servir en la Genètica actual.

(294)

**CONSIDÉRATIONS sur la Production des Hybrides ,
des Variantes et des Variétés en général, et
sur celles de la famille des Cucurbitacées en
particulier.**

Par M. SAGERET,

Membre de la Société royale et centrale d'Agriculture de Paris.

(303)

Le melon ascendant avait : Le chaté ascendant avait :

<i>Caractères.</i>	<i>Caractères.</i>
1 ^{er} . Chair jaune.	1 ^{er} . Chair blanche.
2 ^o . Graines jaunes.	2 ^o . Graines blanches.
3 ^o . Broderie.	3 ^o . Peau lisse.
4 ^o . Côtes fortement prononcées.	4 ^o . Côtes légèrement prononcées.
5 ^o . Saveur douce,	5 ^o . Saveur sucrée et tres-acide en même temps.

**Le produit présumé des hybrides créés aurait dû être
en terme moyen : 1^o. chair jaune très-pâle ; 2^o. graines
jaunes très - pâles ; 3^o. broderie légère et clair-semée ;
4^o. côtes légèrement prononcées ; 5^o. saveur douce et
acide en même temps ; mais tout au contraire.**

Però abans que la Genètica fos fundada, la població humana ja s'alimentava de plantes que havien estat seleccionades. Aquesta selecció es va fer en els inicis del Neolític i va ser tant una selecció d'un nombre reduït d'espècies com d'un nombre crític de gens que estaven presents en les varietats cultivades. Això va donar al procés de la domesticació de plantes i animals que està en la base de l'Agricultura i la Ramaderia i que és un dels objectes de recerca actuals en Genètica de plantes i animals domèstics.

Aquest procés ha beneficiat gran manera de l'aplicació de les tècniques moleculars i en els darrers anys en espècies clau com blat de moro, arròs o tomàquet s'han obtingut resultats interessants sobre quins són els gens que han estat acumulats en la transició entre les espècies silvestres i les seves varietats cultivades. Una cosa semblant s'ha fet en els animals domesticats que estan en la base de la ramaderia. Les conclusions són que l'agricultura i la ramaderia han estat processos basats en identificar uns caràcters de base genètica senzilla i que han facilitat que puguin ser una bona font per a l'alimentació i que puguin adaptar-se a les condicions de conreu o cria que són necessàries.

La necessitat de fer esforços per produir una quantitat suficient d'aliments ha estat sempre present en totes les societats i quan han estat formulades teories sobre l'evolució de les societats aquesta necessitat ha estat ben present. Pensem en el "Assaig sobre el Principi de Població" que Thomas Malthus va publicar l'any 1798. El cert és que aquestes prediccions no han estat acomplertes per diverses raons. Una de les més importants ha estat que la producció d'aliments no tan sols ha aconseguit créixer com el de la població sinó encara més ràpid. I una de les raons ha estat l'aplicació sistemàtica del coneixement disponible en cada moment a la millora de les espècies vegetals i animals. Ha estat calculat que l'augment dels rendiments agrícoles que s'ha produït el segle passat ha estat degut en un 50% a l'aplicació sistemàtica de la Genètica. Un dels casos més coneguts és el de l'anomenada "Revolució verda".

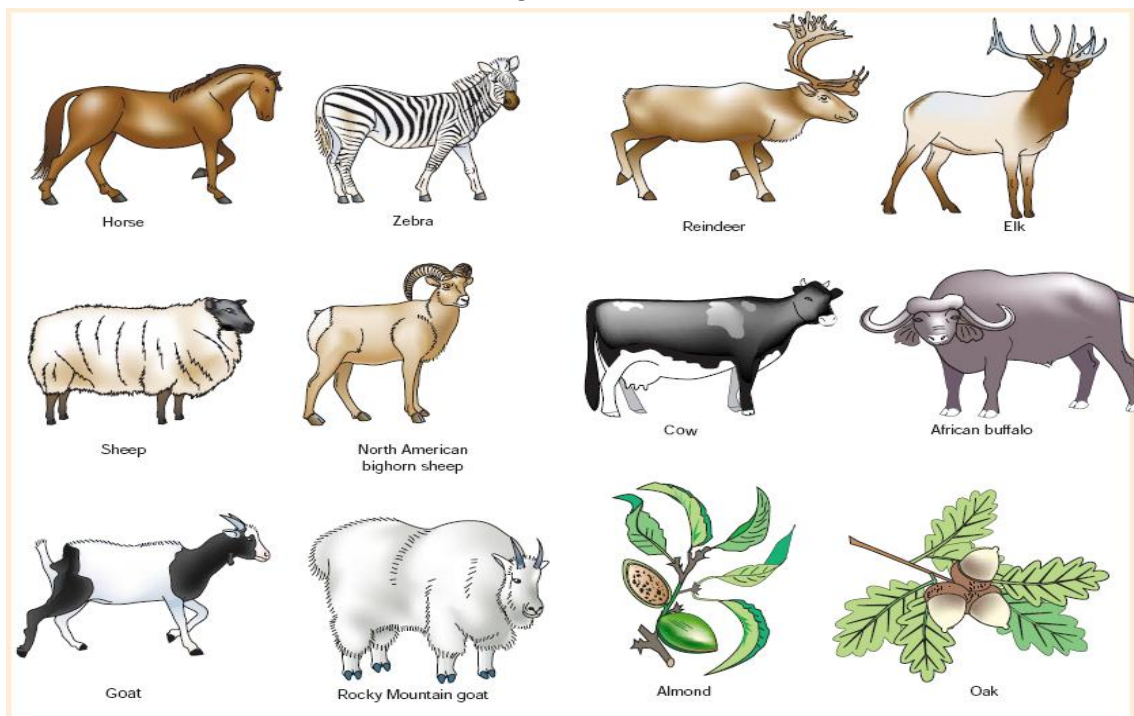


Figure 1 Comparisons of domesticated wild species (left of each pair) and their never-domesticated close relatives (right) reveal the subtle factors that can derail domestication.

Figura 2. Jared Diamond. Nature. 2002. 418:700-707

La Revolució Verda és potser el millor exemple de l'aplicació sistemàtica de la Genètica a la millora de les plantes cultivades. Va aconseguir varietats nanes de blat i varietats de blat de moro més productives en un entorn de recerca pública que va ser transferit a milloradors públics de diferents països d'Amèrica o Àsia. De totes maneres la Genètica ha estat aplicada a la majoria de les espècies cultivades amb augments significatius del rendiment en totes elles.

La Millora Genètica és en l'actualitat una disciplina ben establerta i la base d'un gran sector industrial d'abast mundial que és la indústria de llavors que està en la base mateixa de la producció d'aliments a nivell global. Des del punt de vista genètic, la millora es basa en disposar de la millor col·lecció de varietats de les espècies que es cultiven, perquè cal disposar d'una base el més gran possible de variabilitat genètica. Per aquesta raó es fan esforços per la seva preservació i aprofitament en almenys quatre direccions.

- Conservació
- Anàlisi i aprofitament de la variabilitat existent
- Creació de nova variabilitat per mutagènesi
- Creació de nova variabilitat per modificació genètica

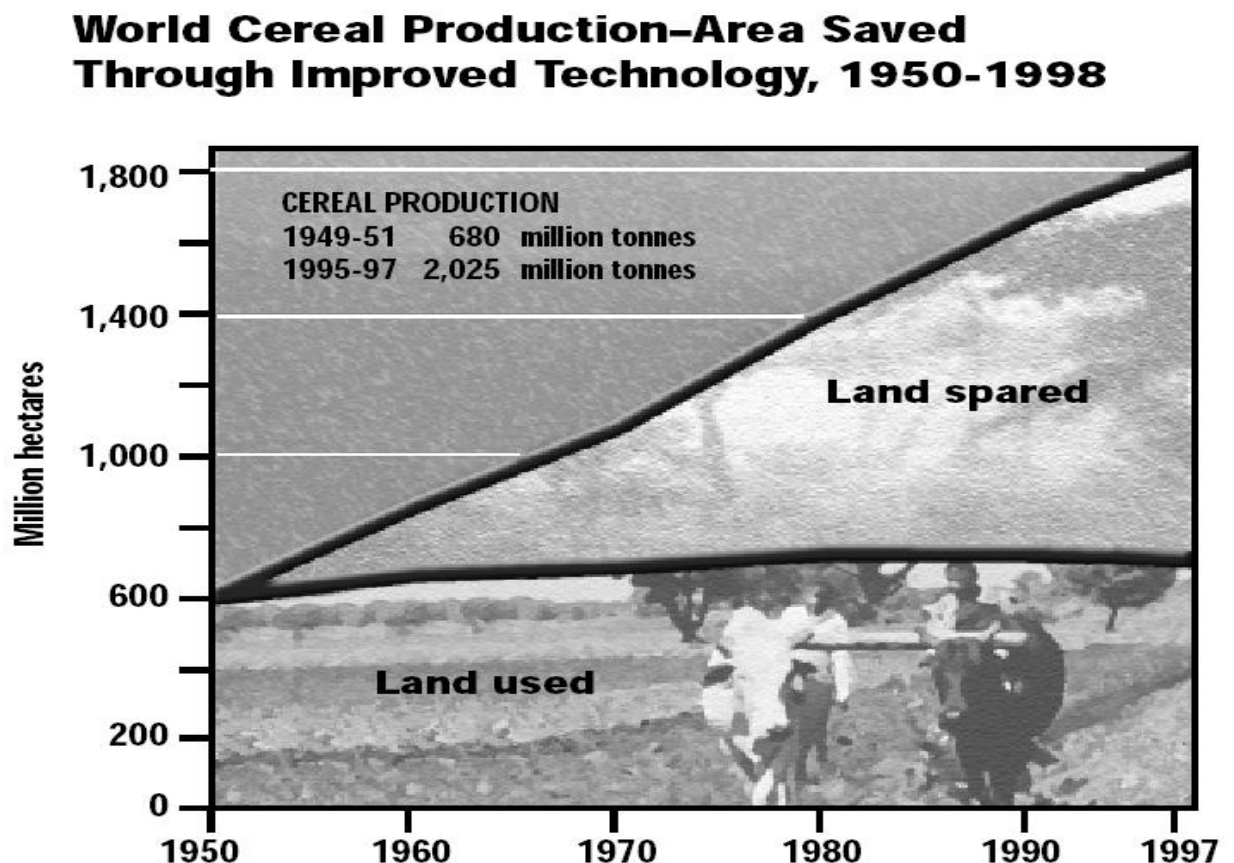
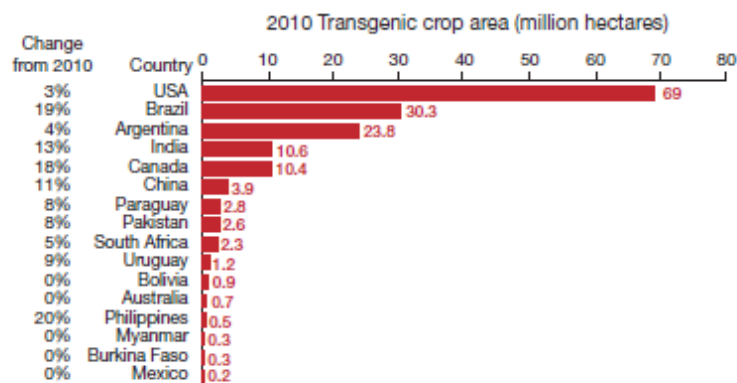


Figura 3. Augment de la producció de cereals durant el segle XX. Diapositiva de Norman Borlaug.

En aquest entorn és quan l'any 1983 arriben les primeres publicacions que demostren que és possible modificar genèticament una planta amb mètodes de la Biologia Molecular, el que es va anomenar posteriorment plantes transgèniques. De forma gairebé immediata es va dur a terme una reflexió que duia sobre dos aspectes essencials: les oportunitats que obrien per noves aplicacions a l'agricultura i la preocupació sobre com es podria definir un marc que procurés que es podien aplicar sense que es produïssin problemes per la salut dels consumidors o al medi ambient. Per aquesta raó es van desenvolupar sistemes regulatoris a la majoria dels països incloent la Unió Europea que va aprovar una Directiva per a l'alliberament deliberat d'organismes modificats l'any 1990. És en aquest marc en el que han estat plantades plantes modificades genèticament de forma progressiva arribant fins els 140 milions d'hectàrees l'any 2012 and 140000 hectàrees a Espanya.

Global area of transgenic crops by country

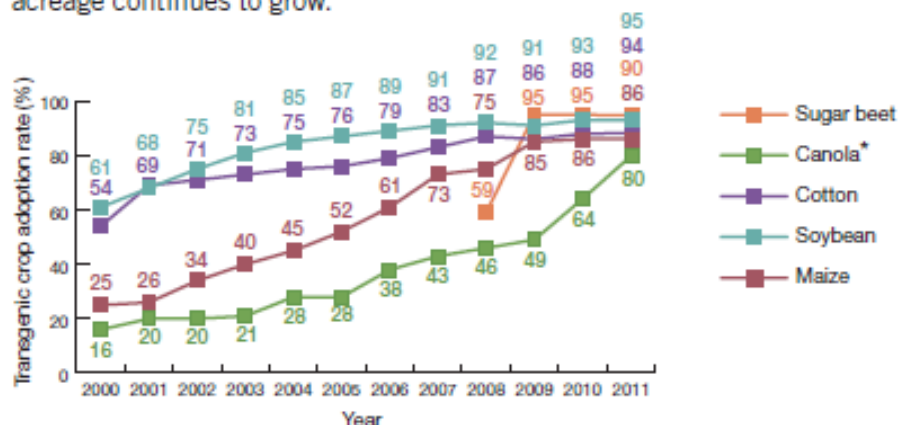
Transgenic acreage expanded rapidly in Brazil, India and Canada, with China close behind and Mexico now outstripping Spain. Turkey imported transgenic crops for the first time.



Source: International Service for the Acquisition of Agri-Biotech Applications.

Transgenic crop adoption rate in the US

Transgenic maize, soybean, cotton and sugar beet consolidated; canola acreage continues to grow.



*Canola adoption rates are based on global data rather than US data.

Source: International Service for the Acquisition of Agri-Biotech Applications; National Agricultural Statistics Service.

Figura 4. Àrees de conreu de plantes modificades genèticament al món i percentatge de varietats transgèniques dels diferents cultius als Estats Units.

Els cultius de plantes modificades genèticament ha donat lloc a un conflicte important promogut per organitzacions que s'oposen al seu conreu i consum que han estat sobre tot important a Europa i que el 2013 persisteix de forma diferent als diferents països però és un bon exemple del tipus de conflictes que es poden presentar en les aplicacions de noves tecnologies i en els que els científics es poden trobar immersos de forma inesperada. A Europea l'aprovació d'una d'aquestes plantes es fa després de l'avaluació científica per part d'un panel científica, la opinió del qual hauria de ser decisiva. Les seves opinions són accessibles per Internet: <http://www.efsa.europa.eu/en/panels/gmo.htm>

Mentre es desenvolupava la aplicació de les plantes modificades genèticament amb els seus conflictes la ciència anava seguint el seu curs i en el camp de l'anàlisi molecular ha tingut una influència decisiva disposar de les metodologies de la seqüenciació massiva de DNA. Des de que el 2001 es va publicar el genoma de la primera planta, *Arabidopsis thaliana*, una planta model que té un genoma de reduïdes dimensions (unes 140 Mbases), han anat apareixent els genomes de les principals plantes cultivades o d'espècies que tenen interès per alguna raó particular.

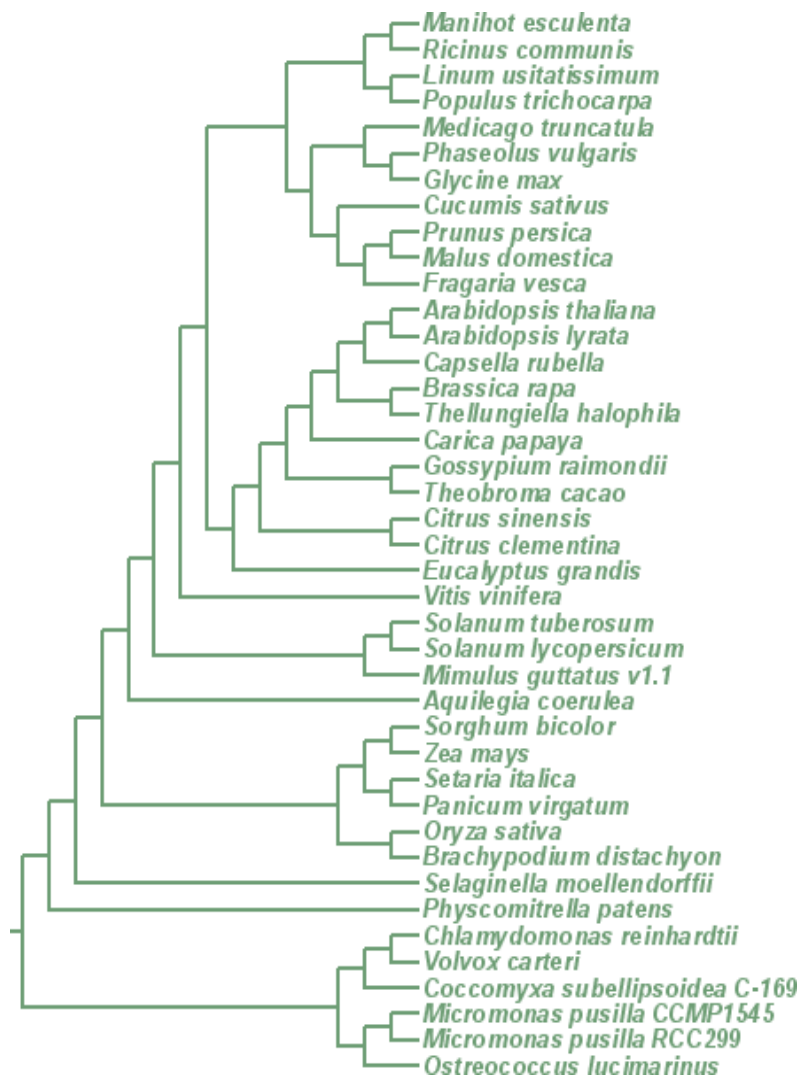


Figura 5. Genomes seqüenciats de plantes en 2l 2012 segons la base de dades Phytozome: <http://www.phytozome.net>

Aquest allau de dades està facilitant de gran manera que aprofundim en el coneixement de les bases moleculars de funcions biològiques de les plantes que interessen tant des d'un punt de vista científic com de la millora de les espècies en que basem la nostra agricultura. Per aquesta raó en el nostre centre el CRAG vam emprendre ja fa un temps una sèrie de projectes per desenvolupar eines d'anàlisi genòmica en Cucurbitàcies, espècies que tenen interès d'una banda per un conjunt de caràcters que s'expressen de forma particular en aquestes espècies com per la seva importància social i econòmica, en particular a Espanya. Al mateix temps aquests projectes ens permetien adquirir experiència en l'ús d'eines genòmiques que són creixentment imprescindibles en les disciplines de la Biologia Molecular i de la Genètica. Un dels resultats principals d'aquest treball ha estat la publicació del genoma del meló que és la primera espècie seqüenciada ex novo a Espanya.



The genome of melon (*Cucumis melo* L.)

Jordi Garcia-Mas^{a,1}, Andrej Benjak^a, Walter Sanseverino^a, Michael Bourgeois^a, Gisela Mir^a, Víctor M. González^b, Elizabeth Hénaff^b, Francisco Cámara^c, Luca Cozzuto^c, Ernesto Lowy^c, Tyler Alioto^d, Salvador Capella-Gutiérrez^c, Jose Blanca^e, Joaquín Cañizares^e, Pello Ziaresolo^e, Daniel Gonzalez-Ibeas^f, Luis Rodríguez-Moreno^f, Marcus Droege^g, Lei Du^h, Miguel Alvarez-Tejadoⁱ, Belen Lorente-Galdos^j, Marta Melé^{k,l}, Luming Yang^k, Yiqun Weng^{k,l}, Arcadi Navarro^{j,m}, Tomas Marques-Bonet^{j,m}, Miguel A. Aranda^f, Fernando Nuez^e, Belén Picó^e, Toni Gabaldón^c, Guglielmo Roma^c, Roderic Guigó^c, Josep M. Casacuberta^b, Pere Arús^a, and Pere Puigdomènech^{b,1}

^aInstitut de Recerca i Tecnologia Agroalimentàries, Centre for Research in Agricultural Genomics Consejo Superior de Investigaciones Científicas-Institut de Recerca i Tecnologia Agroalimentàries-Universitat Autònoma de Barcelona-Universitat de Barcelona, 08193 Barcelona, Spain; ^bCentre for Research in Agricultural Genomics Consejo Superior de Investigaciones Científicas-Institut de Recerca i Tecnologia Agroalimentàries-Universitat Autònoma de Barcelona-Universitat de Barcelona, 08193 Barcelona, Spain; ^cCentre for Genomic Regulation, Universitat Pompeu Fabra, 08003 Barcelona, Spain; ^dCentre Nacional d'Anàlisi Genòmica, 08028 Barcelona, Spain; ^eInstitute for the Conservation and Breeding of Agricultural Biodiversity, Universitat Politècnica de Valencia, 46022 Valencia, Spain; ^fDepartamento de Biología del Estrés y Patología Vegetal, Centro de Edafología y Biología Aplicada del Segura, Consejo Superior de Investigaciones Científicas, 30100 Murcia, Spain; ^gRoche Diagnostics Deutschland GmbH, 11668305 Mannheim, Germany; ^hRoche Diagnostics Asia Pacific Pte. Ltd., Singapore 168730; ⁱRoche Applied Science, 08174 Barcelona, Spain; ^jInstitut de Biologia Evolutiva, Universitat Pompeu Fabra-Consejo Superior de Investigaciones Científicas, 08003 Barcelona, Spain; ^kHorticulture Department, University of Wisconsin, Madison, WI 53706; ^lUS Department of Agriculture-Agricultural Research Service, Horticulture Department, University of Wisconsin, Madison, WI 53706; and ^mInstitució Catalana de Recerca i Estudis Avançats, 08010 Barcelona, Spain

Figura 6. Publicació de la seqüència genòmica del meló. Proc. Natl. Acad. Sci. USA. 2012. 109:11872-11877

Aquest exemple i molts altres ens demostren la riquesa de coneixement i aproximacions metodològiques que estem obtenint en el camp de la Genòmica aplicada a les espècies en que basem l'agricultura. Aquest fet ha donat lloc a diferents tipus de reflexions. Unes d'elles són de naturalesa científica, com és el cas de l'informe publicat per la Royal Society de Londres l'any 2009 en el que es descriuen els resultats de la recerca en Biologia Vegetal els darrers decennis i els beneficis que es poden esperar d'ells quan es tracta de trobar solucions a les qüestions que es planteja en l'agricultura actual.



Figura 7. Informe publicat per la Royal Society de Londres. Octubre 2009.

També han estat darrerament informes que reflexionen sobre els conflictes que es presenten en aquesta qüestió i que es donen de forma especialment aguda a Europa. Podríem mencionar sobre tot un informe de l'Associació de les Acadèmies de Ciències Europees (EASAC).



Figura 8. Informe del Consell Científic Assessor de les Acadèmies Europees. Juny 2013.

Entre les reflexions que han estat fetes en aquest tipus de qüestió hi ha també unes altres de tipus generals que són l'objecte del treball dels anomenats Comitès d'Ètica. Les preguntes sobre temes ètics van aparèixer en Biologia a partir de les reflexions sobre les condicions que cal establir per fer experiments en humans o en mostres humanes però s'han estat ampliant a temes com l'experimentació en animals, els temes que tenen que veure amb el medi ambient i en general a l'aplicació de Noves Tecnologies en diferents àmbits i l'agricultura és un d'aquests. Hi ha diverses opinions publicades sobre aquest tema i es pot mencionar, entre altres, la duta a terme pel Nuffield Council of Bioethics anglès.

També podem mencionar la opinió que va publicar l'any 2008 el Grup Europeu d'Ètica de les Ciències i les Noves Tecnologies. Es tracta d'un grup independent i multidisciplinari que assessora el President de la Comissió Europea en temes complexos d'utilització de les noves Tecnologies. Les seves opinions són també accessibles per Internet: <http://ec.europa.eu/bepa/european-group-ethics/>. En la opinió sobre noves tecnologies d'ús en agricultura es defineixen un conjunt de criteris que es poden utilitzar a la hora de prioritzar la manera com aquestes tecnologies es fan servir.

En resum, la ciència és actualment una activitat complexa que té efectes importants sobre el món en què vivim i per tant no ens hem d'estranyar que sigui l'objecte discussions i debats. Pel que hem vist podem definir quatre tipus de motivacions que podem tenir a la hora de desenvolupar una activitat científica:

1. Ampliar el coneixement
2. Contribuir a la competitivitat de la societat
3. Aconsellar en la presa de decisions socials i polítiques
4. Participar en reflexions de naturalesa ètica



Figura 9. Informe del Nuffield Council of Bioethics. 1999

En la meua opinió aquestes funcions de la ciència existeixen però hi ha una jerarquia entre elles i també cal tenir en compte que poden aparèixer conflictes entre elles, per exemple conflictes d'interessos entre la recerca pública i la privada o entre la funció d'aconsellar les decisions polítiques i els interessos econòmics.

Per aquestes raons hem de concloure que la ciència:

- És un factor bàsic d'un sistema democràtic
- És essencial per la competitivitat de l'economia
- És imprescindible per a la presa de decisions polítiques
- És un factor decisiu per adaptar les noves tecnologies al sistema de valors propi

Aparentment la societat espanyola és conscient d'aquests fets. Cal insistir perquè també ho siguin els responsables polítics.

Pere Puigdomènech

Professor d'Investigació del CSIC

Centre de Recerca en Agrigenòmica CSIC-IRTA-UAB-UB