

Variedades Resistentes a Herbicidas: legislação e liberação

*Alúzio Borém*¹

*Fabício R. Santos*²

A biotecnologia, com as suas várias subáreas, como a cultura de tecidos, marcadores moleculares e engenharia genética, tem como meta o desenvolvimento de produtos e serviços úteis à sociedade moderna. A importância e contribuição de cada uma dessas subáreas para a agricultura atual é indiscutível. A cultura de tecidos na preservação de germoplasma, os marcadores no mapeamento de genes e no estudo da diversidade genética e a engenharia genética no desenvolvimento de variedades geneticamente modificadas são exemplos claros da utilização desta tecnologia no setor agrícola.

Algumas das perguntas mais comuns no meio das ciências agrárias durante a década de 80 e início da de 90 eram: seria a biotecnologia a solução para a fome no mundo? Ela substituiria o melhoramento genético convencional? Para os que se aventuravam nesta nova ciência, as perguntas soavam como estímulo e desafio. Para os que não se sentiam parte dela, as perguntas soavam como uma ameaça de se perder o bonde da história. Décadas se passaram, e as previsões feitas podem, hoje, ser comparadas com a realidade do produtor rural no campo.

Embora na maioria dos fóruns de debate haja pessoas a favor da biotecnologia, também existem os contras. Os riscos e benefícios desta tecnologia biológica continua aquecendo calorosos debates. Vários filósofos acreditam que a polarização da sociedade tem vários aspectos benéficos, pois sinaliza para os cientistas que há necessidade de se estar vigilante, atentando, constantemente, para os possíveis riscos do novo.

Se muitos fizeram previsões de que a biotecnologia resolveria os problemas da agropecuária e acabaria com a fome no mundo, outros céticos acreditavam que ela não seria capaz de gerar produtos comerciais que fossem competitivos no mercado mundial. Talvez a avaliação mais equilibrada destas primeiras décadas da biotecnologia aplicada

¹ Eng. Agrônomo, M.S., Ph.D. e Professor da Universidade Federal de Viçosa. E-mail: borem@ufv.br

² Biólogo, M.S., Ph.D. e Professor da Universidade Federal de Minas Gerais. E-mail: fsantos@icb.ufmg.br

à agropecuária seja de que tanto as previsões dos mais otimistas quanto as dos mais céticos estavam erradas.

Hoje, a sociedade é testemunha de que a biotecnologia desenvolveu produtos e serviços com impacto na vida do produtor rural e dos consumidores em vários países. Os organismos geneticamente modificados (OGMs), tais como as variedades transgênicas de soja, milho, algodão, canola, mamão, arroz, tomate e várias outras espécies, vêm conquistando a preferência de agricultores desde que a primeira variedade transgênica, o tomate "Flavr Savr" lançado em 1994, atingiu o mercado. Até 2007, a área cultivada com transgênicos havia atingido a marca de 102 milhões de hectares, plantados em 22 países, caracterizando um contínuo aumento da adoção desta tecnologia pelos produtores. Na cultura da soja, cerca de 36% da área mundial plantada é composta de variedades transgênicas. A área cultivada com transgênicos continua crescendo anualmente no mundo. A expectativa do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA) é de que a área de plantio com transgênicos aumente gradativamente. Portanto, de acordo com o USDA, a controvérsia em torno do plantio de transgênicos aparentemente não diminuiu o desejo dos produtores americanos plantarem as variedades geneticamente modificadas.

Na produção animal, as primeiras linhagens transgênicas estão chegando mais lentamente. O primeiro animal transgênico a ser disponibilizado comercialmente em larga escala foi o salmão. O salmão transgênico foi liberado no mercado norte-americano em 2001, após rígida avaliação da sua segurança para a alimentação humana e para o meio ambiente.

Mesmo com vários transgênicos no mercado, não resta dúvida de que a biotecnologia não resolveu todos os problemas da agropecuária nem acabou com a fome no mundo. Conhecendo a complexidade da agropecuária e as várias nuances do problema da fome, acredita-se que a biotecnologia seja apenas mais uma das tecnologias que podem contribuir para o bem-estar da sociedade, constituindo apenas parte integrante da solução dos vários desafios do produtor rural em produzir alimentos de elevada qualidade e em quantidade adequada para suprir a demanda mundial, sem agredir o meio ambiente.

Aspectos Econômicos

A agropecuária é o maior setor da economia mundial. A produção e comercialização de alimentos, fibras e outros produtos da agropecuária movimentam direta ou indiretamente o maior volume de recursos do mundo. O *agribusiness* tem impacto na vida de todos os habitantes do planeta, pois nenhum ser humano pode se alimentar ou vestir de forma independente da agropecuária.

As aplicações da biotecnologia na agropecuária têm mercado potencial estimado de U\$67 bilhões por ano. Dessa forma, não é surpresa que existam interesses econômicos de vários grupos multinacionais nesta nova ciência.

A competição por este mercado tem motivado as empresas a dedicarem grande parte de suas receitas à pesquisa e ao desenvolvimento de novos produtos. Vários desses grupos estão trabalhando no desenvolvimento de animais e plantas transgênicos com maiores produtividade, resistência a doenças e insetos, qualidade nutricional, tolerância a estresses do meio ambiente etc.

Transgênicos na Agricultura

A população mundial ultrapassou seis bilhões de habitantes, o que significa sua duplicação nos últimos 40 anos. Enquanto não se observa uma iniciativa global de redução populacional, a expectativa é de que a população mundial deva atingir nove bilhões de habitantes próximo a 2040, gerando uma demanda por alimentos 250% superior à atual.

O aumento na oferta de alimentos pode vir, em parte, da expansão das áreas cultivadas, com a incorporação de novas áreas ao sistema produtivo. Essa opção é extremamente pequena ou inexistente em vários países desenvolvidos, onde toda a área disponível já vem sendo utilizada pela agricultura. No Brasil, a expansão da fronteira agrícola ainda é possível, uma vez que existem grandes áreas agricultáveis que ainda não estão sendo exploradas, embora isso possa significar enorme prejuízo ambiental. O aumento da

oferta de alimentos pode também vir da redução das perdas na produção, quer sejam elas causadas pela incidência de pragas e doenças, quer por problemas na colheita. As perdas no transporte e no armazenamento também contribuem para uma menor oferta de alimentos. Finalmente, o incremento na produção pode advir do aumento da produtividade das variedades plantadas. A biotecnologia pode contribuir em todos esses três aspectos para aumentar a oferta de alimentos. No que diz respeito à expansão da fronteira agrícola, a biotecnologia pode contribuir com o desenvolvimento de variedades especialmente adaptadas a áreas marginais, por exemplo mais Resistentes à seca ou a solos com baixa fertilidade.

As pragas, doenças e plantas daninhas não somente reduzem a produtividade agrícola, como também contribuem para elevação do custo de produção, pois demandam dos produtores a aplicação de defensivos agrícolas. Outro grande inconveniente associado aos defensivos agrícolas é a poluição ambiental e a presença de resíduos químicos nos alimentos. Existem cerca de 40.000 espécies de microrganismos que causam doenças nas plantas e aproximadamente 30.000 espécies de plantas daninhas que competem com as culturas por nutrientes, água, espaço físico e luz, reduzindo a produtividade. As primeiras variedades transgênicas plantadas em larga escala foram desenvolvidas para facilitar o controle de plantas daninhas, como é o caso da soja Resistente ao herbicida glifosato.

Variedades de Plantas Resistentes a Herbicidas

A dificuldade no controle de plantas daninhas por meio de herbicidas está no fato de não existir um produto químico que seja eficiente contra um amplo espectro de plantas daninhas e que não cause injúrias à cultura. Normalmente, quando o herbicida controla bem as espécies de folhas estreitas, como as gramíneas (capins, gramas, milho etc.), ele tende a não ser eficiente em espécies de folhas largas (caruru-de-porco, soja, feijão etc.). O desenvolvimento de variedades Resistentes aos herbicidas tem sido um dos grandes esforços empreendidos pelas empresas de biotecnologia, e hoje existem variedades de espécies vegetais que são Resistentes a herbicidas não-seletivos, isto é, que controlam quase todos os tipos de plantas daninhas.

Variedades Roundup Ready

Uma das primeiras características transgênicas a serem incorporadas às variedades de soja e algodão foi tolerância a herbicidas. Comercialmente, cultivares de soja RR e de algodão RR estão disponíveis desde 1996 e 1997 nos EUA, respectivamente.

As primeiras variedades transgênicas Resistentes a herbicidas foram desenvolvidas pela Monsanto. Estas variedades são conhecidas como *Roundup Ready*, uma vez que são Resistentes ao herbicida glifosato, cujo nome comercial é Roundup. O herbicida glifosato bloqueia a síntese de aminoácidos aromáticos nas plantas ao se ligar e inativar a enzima EPSP, essencial na rota bioquímica da síntese desses aminoácidos.

O efeito do glifosato em plantas susceptíveis deve-se à competição com o substrato fosfoenolpiruvato (PEP) pelo sítio de ligação à enzima 5-enolpiruvil-chiquimato-3-fosfato sintetase (EPSPS), que converte PEP e chiquimato-3-fosfato em 5-enolpiruvilchicamato-3-fosfato. Essa competição resulta na inibição da síntese dos aminoácidos aromáticos triptofano, tirosina e fenilalanina (Siehl, 1997). A tolerância nas plantas geneticamente modificadas é devida à introdução do gene *cp4 epsps*, originalmente presente na estirpe CP4 de *Agrobacterium* spp. Este gene codifica a síntese da enzima CP4 EPSPS, cuja ação não é bloqueada pelo glifosato. Quando expressa em níveis adequados, a CP4 EPSPS é capaz de prover a planta com 5-enolpiruvilchicamato-3-fosfato em quantidade suficiente para suprimir a inibição da síntese dos aminoácidos aromáticos (Singh e Shaner, 1998). Variedades RR estão disponíveis em soja, milho, algodão e canola.

Variedades Roundup Ready Flex

A segunda geração da tolerância ao herbicida glifosato, conhecida como RR Flex, foi comercialmente usada pela primeira vez nos EUA em 2006. No Brasil, não há pedido de liberação comercial protocolado na CTNBio até a presente data.

Variedades RR e RR Flex têm mostrado como principal vantagem a maior facilidade no manejo de plantas invasoras. Contudo, para cultivares RR, o glifosato somente pode ser aplicado diretamente sobre as plantas até determinado estágio de desenvolvimento, sob pena de injúria e redução na produtividade. A limitação da aplicação do glifosato em

área total após esse estágio deve-se à abscisão de estruturas reprodutivas e menor viabilidade do pólen induzidas pelo acúmulo do glifosato em altas concentrações nas estruturas reprodutivas (Pline et al., 2001) e à baixa concentração da enzima CP4-EPSPS nas estruturas florais (Pline et al., 2002; PLINE-SRNIC et al., 2004). Além do gene *cp4 epsps*, as variedades RR contêm também os genes *nptII* e *aad*, cujas expressões conferem tolerância aos antibióticos canamicina e estreptomicina, respectivamente.

As variedades RR Flex foram desenvolvidas pela Monsanto devido às limitações na época de aplicação do herbicida nas variedades RR. Nestas variedades RRFlex, duas cópias do gene *cp4-epsps* foram introduzidas. A primeira cópia está sob regulação do promotor quimérico FMV/TSF1, que contém o promotor do gene *tsf1* de *A. thaliana* e a sequência *enhancer* do promotor 35S proveniente do Figwort Mosaic Virus. A expressão da segunda cópia é regulada pelo promotor P-35S/ACT8, que contém o promotor do gene *act8* de *A. thaliana*, combinado com a sequência *enhancer* do promotor 35S de CaMV. Toda a construção foi inserida em um loco, que segrega mendelianamente e em bloco, como um único gene, sendo as plantas hemizigotas e homozigotas Resistentes ao glifosato na mesma intensidade (Burns, 2004).

Variedades RR Flex permitem que o glifosato seja aplicado durante todo o ciclo da cultura. Isso aumenta as chances de controle das espécies daninhas, reduzindo a possibilidade de perda de produtividade devido a aplicações após o estágio crítico de sensibilidade. Assim o controle de plantas daninhas se torna mais simples, eficiente e seguro.

Os produtores rurais têm demonstrado grande interesse no plantio de variedades Resistentes a herbicidas, uma vez que elas lhes permitem fazer o controle eficiente das plantas daninhas com a aplicação de um único herbicida e de forma mais econômica. Com a possibilidade de utilizar um único herbicida de ação efetiva contra a grande maioria das plantas daninhas, os produtores reduzem o número de aplicações necessárias do defensivo agrícola.

Considerando que variedades Resistentes a herbicidas reduzem a quantidade de químicos aplicados na lavoura, elas deveriam ser preferidas também pelo consumidor

final. Entretanto, acredita-se que uma falha na comunicação das vantagens dessas variedades não só para o produtor rural, mas também para o meio ambiente e para o consumidor final, permitiu que a opinião pública se polarizasse, gerando questionamentos sobre a segurança dessas variedades. Embora essas variedades, como todos os demais organismos geneticamente modificados, passem por uma rigorosa avaliação de biossegurança, em que são analisados seus riscos para a saúde humana e animal e para o meio ambiente (testes de impacto ambiental), muitos ainda continuam céticos em relação aos transgênicos.

Apenas recentemente (2005) foi permitido o plantio legal da soja transgênica no Brasil, entretanto em outros países ela ocupa grandes áreas. Nos EUA, 63% da área total é cultivada com uma variedade transgênica e na Argentina a soja GM ocupa mais de 95% da área plantada.

Variedades Resistentes a outros herbicidas também foram desenvolvidas por outras empresas, como variedades resistentes ao glufosinato de amônio (Bayer), à sulfoniluréia (DuPont) e ao bromoxil (Calgene), dentre outras.

Considerações Finais

As variedades de plantas transgênicas já estão disponíveis em vários países, e os primeiros animais transgênicos também começam a chegar ao mercado. Os benefícios desses produtos para a sociedade têm sido enfatizados pelos defensores da biotecnologia. O potencial até agora vislumbrado é pequeno em relação àquele que poderá ser realizado no futuro próximo. No entanto, os contrários à biotecnologia têm apresentado uma lista de preocupações que evidenciam forte apelo para a sociedade. Algumas das críticas aos transgênicos incluem:

- só atendem a interesses das multinacionais,
- não favorecem a agricultura auto-sustentável,
- são direcionados ao grande produtor,
- criam dependência de outros produtos das multinacionais e

- os estudos de impacto ambiental dos transgênicos são precários.

Entretanto, os mais de 10 anos de plantio comercial e consumo pela população, sem qualquer problema de efeito adverso, demonstram que as análises de Biossegurança são adequadas para a identificação de produtos seguros para a saúde humana e animal, além de benéficos para o meio ambiente.

A atual Lei de Biossegurança do Brasil, Lei 11.105 de 2005, é considerada moderna e eficaz, estabelecendo que toda análise de biossegurança deva ser realizada caso-a-caso e com base em fundamentação científica, de forma a prevenir riscos a saúde humana, saúde animal e ao meio ambiente.

Referência Bibliográficas

ABBOTT, A. A post-genomic challenge: learning to read patterns of protein synthesis. **Nature**, London, v. 402, p. 715-720, dec. 1999.

ACCIOLY, A. M. A.; SIQUEIRA, J. O. Contaminação química e biorremediação do solo. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V., V.H.; SCHAEFER, C.E.G.R. (Ed.). **Tópicos em ciência do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo 2000. V. 1, p. 299-352.

ALCAMO, E. **DNA technology**: the awesome skill. New York: Academic Press, 1999. 348 p.

ANDRADE, A. 1989. A Tutela ao meio ambiente e a constituição. **Revista Ajuris**, Porto alegre, v. 45, mar. 1989.

BALLANTYNE, J.; SENSABAUGH, G.; WITKOWSKI, J. **DNA technology and forensic science**. New York: Cold Spring Harbor Laboratory., 1989. 368 p.

BELÉM, M. A. F.; WATANABE, E.; FELBERG, I.; SAMPAIO, M. J. A.; NUTTI, M. R. 2001. Biossegurança de Alimentos Derivados da Biotecnologia rDNA. **Biotecnologia Ciência & Desenvolvimento**, Uberlândia, v. 18, p. 34-40, 2001.

BELÉM, M. A. F.; FELBERG, I.; GONÇALVES, E. B.; CABRAL, L. C.; CARVALHO, J. L.; NUTTI, M. R. Equivalência substancial de composição de alimentos derivados de plantas geneticamente modificadas (PGM). **Biotecnologia Ciência & Desenvolvimento**, Uberlândia, v. 3, p. 140-149, 2000.

BIOTEC: Informação Científica sobre Biotecnologia, v. 2, n. 6, set. 2004. Disponível em: www.cib.org.br

- BORÉM, A. **Escape gênico e transgênicos**. . Visconde do Rio Branco: Editora e Gráfica Suprema, 2001 206 p.
- BORÉM, A. **Marcadores moleculares**. . Visconde do Rio Branco: Editora e Gráfica Suprema, 2006. 374 p.
- BORÉM, A.; ALMEIDA, M. R.; SANTOS, F. R. 2003. **Biotecnologia de A a Z**. Viçosa: Editora Folha de Viçosa, 2003. 229 p.
- BORÉM, A.; GIÚDICE, M. **Biotecnologia e meio ambiente**. Visconde do Rio Branco: Editora e Gráfica Suprema, 2008. 510 p.
- BORÉM, A.; GIÚDICE, M. P.; COSTA, N. M. B. **Alimentos geneticamente modificados**. Viçosa: Editora Folha de Viçosa, 2003. 305 p.
- BORÉM, A.; MIRANDA, G. V. **Melhoramento de plantas**. 4. ed. Viçosa: Editora UFV., 2005. 525 p.
- BORÉM, A.; PATERNIANI, E.; CASTRO, L. A. B. **Transgênicos: a verdade que você precisa saber**. Brasília, DF: Editora Dupligráfica, 2003. 57 p.
- BORÉM, A.; ROMANO, E; SÁ, M. F. G. **Fluxo gênico e transgênicos**. Viçosa: Editora UFV, 2007. 199 p.
- BORÉM, A.; VIEIRA, M. L. C. **Glossário de biotecnologia**. Viçosa: Editora Folha de Viçosa, 2005. 183 p.
- BURLEY, S. K.; ALMO, S. C.; BONANNO, J. B. et al. Structural genomics: beyond the Human Genome Project. **Nature Genetics**, New York, v. 23, p.151-157, 1999.
- COSTA, N. M. B.; BORÉM, A. **Biotecnologia e Nutrição**. São Paulo: Nobel, 2003. 214 p.
- DRLICA, K. **Understanding DNA and gene cloning** : a guide for the curious. 3 ed. New York: J. Wiley, 1996.. 323 p.
- GIÚDICE, M. P.; BORÉM, A.; SILVA, P. H. A.; MONTEIRO, J. B. R.; COSTA, N. M. B.; OLIVEIRA, J. S. **Alimentos transgênicos**. Viçosa: Editora Folha de Viçosa, 2000. 291 p.
- JAMES, C. **Preview: global status of commercialized transgenic crops: 2007**. Ithaca, NY: ISAAA, 2007. (ISAAA Briefs 37-2007)
- KOPROWSKI, H.; YUSIBOV, V. The green revolution: plants as heterologous expression vectors. **Vaccine**, Kidlington, v. 19, p. 2735-2741, 2001.
- LACKIE, J.M.; DOW, J. **The dictionary of cell and molecular biology**. New York: Academic Press, 2000. 502 p.
- LEITE, M. **Os alimentos transgênicos**. São Paulo: Publifolha, 2000. 89 p.
- LEMIEUX, B.; AHARONI, A.; SCHENA, M. 1998. Overview of DNA chip technology. **Molecular Breeding**, Dordrecht, v. 4, p. 277-289, 1998.

LEWIN, B. **Genes VII**. Oxford: Oxford Univ Press, 1999. 847 p.

MCLAREN, J. S. Future renewable resource needs: will genomics help? **Journal of Chemical Technology and Biotechnology**, London, v. 75, p. 927-932, 2000.

MESSINA, L. **Biotechnology**. New York: H.W. Wilson, 2000. 186 p.

NEPOMUCENO, A. L. Transgênicos: Próximas Ondas. In: Agrocast, Rumos e Debates. Disponível em: www.agrocast.com.br. Acesso em: 11 abr. 2001.

PERELMAN, C. **Ética e direito**. São Paulo: Martins Fontes, 1999. 322 p.

PHILLIPS, R. L.; VASIL, I. K. **DNA-based markers in plants**. 2. ed. New York: Kluwer Academic Press, 2001. 512 p.

PIRES, F. R.; SOUZA, C. M.; SILVA, A. A.; PROCÓPIO, S. O.; SANTOS, J. B.; SANTOS, E. A. Seleção de plantas tolerantes ao tebutiuron e com potencial para fitorremediação. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 50, n. 291, p. 583-594, 2003.

ROCHA, M. M. Biotecnologia e patentes. In: BORÉM, A. et. al. (Ed.). **Biowork**. Viçosa: UFV, 1998. 153 p

THIELLEMENT, H.; BAHRMAN, N.; DAMERVAL, C.; PLOMION, C.; ROSSIGNOL, M.; DANTONI, V.; VIENNE, D. E.; ZIVY, M. Proteomics for genetics and physiological studies in plants. **Electrophoresis**, Weinheim, v. 20, p. 2013-2026, 1999.

TOURINHO NETO, F. **A constituição na visão dos tribunais**. Brasília, DF: Tribunal Regional Federal – 1ª Região, 1997. v. 3, 589p.

UETA, J.; PEREIRA, N. L.; SHUHAMA, I. K.; CERDEIRA, A. L. Biodegradação de herbicidas e biorremediação: microrganismos degradadores do herbicida atrazina. **Biotecnologia**, v.10, p. 10-13, 1999.

WATSON, J. D. **A passion for DNA** - genes, genomes and society. New York: Cold Spring Harbor Laboratory Press, 2000. 250 p.

WATSON, J. D.; GILMAN, M.; WITKOWSKI, J. **Recombinant DNA**. 2. ed. New York: W H Freeman, 1992. 626 p.

Web Sites Consultados

ABS Global: <http://www.absglobal.com>

Access Excellence: <http://www.accessexcellence.org>

Ag Biotech Infonet: <http://www.biotech-info.net>

Artigos sobre DNA: <http://www.dnfiles.org>
Associação Nacional de Biossegurança: <http://www.anbio.org.br>
Bioagro: <http://www.bioagro.ufv.br>
Biodiversity Information Network: <http://www.binbr.org.br>
Bioethics Net: <http://www.med.upenn.edu/bioethic>
Biotecnologia de Plantas: <http://www.checkbiotech.org>
Celera Genomics: <http://www.celera.com>
Cenargen: <http://www.cenargen.embrapa.br>
Centro de Bioética: <http://www.bioethics.umn.edu>
Cold Spring Harbor Laboratory: <http://vector.cshl.org>
Conselho de Informação sobre Biotecnologia: <http://www.cib.org.br>
Convention on Biological Diversity: <http://www.biodiv.org>
Council for Biotechnology Information: <http://www.whybiotech.com>
CTNBio: <http://www.ctnbio.gov.br>
Dictionary of Life Science: <http://biotech.icmb.utexas.edu/search/dict-search.html>
Embrapa: <http://www.embrapa.br>
GenBank (NCBI): <http://www.ncbi.nih.gov>
Georgia Bureau of Investigation: <http://www.ganet.org/gbi/fsdna.html>
Greenpeace: <http://www.greenpeace.org>
Information System for Biotechnology: <http://www.nbiap.vt.edu>
International Service for the Acquisition of Agribiotech Applications: <http://www.isaaa.org>
Nanobiotecnologia: <http://www.jnanobiotechnology.com>
Nano-seqüenciamento: <http://www.454.com>
Nanotecnologia: <http://www.voyle.net>
National Centre for Biotechnology Education: <http://www.ncbe.reading.ac.uk>
Projeto Biota: <http://www.biota.org.br>
Projeto Genoma Brasileiro: <http://www.brgene.lncc.br>
Projeto Genoma Humano: http://www.ornl.gov/TechResources/Human_Genome
Revista BioTecnologia: <http://www.biotecnologia.com.br>
Revista Ciência Hoje: <http://www.ciencia.org.br>
Roslin Institute: <http://www.ri.bbsrc.ac.uk>
Science Magazine: <http://www.sciencemag.org>
Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência SBPC - <http://www.sbpnet.org.br>
The Center for Bioethics and Human Dignity: <http://www.cbhd.org>
The World Conservation Union: <http://www.iucn.org>
Trends in Biotechnology: <http://www.merkle.com/papers/bionano.html>
Union of Concerned Scientists: <http://www.ucsusa.org>