

Avaliação de Impactos do Milho Geneticamente Modificado

Dra. Alda Lerayer – Engenheira agrônoma, Doutora em Genética e Melhoramento de Plantas e Microrganismos e Diretora-Executiva do Conselho de Informações sobre Biotecnologia (CIB).

Dr. Ernesto Paterniani – Professor titular de Genética da Esalq/USP.

Dr. José Maria da Silveira – Engenheiro Agrônomo, Doutor em Economia do Instituto de Economia da Unicamp.

Dr. Marcelo Menossi – Professor Livre Docente do Departamento de Genética e Evolução do Instituto de Biologia da Unicamp.

Dra. Leila Oda – Pesquisadora da Fiocruz e presidente da Associação Nacional de Biossegurança (ANBIO)

Dra. Luciana Di Ciero – PhD em Bioquímica e pesquisadora da Esalq/USP.

O objetivo do presente texto é apresentar um resumo sobre os principais pontos que envolvem a avaliação de risco do milho geneticamente modificado (GM), com foco nas questões que têm motivado debates e discussões. Este resumo utiliza apenas parte da vasta literatura existente sobre o assunto, com foco principal em questões que geram dúvidas e lacunas e que são fundamentais para o avanço da agricultura brasileira.

O estudo é dividido em nove itens, além da bibliografia consultada que subsidia o trabalho, realizado com foco no milho Bt, no milho tolerante ao glifosato e no milho tolerante ao glufosinato, como segue:

- 1- Introdução
- 2- Taxonomia e características do milho cultivado
- 3- O cultivo do milho no mundo
- 4- Considerações de biossegurança para análise de risco do milho Bt
- 5- Milho tolerante a herbicidas (glifosato e glufosinato) – considerações de biossegurança
- 6- Segurança alimentar (humana e animal) de milhos GM
- 7- Coexistência entre milho orgânico, convencional e milhos GM
- 8- Impacto socioeconômico da introdução dos milhos GM
- 9- Conclusões
- 10-Bibliografia

1- Introdução

A agricultura moderna logrou, ao longo dos últimos 50 anos, expandir a produção de alimentos e matérias-primas industriais a taxas de crescimento superiores às da população e de renda. Mesmo com o dobro de brasileiros de 1970 para cá, a oferta de alimentos – em quantidade, qualidade e variedade –, mais que dobrou, apoiada na contribuição dos conhecimentos científicos e tecnológicos para o aumento da produtividade e do uso dos fatores que tendem a ficar escassos com o tempo, como a terra e o próprio trabalho. Tal processo, de tão bem-sucedido, resultou na tendência, de

longo prazo, de queda de alimentos e na consolidação do Brasil como um dos principais produtores de alimento e de energias de base renováveis do mundo.

Todavia, a aplicação de conhecimentos científicos na agricultura, no processamento de alimentos e de sua conservação, não é uma tarefa que se esgote apenas no âmbito de laboratórios e centros de pesquisa e desenvolvimento. Aumenta, cada vez mais, a percepção de que para vencer os desafios colocados no século XXI é preciso ampliar as formas de diálogo e comunicação entre os diferentes atores do processo de produção e distribuição de alimentos. Isso inclui conciliar interesses de expansão da produção com questões que envolvem o tema segurança alimentar. O Brasil, ao fortalecer a pesquisa agrícola e as organizações públicas e privadas voltadas ao desenvolvimento agrícola, é um dos exemplos da importância dessa integração.

A agricultura e as cadeias agroindustrias estão inseridas em um contexto mais amplo, que vai desde a pesquisa em laboratório até a discussão sobre desenvolvimento sustentável, passando pela idéia de fortalecimento de espaços territoriais peculiares e pelo uso da agricultura familiar como meio de combate à pobreza, pelo efeito direto de geração de renda e indireto pela melhoria da oferta de alimentos e matérias-primas.

Harmonizar os diferentes elementos que constituem a complexa atividade de produção de alimentos no mundo moderno é fundamental. Não se trata apenas de constatar o gigantismo da tarefa de alimentar bilhões de pessoas e tirar da pobreza absoluta mais de 800 milhões de cidadãos que vivem nas zonas rurais em várias partes do mundo. Trata-se de fazê-lo de forma sábia, aproveitando as competências acumuladas e os avanços alcançados no tocante à compreensão das relações entre agricultura, ambiente e sociedade.

Um dos pontos centrais e desafiadores desse processo é o da globalização das relações comerciais e regulatórias. Fatos relevantes que ocorrem em países distantes, como China e Austrália, interferem nas decisões produtivas de localidades brasileiras do interior. Trata-se de um processo que pode ser benéfico se bem aproveitado, mas que pode, também, impor enormes prejuízos como os que foram verificados no caso recente do surto de febre aftosa.

Portanto, o grande desafio é o de regular esse processo com sobriedade, de forma a aproveitar as contribuições da aplicação do conhecimento científico e tecnológico para o aumento de produtividade e para a redução do impacto ambiental da agricultura.

Nos últimos 30 anos, período de plena difusão dos frutos da revolução verde, os sistemas internacionais e nacionais de pesquisa agrícola têm demonstrado, ainda que com necessidade crescente de recursos financeiros e humanos, capacidade de gerar novas tecnologias que amenizem o impacto ambiental da agricultura convencional, introduzindo uma nova atividade no campo, menos impactante e mais voltada para as tendências de diferenciação do consumidor. Trata-se de um claro indício de evolução conjunta da atividade produtiva e da pressão originada da análise do choque da atividade econômica sobre o ambiente.

A Biotecnologia está claramente inserida nesta tendência e uma de suas mais notáveis contribuições tem sido a de alertar a humanidade de que é possível conciliar o conhecimento acumulado no melhoramento genético convencional com novas técnicas de genética recombinante, abrindo espaço para a redução do uso de produtos químicos, para a melhoria do combate a doenças e pragas que até hoje não são controladas, a exemplo de algumas doenças virais e de certos fungos e insetos. Olhando para o futuro, a biotecnologia permite vislumbrar uma nova fronteira de enriquecimento de produtos da agricultura ao agregar valor direto a esses cultivos. De acordo com o relatório de 2005 da Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO), “a Biotecnologia Moderna é uma ferramenta promissora para que o mundo alcance essas metas arrojadas de produção, que dificilmente serão alcançadas apenas com o uso das técnicas agrícolas convencionais”.

Assim, desenvolvida de forma adequada, a biotecnologia permite, inclusive, romper barreiras impostas por tecnologias hoje tidas como convencionais por agricultores familiares e pequenos. A adoção de sementes melhoradas como insumos modernos por excelência – de fácil aquisição e com custos compatíveis – permite ao pequeno agricultor reduzir perdas inesperadas, aumentar produtividade, melhorar a qualidade do produto e, portanto, planejar melhor o seu negócio. A importância do algodão resistente a insetos na China e na Índia é um atestado da relevância da biotecnologia para o progresso das condições de inserção da pequena produção no mercado.

A melhoria das condições nutricionais ocorrida na segunda metade do século XX está associada à ampliação do “complexo carnes”. A produção de ração com base em milho e soja foi fundamental para que essa realidade fosse alcançada, com uma ampliação modesta da área ocupada pelas atividades agropecuárias. A continuidade deste processo, que passa a ocorrer mais intensamente com a incorporação de populações pobres ao mercado – o que vem ocorrendo intensamente nos países do continente asiático – depende, portanto, do aumento da produtividade desses cultivos. Sendo o milho um produto cultivado em quase todas as regiões do País, com grande diversidade de situações e de níveis tecnológicos, a difusão e adoção de variedades geneticamente modificadas resistentes a insetos constituem-se em uma saída simples e compatível com a mencionada diversidade de situações produtivas encontradas no Brasil: amplia-se, assim, a produção e a adoção de uma tecnologia redutora de custos e poupadora de insumos químicos, acessível a agricultores de diferentes tamanhos.

Resultados obtidos pela análise da biotecnologia agrícola nos últimos dez anos parecem contrariar os prognósticos mais pessimistas. Pode-se mencionar alguns deles:

a) Estudos extensivos realizados após dez anos da introdução das culturas geneticamente modificadas, contrariamente ao que se previa, não registraram perda de diversidade genética, quando comparados às produções agrícolas convencionais. Ao contrário, em cultivos de algodão e milho com a introdução do Bt, por exemplo, houve a diminuição da uniformidade genética em 28%;

b) O processo de aração é usado freqüentemente na agricultura para se evitar plantas daninhas, uniformizar o solo e deixá-lo preparado para receber as sementes. Esse procedimento, entretanto, sem os devidos cuidados pode levar à degradação do solo, à

erosão e salinização, além da perda de nutrientes e de deterioração biológica. Estima-se que cerca de 67% dos solos agricultáveis do mundo estejam degradados. A introdução de cultivos agrícolas geneticamente modificados permitiu maior preservação do solo e maior acúmulo de matéria orgânica, ao mesmo tempo em que diminuiu o número de arações necessárias para o controle de plantas daninhas, devido à facilitação do emprego, do plantio direto ou cultivo mínimo;

c) O uso de variedades GM possibilitou, igualmente, um manejo de plantas daninhas e insetos mais específico e eficiente, se comparado às variedades convencionais e à incidência da utilização de herbicidas químicos e pesticidas. As variedades resistentes a insetos (Bt), que expressam proteínas Bt altamente específicas, como é o caso do milho Bt, são excelentes exemplos da possibilidade de substituição de inseticidas de largo espectro. As proteínas inseticidas expressas no milho Bt possuem atividade bem pontual e praticamente não agem contra organismos não-alvos. Além disso, as proteínas são expressas no interior do tecido da planta, minimizando a exposição de animais que não se alimentam dessa espécie;

d) Estudos realizados em diversos países demonstram não haver diferença na abundância e variabilidade de espécies nos campos plantados com milho Bt, quando comparados aos cultivos convencionais não tratados com inseticidas, com exceção da espécie-alvo e de seus parasitas específicos.

Os estudos de análise de risco devem basear-se em experimentos cientificamente delineados que representem da melhor forma possível as condições de cultivo de variedades de milho GM e convencional, captando, portanto, uma ampla gama de situações que determinem os prós e os contras da adoção de cada um deles, assim como os estudos racionais para a determinação de sua convivência.

Os trabalhos científicos recentes realizados na Europa, nos Estados Unidos e na Argentina – os dois últimos competidores diretos do Brasil no mercado internacional de produtos agrícolas e há vários anos conhecidos difusores de cultivares Bt – mostram impactos positivos para o meio ambiente e para a biodiversidade agrícola a partir da adoção das variedades de milho resistentes a insetos e tolerantes a herbicidas, atualmente comercializadas no mundo.

Tais evidências reforçam a impressão de que uma parcela dos debates a respeito dos possíveis riscos ambientais sobre cultivos Bt tem sido pautada por argumentações filosóficas, conjecturas teoricamente ecológicas e estudos laboratoriais que não espelham a situação real do campo e o que pode ser captado por um processo científico de experimentação visando o monitoramento de risco. Estas constatações alertam para o uso dos diferentes elementos do complexo tema da biossegurança em jogos de comércio: ao ampliar os potenciais problemas que possam surgir – com a adoção de variedades de milho Bt –, a despeito das evidências empíricas obtidas em vários países, nações importadoras visam ganhar margem para imposição de barreiras técnicas ao comércio sem o risco de sofrerem penalidades determinadas por organizações como a Organização Mundial do Comércio (OMC).

Finalmente, cabe a lembrança de que a literatura recente sobre biotecnologia agrícola tem mostrado que, para que a adoção de variedades GM ocorra de forma compatível com a diversidade de agricultores e de práticas de cultivo que caracterizam a produção de grãos, é necessário que o processo regulatório que envolve a questão de biossegurança seja adequado às margens estreitas de lucratividade deste tipo de atividade econômica.

Portanto, é crucial a definição de parâmetros justos para a utilização de variedades resistentes a insetos, como as transgênicas de milho Bt. Trata-se de encontrar a combinação adequada que considere os ganhos ambientais no uso desses cultivos com os custos adicionais decorrentes da utilização de medidas que permitam a convivência das variedades transgênicas com as aquelas conhecidas como convencionais.

A desconfiança na capacidade da ciência e da tecnologia em fornecer informações que alimentem um sistema de biossegurança não pode ser utilizada como argumento para gerar exigências cuja severidade tem, por único objetivo, funcionar como uma proibição disfarçada de precaução. O princípio do diálogo, base da linguagem científica, talvez seja o melhor antídoto para o medo travestido de intolerância.

É por isso que cabe às cadeias produtivas do agronegócio responder a necessidade crescente de alimentos com quantidade e qualidade, sempre levando em conta o menor grau de agressão ao meio ambiente com custos acessíveis à população.

2 - Taxonomia, morfologia, reprodução e características do milho cultivado

Zea mays Linnaeus, também conhecido como milho, é uma gramínea monoécia anual, cultivada em vários países e usada como ração animal, silagem, grão para alimento humano, óleo vegetal, xarope e diversos outros usos. *Zea* é um gênero da família das Gramíneas (*Poaceae*) dividido em quatro espécies: *Zea mays*, milho cultivado e teosinte; *Zea diploperennis*, teosinte diploperenial; *Zea luxurians*, e *Zea perennis*, teosinte perene. Na família Maydeae, encontra-se o gênero Americano *Zea* e o *Tripsacum*, outro gênero de sete espécies, três das quais cultivadas nos Estados Unidos. *Tripsacum* difere do milho em vários aspectos, incluindo o número de cromossomos ($n=9$), ao contrário de *Zea* ($n=10$). Todas as espécies de *Tripsacum* podem cruzar com *Zea*, mas somente artificialmente com dificuldade e apenas com extrema esterilidade, cuja propagação só se consegue por meio da cultura de tecidos em laboratório.

O milho cultivado foi domesticado a partir do teosinte, há mais de 8.000 anos. Durante essa domesticação, adquiriu várias características agrônômicas, mas perdeu a habilidade de sobreviver na natureza sem ser cultivado pelo homem. O teosinte, entretanto, permanece como gramínea silvestre no México e na Guatemala. O milho cultivado e membros silvestres de *Zea* diplóide e tetraplóide podem cruzar para produzir híbridos F1 férteis. Entretanto, a hibridização introgressiva não ocorre no meio silvestre, devido às diferenças de épocas de florescimento, separação geográfica, certo nível de isolamento reprodutivo, desenvolvimento, diferenças morfológicas, disseminação e dormência de sementes.

A segunda maior modificação do milho cultivado ocorreu no século 20, a partir de 1920. Esta transformação ocorreu por meio de linhagens isogênicas para produção de sementes. Praticamente, todo milho cultivado hoje é proveniente de sementes híbridas adquiridas anualmente de instituições públicas e privadas produtoras de sementes. Esta transformação resultou em plantas comerciais mais uniformes com características agronômicas superiores, ao mesmo tempo em que contribuiu para o incremento, em até seis vezes, no rendimento por área plantada. A descoberta da tecnologia do vigor de híbrido (heterose), primeiramente no milho e depois em outras espécies cultivadas, constituiu a maior aplicação da genética no século passado para a produção de alimentos.

O milho é uma planta de polinização cruzada, sendo o pólen distribuído pelo vento. Todas as variedades de milho, inclusive as geneticamente modificadas, apresentam o mesmo sistema reprodutivo. O conhecimento da distância de dispersão do pólen, de sua curta viabilidade (poucas horas) e das diferentes épocas de florescimento entre as variedades, tem permitido a manutenção das mesmas, livres de contaminação com pólen indesejável. Mesmo os povos indígenas mantinham normalmente diferentes variedades de milho utilizando esses conhecimentos. É natural que agricultores modernos também tenham mantido variedades crioulas livres de cruzamentos não desejados.

O escape gênico no milho pode ocorrer por meio da transferência do pólen. Se o pólen de uma planta transgênica for viável e puder ser transferido pelo vento para um receptor no período viabilidade do pólen, poderá, então, ocorrer um escape do material genético. Este potencial de transferência se torna mais raro na medida em que a distância aumenta entre a planta doadora e a planta receptora. O isolamento temporal reduz a possibilidade de efetiva polinização e fertilização.

3 - O cultivo do milho no mundo

O milho tem sido cultivado desde tempos históricos (há cerca de 8.000 anos) migrando do México para toda a América. Trata-se do terceiro cereal mais produzido no mundo depois do trigo e do arroz. É amplamente cultivado com uma produção mundial, em 2002, de 594 milhões de toneladas. Esta lavoura é afetada por inúmeras pragas, sendo as mais importantes as lagartas que se alimentam das folhas e danificam as espigas, além de lesarem a raiz, impedindo a planta de absorver água e nutrientes do solo. A alternativa é a aplicação de inseticidas como os organofosforados, carbamatos e piretroides, que, além de elevarem o custo de produção, representam um significativo problema ambiental e de saúde. Na agricultura orgânica, utilizam-se a pulverização de esporos de uma bactéria chamada *Bacillus thuringiensis* (BT) que faz um controle biológico destas pragas. Encontram-se disponíveis no mercado produtos comerciais à base de *Bacillus thuringiensis* (BT).

O milho Bt foi introduzido no mercado pela primeira vez em 1996 e atualmente é cultivado em nove países. Essa variedade, juntamente com o milho tolerante ao glifosato e o milho tolerante ao glufosinato de amônio, ocupa uma área plantada mundial de 20 milhões de hectares.

4 - Considerações de biossegurança para a análise de impacto do milho Bt

O *Bacillus thuringiensis* (Bt) é uma bactéria do solo formadora de endósporo, caracterizado pela presença de cristais protéicos (proteínas *Cry*) dentro do citoplasma das células esporuladas. As diferentes variedades de *B. thuringiensis* possuem diferentes combinações de proteínas *Cry* (também chamadas de toxinas Bt) e cada uma dessas toxinas possui toxicidade específica para determinados grupos de artrópodes. Elas se ligam à parede intestinal do inseto levando a um processo de lise que conduz à morte do inseto. Inseticidas microbianos têm sido usados desde 1950 em formulações aplicadas às culturas, sobretudo na agricultura orgânica.

A resistência a inseto conferida pela expressão das proteínas *Cry* em milho vem sendo usada há dez anos em cultivos comerciais de milho e de algodão. Estudos de longa duração têm sido realizados para verificação da ação do milho Bt sobre artrópodes, inimigos naturais, parasitóides, abelhas e outros polinizadores. Os resultados desses estudos estão anexados e mostram não existir toxicidade da proteína *Cry* para insetos benéficos.

Nos procedimentos de análise de risco do milho Bt (CRY1AB, CRY1AC, CRY1FA, CRY2AB), diferentes aspectos devem ser considerados visando a identificação de potenciais efeitos adversos, levando-se em conta:

- a) Efeitos potenciais em organismos não-alvo
- b) Efeitos não-intencionais em organismos-alvo
- c) Alterações potenciais de invasividade
- d) Mudanças potenciais de toxicidade
- e) Mudanças potenciais e alergenicidade

Para todos os parâmetros analisados é fundamental considerar a frequência, as consequências e o risco estimado. Abaixo, relacionamos alguns desses aspectos para cada situação:

4.1. Efeitos potenciais em organismos não-alvo

Como os genes inseridos codificam toxinas inseticidas, é importante considerar na avaliação de impactos os efeitos sobre organismos não-alvo, incluindo espécies benéficas. Devem ser considerados dois cenários: 1) efeitos diretos quando outros insetos e animais se alimentam da planta contendo o gene Bt; 2) efeitos indiretos quando animais ingerirem os insetos-alvo.

As variedades Bt usadas até a presente data possuem produtos de expressão gênica bastante conhecida e têm efeito altamente específico para um limitado número de Lepidópteras. A extensão do efeito sobre as Lepidópteras depende, em primeiro lugar, do tipo de atividade. Em situações de plantações em escala comercial, possíveis impactos dependerão muito da presença e do comportamento dos insetos e da variedade envolvida. Quando os insetos não estão presentes na área plantada ou não usam a planta como principal fonte de sua alimentação, é muito pouco provável qualquer efeito sobre essa população.

No caso dos insetos presentes utilizarem a planta como principal fonte de alimentação, estudos adicionais devem ser requisitados. Se os resultados de observações empíricas mostrarem impacto significativo sobre a população desses insetos Lepidópteras expostas ao milho Bt, devem, igualmente, ser realizadas avaliações das conseqüências verificadas. Se outros insetos são também afetados, então o impacto poderá ser relativo ou maior. Para o caso da população desses insetos ser bem grande na região, o impacto poderá ser menor ou insignificante. Resultados desses testes devem ser comparados usando-se por base práticas agrícolas convencionais.

A avaliação das conseqüências é bastante relativa e depende de situações distintas. Por exemplo: se em um país o produto é plantado em várias regiões e em grande quantidade, então a conclusão poderá ser diferente da obtida em países onde o plantio é marginal. Entretanto, a avaliação de risco deverá considerar os resultados de plantios comerciais e em grande escala existentes em outros países. Existem na literatura inúmeras publicações sobre estudos de longa duração de plantios de milho Bt nos quais são avaliados os riscos da variedade GM sobre espécies não-alvos. Nenhum dos trabalhos publicados até então demonstrou qualquer efeito do milho Bt sobre espécies não-alvo.

Considerando-se que estas variedades são plantadas comercialmente há dez anos, este dado é bastante relevante e um indicador importante de segurança. É fundamental, sobretudo, ressaltar o risco global comparado. Ou seja: no cultivo convencional, a aplicação intensiva de inseticidas químicos acarreta um impacto significativo sobre os insetos presentes de forma indiscriminada.

4.2. Efeitos não-intencionais sobre organismos-alvo – o desenvolvimento de resistência ao Bt

O aparecimento de resistência ao Bt não é considerado um efeito ambiental adverso, mas sim um efeito inerente às práticas agrícolas. Entretanto, para o uso de inseticidas microbianos pode ser considerado como um efeito ambiental, dependendo da situação. Em pequena escala, o aparecimento de resistência é desprezível, mas, para grandes escalas e plantio comercial, o surgimento de resistência é relevante, sobretudo quando não são aplicadas estratégias de manejo. Existem várias estratégias de manejo para minimizar o surgimento de resistência, que já foram bem testadas e validadas em vários países, tais como inclusão de refúgios, rotação de culturas, dentre outras práticas também adotadas para o uso de defensivos químicos.

A controvérsia gerada em torno da possível introdução do transgene em populações nativas de milho em Oaxaca, no México, mostrou que a introdução do milho Bt não reduziu a diversidade genética do milho em centros de origem. Tampouco essa cultura agregou riscos adicionais aos já existentes, devido a variedades genéticas desenvolvidas pelo homem, não sendo esses genes mais invasores do que outros que têm sido modificados em variedades de milho. Não foi detectada a prevalência do transgene nas espécies nativas. Os estudos completos sobre o milho Bt no México encontram-se anexados.

5 - Milho tolerante a herbicidas (glifosato e glufosinato) – aspectos de biossegurança

A ampla adoção de cultivos tolerantes a herbicidas, dentre eles a soja e o milho, gerou preocupações quanto a intensificação do uso de apenas um herbicida, o que poderia levar ao aumento de plantas daninhas resistentes ao herbicida em uso. Entretanto, sabe-se que independentemente à introdução de cultivos GM, mudanças no processo agrícolas nas últimas décadas levaram ao aparecimento de inúmeras pragas resistentes a diferentes herbicidas. É fato que o surgimento da maior parte das plantas invasoras resistentes a herbicidas não teve ligação com a introdução de cultivos GM.

No Brasil, existem quatro plantas daninhas tolerantes ao glifosato, que já tinham essa característica antes da existência deste herbicida. O uso de herbicidas inibidores de acetolactato sintase (ALS) induziu a evolução de mais de 90 biotipos de plantas resistentes, enquanto que 65 se tornaram resistentes à atrazina. Ao contrário do que afirmam alguns, o surgimento de resistência ao glifosato é menos freqüente do que em relação a outros herbicidas devido ao seu modo de ação e propriedades químicas. Após três décadas de uso do glifosato na agricultura convencional, foram constatadas apenas oito plantas invasoras resistentes ao herbicida em todo o mundo.

Os estudos concluídos após dez anos de introdução de variedades tolerantes a herbicidas demonstraram que não houve mudança no perfil de resistência de plantas invasoras em lavouras de milho resistentes a glifosato ou ao glufosinato. De qualquer forma, é recomendado estabelecer procedimentos de manejo para minimizar o aparecimento de resistências, o que pode ser feito por meio da diminuição da pressão de seleção, evitando-se, assim, o plantio contínuo da mesma cultura resistente a um herbicida, além de anualmente promover a rotação de herbicidas.

Existem várias críticas no sentido de que a introdução de variedades tolerantes a herbicidas levam a um aumento do uso de herbicidas. Entretanto, vários estudos demonstram que embora pequena, existe uma redução estatisticamente significativa quando do uso do milho resistente a glifosato e do milho resistente ao glufosinato. Para proceder esses estudos sob o aspecto da análise de risco, não basta analisar o total de aplicações e de ingredientes ativos utilizados. É fundamental avaliar as mudanças decorridas nas mudanças das misturas de herbicidas empregados e, sobretudo, no grau de toxicidade dos diferentes herbicidas, além da persistência no meio ambiente. A introdução do milho tolerante ao glifosato ou ao glufosinato permitiu aos agricultores usarem herbicidas até três vezes menos tóxicos do que os anteriormente usados para as variedades convencionais de milho.

Outro aspecto importante diz respeito ao uso do herbicida pós-emergente na variedade GM, o que altera a prática agrícola convencional. Para tanto, estudos recentes realizados pelo órgão de segurança alimentar da União Européia demonstraram que, quando o glufosinato é aplicado de acordo com as boas práticas agrícolas, a quantificação do resíduo de glufosinato de amônio em milho tolerante a glufosinato não é superior a 0,1 mg/Kg (LOQ), o que não causa qualquer impacto negativo sobre a saúde humana ou animal. Além disso, o glufosinato e seus metabólitos são de baixa persistência no solo em condições aeróbicas.

6 - Segurança alimentar (humana e animal) de milhos GM

Antes da comercialização de variedades GM destinadas à ração animal ou alimentação, fazem parte das avaliações de risco a análise da segurança alimentar, de composição, toxicidade e alergenicidade das novas proteínas.

Os milhos Bt, o tolerante ao glifosato e o tolerante ao glufosinato de amônio passaram por análise de composição, níveis de proteínas, óleo, amido e fibras em comparação com as mesmas isolinhas convencionais. Não foram detectadas diferenças significativas em nenhum dos parâmetros estudados, quando comparados com o perfil das variedades de milho convencional. Essas variedades mostraram ter a mesma equivalência substancial que as isolinhas. A composição analítica de silagem também foi estudada. Medidas de matéria seca, proteína bruta disponível, fibra ácida, fibra neutra, total de nutrientes digeríveis, cálcio, fósforo, potássio e magnésio também foram analisados. Os valores encontrados para todas as variedades de milho GM ficaram dentro da mesma margem de segurança dos níveis registrados para híbridos de milho.

Outro componente relevante para a avaliação da segurança alimentar de variedades GM é a presença de compostos alergênicos. Relatório recente da Academia Real de Ciências do Reino Unido, após exaustiva consulta, informa que nenhuma das variedades de milho GM comercializadas no momento apresenta atividade alergênica adicional à encontrada nas variedades de milho convencionais. Árvores de decisão para avaliação de risco alergênico foram desenvolvidas pela FAO em conjunto com o Conselho de Biotecnologia Alimentar e devem ser aplicadas para cada nova construção genética, antes de sua comercialização.

Em 2001, o Centro de Controle de Doenças dos Estados Unidos (CCD) investigou 28 pessoas que relataram possível alergia devido à ingestão do milho Bt contendo a proteína Cry 9c (milho *Starlink*). Após testes de ELISA comparando o soro dos pacientes, o CCD concluiu que nenhum dos processos alérgicos relatados estava associado ao milho Bt. Este é um claro exemplo de que a investigação epidemiológica é possível a qualquer momento e que onexo causal pode ser investigado.

Outra avaliação importante, sob o ponto de vista da biossegurança, consiste na identificação de fragmentos da proteína derivada do transgene em derivados de animais alimentados com ração contendo milho GM. Inúmeros estudos foram realizados e encontram-se anexados. Esses trabalhos visam a detecção da presença do transgene em carnes, leite e ovos de animais alimentados com milhos Bt, tolerante a glifosato e tolerante a glufosinato. Não existem informações documentadas de que qualquer transgene tenha sido encontrado nesses produtos, embora fragmentos de genes de cloroplastos de plantas que estão presentes em concentrações 1000 vezes maiores do que o transgene no milho GM foram detectados. Não há nenhum caminho óbvio pelo qual a célula com propriedades alteradas biologicamente devido à ingestão de DNA possa transmitir esses efeitos para outras células.

Todas essas evidências devem ser analisadas dentro do contexto de uma alimentação normal, tanto para humanos como para animais, envolvendo uma grande

quantidade de DNA. Por exemplo: para vacas de 600 Kg, cerca de 600 mg de DNA é consumido por dia. Este DNA não será proveniente apenas das células do alimento, como também de contaminantes microbianos e virais. Devido ao histórico de consumo humano e animal de diferentes fontes de DNA, foi considerado pelo estudo da Academia Real de Ciências Britânica que nenhum risco é agregado pela ingestão de DNA de milho Bt ou tolerante a herbicidas.

6.1. Redução de micotoxinas em milho Bt

Um tema pouco discutido, mas que tem grande impacto positivo sobre a saúde humana e animal, além dos aspectos econômicos, é a possibilidade de se ter o melhoramento de características qualitativas por conta da introdução da toxina Cry no milho. Estudos recentes têm identificado que as variedades de milho Bt possuem menor concentração de micotoxinas.

As micotoxinas encontradas mais freqüentemente no milho são a fumonisina e a aflatoxina. Essas toxinas são produzidas respectivamente por fungos do gênero *Fusarium* e do gênero *Aspergillus*. As micotoxinas são substâncias altamente tóxicas tanto para humanos como para animais, levando ao câncer hepático, doenças pulmonares, hemorragias e à morte. Em aves, o consumo de ração contaminada com aflatoxina ocasiona a redução da postura de ovos e a produção de ovos com baixa qualidade e aumento de suscetibilidade a doenças. Estudos têm identificado que o milho Bt possui bem menos concentração de micotoxinas do que o milho convencional. O milho Bt reduz os níveis de fumonisina em até 95% e o de aflatoxina em até 50%.

7 - Coexistência entre milho orgânico, convencional e milhos GM

O termo coexistência significa a possibilidade de um agricultor poder escolher o tipo de agricultura que deseja: orgânica, convencional, plantio direto, biodinâmica, hidropônica, proveniente da biotecnologia, etc. Embora a coexistência não seja uma matéria relacionada à biossegurança, mas sim a aspectos econômicos, iremos abordar o tema por entendermos ser um assunto que tem demandado inúmeras controvérsias.

Para que o país tenha convivência harmônica entre as diferentes formas de agricultura, será fundamental o estabelecimento de regras de coexistência entre esses cultivos fundamentados nos limites mínimos de presença adventícia aceitável entre os diversos cultivos. É importante ressaltar que, também para os produtos orgânicos e convencionais, são estabelecidas regras de segregação, de modo a impedir resíduos indesejáveis nos diferentes produtos, e não apenas entre variedades convencionais e GM.

Uma boa referência para fundamentar as normas a serem definidas no Brasil são os estudos recentes realizados pela União Européia (2006). Esses trabalhos identificaram diferentes condições de cultivo, considerada toda a cadeia produtiva que vai desde a produção de sementes básicas até o cultivo comercial do milho GM, introduzindo variáveis com o objetivo de avaliar os diferentes custos nas condições de maior e menor restrição.

É claro que devem ser diferentes as regras para a produção de sementes (normas mais rígidas de presença adventícia) e para os cultivos comerciais (regras mais flexíveis). No caso europeu, o limite de presença adventícia de semente GM nas sementes convencionais de milho é de 0,9%. O estudo europeu demonstrou que, com a utilização de práticas agrícolas adequadas, é possível a coexistência entre os cultivos de milhos orgânicos, convencionais e transgênicos.

7.1. Coexistência na produção de milho GM na Europa

O milho é a espécie de maior produção no continente europeu. O grão de milho é processado e usado tanto para ração animal como na produção de alimento humano. A França é o maior produtor de milho na Europa, com 2 milhões de hectares plantados – e o milho GM é a única variedade GM produzida naquele continente, principalmente pela Espanha com cerca de 58.000 hectares.

Foram identificadas três fontes de contaminação adventícia com milho GM: traços de sementes GM em lotes de sementes não-GM; polinização cruzada de campos vizinhos GM; compartilhamento de equipamentos usados em campos de milho GM com de milho não-GM. Variáveis como vento e o tamanho dos campos são fundamentais para definir os valores de presença adventícia. A medida mais eficaz considerada é o isolamento espacial entre os campos GM e não-GM. A inclusão de bordaduras de milho não-GM também é usada como medida de limitação de fluxo gênico entre as lavouras. E, por último, a utilização de variedades GM com diferentes épocas de florescimento em relação às variedades não-GM ou o plantio em datas diferentes de 25 a 40 dias, também é considerada como medida adicional preventiva de fluxo gênico, pois não há sincronização de florescimento.

Para diferentes tamanhos e campos de cultivo são definidas as distâncias mínimas para se conseguir um nível de presença adventícia desejado. Por exemplo, uma bordadura de milho não-GM de 9 m associada a uma diferença de florescimento de 30 dias reduz o nível de presença adventícia abaixo de 0,6%. Um estudo da Espanha mostra que o isolamento espacial de 20 metros foi suficiente para atingir um nível de presença adventícia menor que 0,9%. O estudo europeu anexado mostra essas informações.

8 - Impacto socioeconômico da introdução dos milhos GM

Estudos recentes têm avaliado o impacto socioeconômico da introdução dos cultivos GM. Embora esses aspectos não digam respeito diretamente às questões de biossegurança, a legislação brasileira prevê a análise socioeconômica quando da introdução de uma variedade GM para fins comerciais. Em última análise, o Conselho Nacional de Biossegurança é quem irá definir com base nesses estudos se uma variedade de milho GM poderá ou não ser comercializado no país. Portanto, com este texto e seus anexos, desejamos dar uma contribuição para ser usada como subsídio na decisão final sobre o tema.

Desde a introdução de variedades GM no mundo, em 1995, tanto agricultores como os detentores da tecnologia têm tido grandes vantagens, advindas não só de melhores condições de manejo, como, sobretudo, devido à economia de insumos.

Em 2004, o benefício direto para os agricultores que plantaram OGMs no mundo foi de US\$ 4,8 bilhões. Se considerarmos desde 1996, o cultivo de GM no mundo rendeu lucro adicional aos agricultores de US\$ 19 bilhões. As melhores vantagens para os agricultores foram provenientes da soja GM seguida do algodão GM. Vantagens significativas também vêm sendo verificadas com o milho tolerante a herbicida e o milho Bt. Para o caso do milho GM, os agricultores lucraram US\$ 2,5 bilhões desde 1996. Para os milhos tolerantes a herbicidas, o benefício dos agricultores foi de US\$ 579 milhões desde 1996 e, para o milho resistente a inseto, esse lucro foi de US\$ 1,9 milhões, sendo o restante correspondente ao milho tolerante a herbicida e a inseto.

Essas vantagens foram conseguidas devido aos seguintes fatores:

8.1 Para o caso dos milhos tolerantes a herbicidas

- a) Aumento na flexibilidade de manejo devido à facilidade de uso e aplicação de herbicidas pós-emergentes, com crescimento na distância dos períodos de aplicação;
- b) Menor risco de perda das lavouras devido à aplicação de herbicidas pós-emergentes;
- c) Redução ou eliminação do processo de preparo de solo, resultando em economia de tempo, economia de equipamentos e em maior concentração de matéria orgânica no solo;
- d) Maior controle de plantas invasoras, o que proporciona economia de tempo e maior qualidade das lavouras, gerando, em algumas regiões, prêmios pela qualidade do produto;
- e) Eliminação de dano provocado pela presença de resíduos de herbicidas no solo em cultivos seguintes.
- f) Economia de combustíveis fósseis e de água.

8.2 Para milhos resistentes a insetos

- a) Menor perda das lavouras devido à diminuição da incidência de pragas;
- b) Menos tempo gasto por plantio e conseqüente diminuição do tempo de aplicação de inseticidas;
- c) Economia de energia, água e combustíveis causada diminuição do número de aplicações de inseticidas;
- d) Economia de equipamentos devido à menor aplicação de inseticidas;
- e) Melhor qualidade das lavouras, com menor contaminação com micotoxinas;
- f) Melhores condições de saúde dos trabalhadores devido à diminuição da aplicação de pesticidas.

Com relação ao tamanho da área plantada não existe associação com maior ou menor benefício para o agricultor. Tanto pequenos como grandes agricultores se beneficiam do uso da tecnologia e, em 2004, dos 8,9 milhões de agricultores que usaram a tecnologia em todo mundo, cerca de 90% deles eram pequenos agricultores de países em desenvolvimento.

9 - Conclusões

O resumo dos dados apresentados sobre os aspectos de biossegurança de milho geneticamente modificado aponta para grande acúmulo de informações científicas confiáveis. Esses dados indicam que após dez anos de cultivo do milho Bt, tolerante ao

herbicida glifosato e tolerante ao herbicida glufosinato, essas variedades são tão seguras para o meio ambiente e para a saúde humana e animal como as variedades melhoradas por outras técnicas. Sob o aspecto da segurança alimentar, o milho Bt apresenta vantagens em relação ao milho convencional, tendo em vista a menor concentração de micotoxinas que levam a graves problemas de saúde.

As vantagens socioeconômicas do uso dos milhos GM também mostram a importância para um país produtor desse produto, como o Brasil, perseguir tecnologias que permitam a redução de importações e, sobretudo, aos pequenos agricultores usufruírem desses benefícios.

Observando as vantagens claras sobre os aspectos econômicos, ambiental e de saúde, faz-se necessário uma reflexão não apenas sobre o risco do plantio comercial do milho GM no Brasil, mas sob as perdas e riscos de se postergar a adoção desta tecnologia. O Estado brasileiro deve estar alerta para a sua responsabilidade social e o grave erro de não permitir o acesso à tecnologia que permitirá resolver graves problemas de saúde, ambientais e econômicos do país, por conta de medos e suposições infundadas de riscos fictícios jamais identificados. O Brasil deve dar liberdade para o agricultor escolher a melhor forma de agricultura para a sua realidade.

10 - Bibliografia:

- 1- Ammann, K. (2005). Effects of biotechnology on biodiversity: herbicide tolerant and insect resistant GM crops. *Trends in Biotechnology*, 23 (8): 388-394
- 2- Babendreier, D., Joller, D., Romeis, J., Bigger, F. & Widmer, F. (2005). Bacterial community structures in honeybee intestines and their response to two insecticidal proteins. *Agroscope reckenholz- Tänikon Research Station ART*, 29 pp.
- 3- Becker, G. (2005). *Agricultural biotechnology: background and recent issues*. CRS Report for Congress, USA, 20 pp.
- 4- Bradford, K., Van Deynze, A., Gutterson, N., Parrott, W., & Strauss, S. (2006). *Nature Biotechnology*, 23:439-444.
- 5- Brookes, G. & Barfoot, P. (2005). *GM crops: the global socio-economic and environmental impact- the first years 1996-2004*. Dorchester, UK.
- 6- Carpenter, J. (2001). *Case studies in benefits and risks of agricultural biotechnology: roundup ready soybeans and Bt field corn*. National Center for Food and Agricultural Policy, Washington DC, 54 pp.
- 7- Candolfi, M., Brown, K., Grimm, C., Reber, B. & Scnildli, H. (2004). A faunistic approach to assess potential side effects of genetically modified Bt-corn on non-target arthropods under field conditions. *Biocontrol Science and Technology*, 14: 129-170.
- 8- Centers for Disease Control and Prevention. (2001). *Investigation of human health effects associated with potential exposure to genetically modified corn*. CDC report to FDA: Investigation of human illness associated with potential exposure to Cry 9c. 24 pp.
- 9- Christon, P. (2002). No credible scientific evidence is presented to support claims that transgenic DNA was introgressed into traditional maize landraces in Oaxaca, Mexico. *Transgenic Research*, 11:iii-V.

- 10- Cohen, J. (2005). Poorer nations turn to publicly developed GM crops. *Nature biotechnology*, 23:27-33.
- 11- Council for Agricultural Science and Technology. (2006). Safety of meat, milk, and eggs from animals fed crops derived from modern biotechnology.
- 12- Dalecky, A., Ponsard, S., Bailey, R., Pélessien, C., Bouguet, D. (2006). Resistance evolution to Bt crops: predispersal mating of European corn borers. *Plos Biology*, 4:1048-1057.
- 13- Diario Oficial de la Unión Europea. (2005). Decisión de la Comisión relativa a la autorización de la comercialización de alimentos e ingredientes alimentarios derivados del maíz modificado genéticamente de la línea NK 603 como nuevos alimentos o nuevos ingredientes alimentarios con arreglo al reglamento (CE) no 258/97 del Parlamento Europeo y del Consejo 21.6.2005- L 158/20-22.
- 14- Dively, G., Rose, R., Sears, M. Hellmich, R. Stanley-Horn, D., Calvin, D., Russo, J. & Anderson, P. (2004). Effects on Monarch butterfly larvae (Lepidoptera: Danaidae) after continuous exposure to Cry 1 Ab- expressing corn during anthesis. *Environ. Entomol.*, 33 (4): 1116-1125.
- 15- Duke, S. & Cerdeira, A. (2005). Potential Environmental Impacts of herbicide resistant crops. *Collection of Biosafety Reviews*, vol.2: 66-143, ICGEB, Itália.
- 16- Dutton, A., Klein, H. Romeis, J. & Bigler, F. (2002). Uptake of Bt-toxin by herbivores feeding on transgenic maize and consequences for the predator *Chrysoperla carnea*. *Ecological Entomology*, 27: 441-447.
- 17- Dutton, A., Romeis, J., Bigler, F. (2003). Assessing the risks of insect resistant transgenic plants on entomophagous arthropods: Bt-maize expressing Cry 1Ab as a case study. *Biocontrol*, 48: 611-636.
- 18- EFSA. (2004). Statement of the scientific panel on genetically modified organisms on an evaluation of the 13-week rat feeding study on Mon 863 maize, submitted by the German authorities to the European Commission, 5 pp. [http:// www.efsa.eu.int](http://www.efsa.eu.int).
- 19- EFSA Scientific Report. (2005). Conclusion regarding the peer review of pesticide risk assessment of the active substance glufosinate. 27:1-81.
- 20- Einspanier, R., Klotz, A., Kraft, J., Aulrich, K., Poser, R., Schwägele, F. Jahreis, G., Flachwsky, G. (2001). The fate of forage plant DNA in farm animals: a collaborative case-study investigating cattle and chicken fed recombinant plant material. *Eur. Food Res. Technol.*, 212:129-134.
- 21- Farmscale evaluations research team and scientific steering committee. (2003). *GM crops- effects on farmland wildlife*. UK, 16 pp.
- 22- Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2005). *Genetically modified organisms in crop production and their effects on the environment: methodologies for monitoring and the way ahead*, 33 pp.
- 23- Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2005). *Agriculture biotechnology. Meeting the needs of the poor*. 39 pp.
- 24- Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2005). *Status of research and application of crop biotechnologies in developing countries*. Rome, 62 pp.
- 25- Fox, J. (2003). Resistance to Bt toxin surprisingly absent from pests. *Nature biotechnology*, 21: 958-959.
- 26- Gatehouse, A., Ferry, N., Raemaekers, R. (2002). The case of the Monarch butterfly: a verdict is returned. *Trends in Genetics*, 18: 249-251.

- 27- Gressel, J., Hanfi, A., Head, G., Marasas, W., Obilana, A., Ochanda, J., Souissi, T., Tzotzos, G. (2004). Major heretofore intractable biotic constraints to African food security that may be amenable to novel biotechnology solutions. *Crop Protection*, 23: 661-689.
- 28- Gressel, J. (2005). Problems in qualifying and quantifying assumptions in plant protection models: resultant simulations can be mistaken by a factor of million. *Crop Protection* 24:1007-1015.
- 29- Hayes, K. (2005). Robust methodologies for ecological risk assessment. Best practice and current practice in ecological risk assessment for genetically modified organisms. Centre for Research on Introduced Marine Pests, CSIRO, Australia, 79 pp.
- 30- Henry, C., Morgan, D., Weekes, R., Daniels, R. & Boffey, C. (2003). Farm scale evaluations of GM crops: monitoring gene flow from GM crops to non-GM equivalent crops in the vicinity. Department of Environment, Food and Rural Affairs, UK, 25 pp.
- 31- Hellmich, R., Siegfried, B., Sears, M., Stanley-Horn, D., Daniels, M., Mattila, H., Spencer, T., Bidne, K., Lewis, L. (2001). Monarch larvae sensitivity to *Bacillus thuringiensis* purified proteins and pollen. PNAS online, 101073/pnas211297698.
- 32- Kaplinsky, N., Braun, D., Lisch, D., Hay, A. Hake, S. & Freeling, M. (2002). Maize transgene results in Mexico and artifacts. *Nature*, 416:601.
- 33- Kato, A., Vega, J., Han, F., Lamb, J. & Birchler, J. (2005). Advances in plant chromosome identification and cytogenetic techniques. *Current Opinion in Plant Biology*, 8: 148-154.
- 34- Ladics, G., Bardina, L., Cressman, R., Mattsson, J., Sampson, H. (2006). Lack of cross-reactivity between the *Bacillus thuringiensis* derived protein Cry 1F in maize grain and dust mite Der p7 protein with human sera positive for Der p7-IgE. *Regulatory Toxicology and Pharmacology*, 44:136-143.
- 35- Lawrence, S. (2006). Agbiotech goes further afield. *Nature Biotechnology*, 24:379.
- 36- Lemen, J., Hammond, B., Riordan, S., Jiang, C., Nemeth, M. (2002). Summary of study CV 2000-260: 13- week dietary subchronic comparison study with Mon 863 corn preceded by a 1-week baseline food consumption with PMI certified rodent diet. Monsanto Company, 11 pp.
- 37- Linacre, N., Gaskell, J., Rosegrant, M., Falck-Zepeda, J., Quemada, H., Halsey, M. & Birner, R. (2005). Analysis for biotechnology innovations using strategic environmental assessment (SEA). International Food Policy Research Institute, 55 pp.
- 38- Messean, A., Angevin, F. Gómez-Barbero, M., Menrad, K. & Rodríguez-Cerezo, E. New studies on the coexistence of GM and non-GM crops in the European agriculture. Technical Report. European Commission- Joint Research Centre, 116 pp.
- 39- Munkvold, G. Hellmich, R. & Showers, W. (1997). Reduced fusarium ear rot and symptomless infection in kernels of maize genetically engineered for European corn borer resistance. *Diseases Control and Pest Management*, 87: 1071-1077.

- 40- National Chemicals Inspectorate. (2005). Draft assessment report. Glufosinate-Ammonium- proposal for classification and labeling toxicology and metabolism environmental fate and behavior ecotoxicology. Annex B.4, B.6, B.8 and B.9.
- 41- National Center for Food Agricultural Policy. (2002). Plant biotechnology: current and potential impact for improving pest management in U.S. agriculture, 22 pp.
- 42- Oberhauser, K., Prysley, M. Mattila, H., Stanley-Horn, D., Sears, M., Dively, G., Olson, E., Pleasants, J., Lam, W. & Hellmich, R. (2001). PNAS online, 10.1073/pnas.211234298.
- 43- Organización Mundial de la Salud & Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. (2000). Aspectos relativos a la inocuidad de los alimentos de origen vegetal genéticamente modificados. Ginebra, 40 pp.
- 44- Ortiz-Garcia, S., Ezurra, E., Schoel, B., Acevedo, F., Soberón, J. & Snow, A. (2005). Absence of detectable transgenes in local landraces of maize in Oaxa, Mexico (2003-2004). PNAS, 102: 12338-12343.
- 45- Phipps, R. & Park, J. (2002). Environmental benefits of genetically modified crops: global and European perspectives on their ability to reduce pesticide use. Journal of Animal and Feed Sciences, 11:1-18.
- 46- Public Research & Regulation. (2006). Guide for notifications and risk assessments for releases into the environment of genetically modified organisms. Module 1: Genetically Modified Crop Plants. <http://www.pubresreg.org>.
- 47- Quist, D. & Chapela, I. (2001). Transgenic DNA introgressed into traditional maize landraces in Oaxaca, Mexico. (2001). Nature 414: 541-543.
- 48- Raney, T. (2006). Economic impact of transgenic crops in developing countries. Current Opinion in biotechnology, 17:1-5.
- 49- Raven, P. (2005). Transgenes in Mexican maize: desirability or inevitability? PNAS, 37: 1303-1304.
- 50- Saxena, D. & Stozky. (2001). *Bacillus thuringiensis* (Bt) toxin released from root exudates and biomass of Bt corn has no apparent effect on earthworms, nematodes, protozoa, bacteria and fungi in soil. Soil Biology & Biochemistry, 33: 1225-1230.
- 51- Sears, M., Hellmich, R., Stanley-Horn, D., Oberhauser, K., Pleasants J., Mattila, H., Sigfried, B., Dively, G. (2001). Impact of Bt corn pollen on Monarch butterfly populations: a risk assessment. PNAS on line, 10.1073/pnas.211329998.
- 52- Stanley-Horn, D., Dively, G., Hellmich, R., Mattila, H., Sears, M., Rose, R., Jesse, L., Les, L. (2001). PNAS: 98:11931-11936.
- 53- Stewart, C., Richards, H., Halfill, M. (2000). Transgenic plants and biosafety: science, misconceptions and public perceptions. Biotechniques, 29: 832-843.
- 54- Traxeler, G. (2004). The economic impacts of biotechnology-based technological innovations. The Food and Agriculture Organization of the United Nations, 25 pp.
- 55- The Royal Society. (2002). Genetically modified plants for food use and human health- an update. The Royal Society- Policy document 4/02.
- 56- The EFSA Journal. (2004). Opinion of the scientific panel on genetically modified organisms on a request from the Commission related to safety of foods and food ingredients derived from insect-protected genetically modified

maize Mon 863 and Mon863XMon810, for which a request for placing on the market was submitted under article 4 of the Novel Food Regulation (EC) No258/97 by Monsanto.

- 57- Wisniewski, J., Frangne, N., Massonneau, A., Dumas, C. (2002). Between myth and reality : genetically modified maize, an exmple of a sizeable scientific controversy. *Biochimie*, 84: 1095-1103.
- 58- Wu, F. (2006). Mycotoxin reduction in Bt corn: potential economic, health, and regulatory impacts. *Information System for Biotechnology*. ISB News report, 8-9.