

## BIODIVERSIDAD Y SEGURIDAD ALIMENTARIA.

*Julio Boza López*<sup>1</sup>.

### Introducción

El *Día Mundial de la Alimentación*, que se celebró el pasado día 16 de este mes de octubre, estuvo dedicado a la importancia que tiene la biodiversidad en la producción de alimentos, jornada en la que la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), nos insiste en la necesidad de conservar las diferentes especies y ecosistemas para conseguir una mayor seguridad alimentaria, junto a un elevado progreso de la agricultura. Así mismo, la campaña TeleFood de 2004 trata de **«La biodiversidad al servicio de la seguridad alimentaria»**, y dicho lema pretende destacar el papel de la biodiversidad con miras a garantizar en todo el mundo el acceso sostenible a suficientes alimentos de calidad para llevar a cabo una vida activa y sana.

En España dicho día se celebró presentando la Ministra del MAPA, la situación y medidas de protección de los recursos genéticos en nuestro país, especialmente en los Centros de recursos Filogenéticos de la Canaleja, y el de recursos Zoogenéticos de Colmenar Viejo. En ese acto se expuso la necesidad de que para asegurar el abastecimiento de alimentos a la población, es necesario disponer de una amplia variedad genética que permita el progreso de la producción agroalimentaria en las distintas condiciones de obtención, así como mejorar los rendimientos y su calidad. Por tanto, es preciso conservar y poner en valor nuestro patrimonio genético.

Igualmente España ha sido uno de los principales impulsores del Tratado Internacional sobre Recursos Filogenéticos para la Alimentación y la Agricultura, que contribuirá a preservar el patrimonio genético basándose en bancos de germoplasma y en zonas protegidas. Por otra parte, la Dirección General de Ganadería del MAPA está abordando un Programa coordinado para la ordenación y fomento de las razas ganaderas, ya que la situación de nuestros recursos zoogenéticos es crítica, pues de las 124 razas autóctonas reconocidas oficialmente de las especies bovinas, ovinas, caprinas, porcinas, equinas y aviar, sólo 25 se encuentran fuera de peligro de extinción, y las 99 restantes en vía de desaparecer.

<sup>1</sup> Académico de las Reales Academias de Medicina y de Ciencias Veterinarias de Andalucía Oriental.

<sup>2</sup> III Ciclo de Conferencias sobre «Alimentación Fuera del Hogar». Málaga, del 27 al 29 de octubre de 2004.

Se espera que la expansión del comercio de productos tradicionales con denominación de origen, naturales y ecológicos, junto al fomento por la Unión Europea de los sistemas de producción sostenida, el respeto al medio ambiente, el bienestar animal y la preocupación por la seguridad alimentaria (SA), influirán en la conservación y progresos de variedades vegetales tradicionales y de las razas autóctonas. Por otra parte, la agrobiodiversidad o diversidad biológica agrícola, cumple una función de SA como mecanismo biológico que permite la adaptación a los cambios de condiciones ambientales, asegurando con ello el abastecimiento de alimento a largo plazo.

Deberíamos comenzar destacando, la importancia del sector agroalimentario en la economía de la Unión Europea, ya que su industria productora de alimentos y bebidas es uno de los sectores más dinámicos con una producción anual valorada en unos 600.000 millones de euros, el 15% de la producción industrial total, así como el mayor productor mundial de alimentos y bebidas, y lo que es también importante que dicha industria es el tercer empleador con 2,6 millones de trabajadores. Junto con ello, el sector agrícola tiene una producción anual de 200.000 millones de euros y proporciona el equivalente de 7,5 millones de puestos de trabajo a tiempo completo. Así mismo la exportaciones de productos alimenticios y bebidas asciende a más 50.000 millones de euros al año, cifras que definen la importancia social y económica del sector agroalimentario y así mismo el interés de velar por la SA, tanto para los consumidores, como para los poderes públicos, sector productivo y el comercio interior y exterior (Comisión CE, 2000).

En España el interés económico del capítulo de la alimentación nos la da el gasto en el mismo, de más de 60.000 millones de euros (MAPA, 2003), de ellos el 70% corresponden a gastos en los hogares, 27% a hostelería y restauración, y sólo 3% a instituciones con poblaciones cautivas, apreciándose en la última década una disminución en el gasto en los hogares a favor de la hostelería y restauración, cifras que señalan el interés de todos los sectores implicados en la alimentación de evitar cualquier peligro en la SA, no sólo por lo concerniente a la salud de los consumidores y daño económico al sector productivo, sino por el desprestigio a nivel internacional de un país eminentemente turístico.

La inocuidad y calidad de los alimentos se ha convertido en la primera preocupación de los consumidores, productores y autoridades políticas, ya que los recientes episodios han debilitado profundamente la confianza de la población en los sistemas oficiales de SA, y simultáneamente han perturbado la estabilidad de los mercados, provocando cuantiosos daños sociales y económicos.

La crisis de la encefalopatía espongiforme bovina y la contaminación por dioxinas a nivel europeo, y localmente la de los a-benzopirenos en los aceites de orujo, teniendo todavía en la memoria el episodio del aceite de colza, han mermado el crédito de los consumidores en los sistemas de inspección y control de los alimentos ejercidos tanto por la Unión Europea como por sus Estados Miembros, poniendo en evidencia a los actuales sistemas de vigilancia de la SA. Indiscutiblemente esta situación ha ocasionado un aumento en la sensibilidad de la sociedad a los posibles peligros de los aditivos, contaminantes, toxiinfecciones alimenticias, alimentos de procedencia biotecnológica, etcétera, orientando el consumo de forma creciente hacia los generados en condiciones más naturales o ecológicos, y a los de mayor calidad en sus aspectos nutritivos y saludables.

Pero las cuestiones que conciernen a la inocuidad de los alimentos comprenden una serie de aspectos, que van mucho más allá de los que ahora suscita la opinión pública, como se señaló la FAO, ya que en la producción, transformación, conservación y elaboración de alimentos existen otras circunstancias sociales, económicas y especialmente medioambientales, aspectos que sin menoscabar la protección de la salud que siempre es prioritaria, han de tenerse en cuenta en la elaboración de políticas alimentarias, pues afectan no sólo a la economía y empleo, sino al ecosistema, la biodiversidad y a distintos eslabones de la cadena alimentaria, por lo que dichas medidas medioambientales juegan un destacado papel para poder garantizar la producción de alimentos seguros.

La SA esta asociada además de con el sector productivo, con el comercio en una dimensión internacional, puesto que las políticas comerciales influyen la disponibilidad global de alimentos a través de su importación y exportación, lo que permite disponer de una gran variedad de los mismos que han de cumplir las exigencias que ha establecido la Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria, así como de las Agencias de los Estados Miembros.

A nivel de la Europa ampliada con sus aproximadamente 450 millones de consumidores, se observa que han cambiado en los últimos años, tanto sus **hábitos** alimenticios, orientándolos hacia alimentos más saludables, así como a formas distintas de restauración donde cada vez más se incrementan el número de comidas fuera del hogar, o en forma de platos precocinados, alimentos conservados y sobre todo de fácil preparación, alimentos y materias primas que deben cumplir estrictas normas de SA.

En general en los países industrializados existe una cierta insatisfacción de la seguridad que muestran los alimentos desde el punto de vista de la salud, especialmente los procesados, añorándose aquellas comidas que se preparaban completamente en el

hogar. En un curioso artículo de Hall titulado «*fe, mito, miedo y alimento*», se discutía si la «moda» de los alimentos sanos pudiera llegar a ser un sustituto de la religión convencional.

Aplicando criterios de gravedad, incidencia y período de incubación, los expertos en alimentos reunidos en el Simposio sobre Alimento y Cáncer celebrado en Marabou y comentado por Roberts (1986), concluyen que los peligros de los alimentos se podrían clasificar según su importancia en:

- 1º. Enfermedades microbianas transmitidas por los alimentos.
- 2º. Trastornos o desequilibrios nutricionales.
- 3º. Contaminantes ambientales.
- 4º. Sustancias tóxicas naturales presentes en los alimentos.
- 5º. Aditivos y colorantes alimentarios.

Aun que la concepción de los consumidores sobre dichos peligros estén en orden inverso, o como señaló Hall en orden «perverso».

## **Biodiversidad**

La biodiversidad se puede definir como la variación de las formas de vida, y se manifiesta en la diversidad genética, de poblaciones, especies, comunidades y ecosistemas. Nuestra alimentación proviene de la diversidad biológica, el agua que tomamos y el aire que respiramos están ligados a ciclos naturales, dependientes en gran parte de la biodiversidad, al igual que la capacidad productiva de los suelos, por lo que de ella depende nuestra supervivencia. La biodiversidad brinda las posibilidades de adaptación de los seres vivos a las variaciones del entorno, y así mismo es el «capital biológico» del mundo que representa opciones críticas para su crecimiento sostenible.

Selman (2000) señaló que el valor de la biodiversidad podemos encontrarlo en los siguientes aspectos:

- Estético (belleza natural o del paisaje).
- Legado para las generaciones futuras.
- Variación genética de especies silvestres para uso agrícola e industrial.
- Biorremediación (neutralización de la contaminación y amortiguación de cambios ambientales, y sumidero de CO<sub>2</sub>)
- Obtención de alimentos abundantes en nutrientes esenciales y en principios bioactivos.

- Fuentes de medicamentos.
- Indicadores de cambios o estrés ecológico, y en definitiva podríamos señalar que la biodiversidad es el resultado de los 3.000 millones de años de evolución.

La biodiversidad, se ve cada vez más amenazada por la desertificación, la deforestación, la contaminación del medio ambiente, la urbanización de zonas agrícolas, la mejora genética de variedades vegetales y razas animales de mayor productividad, que ha hecho se abandonen las autóctonas, los cambios de dietas y gustos de los consumidores, la modernización de la agricultura y adaptación de la producción a la mecanización de sus tareas, así como el crecimiento de la población, hacen que dependamos en mayor medida de un número cada vez más limitado de alimentos, y es por que es necesario fomentar la conservación de las especies, teniendo en cuenta además que a lo largo del siglo pasado se han perdido tres cuartas partes de la diversidad genética de los cultivos agrícolas, situación que limita las posibilidades de una dieta saludable y variada.

La FAO considera que en los últimos 100 años se han perdido unas tres cuartas partes de la diversidad genética de los cultivos agrícolas, y de 6.300 especies de animales, 1.350 están en peligro de extinción o ya han desaparecido. Son vitales los esfuerzos mundiales para conservar plantas y animales en los bancos de genes, jardines botánicos y zoológicos. Pero otra tarea de igual importancia es mantener la biodiversidad en las explotaciones agrarias y ganaderas, así como en la naturaleza, donde puede evolucionar y adaptarse a las nuevas condiciones o a la competencia con otras especies. Los agricultores y ganaderos como guardianes de la biodiversidad, deben cultivar plantas, árboles locales y criar animales autóctonos, con la finalidad de asegurar su supervivencia.

Desde que nació la agricultura, hace unos 10.000 años, los agricultores y ganaderos han aprovechado la diversidad genética mediante la selección de plantas y animales para adecuarse a las condiciones ambientales, y poder satisfacer sus necesidades alimentarias y de protección climática (vestidos). La diversidad biológica es fundamental para la agricultura y la producción de alimentos, ya que las personas dependen de la variedad de alimentos, de un techo y de bienes para su sustento. Sin embargo, la humanidad presiona cada vez más sobre las especies y sus entornos, provocando una gran erosión genética y como consecuencia de ello, muchas plantas y animales han desaparecido o están en peligro de desaparecer, y también lo están procesos naturales esenciales como es la polinización por los insectos, o la mejora de la fertilidad de los suelos por los microorganismos.

Para sustentar a una población creciente, la agricultura ha de proporcionar más alimentos, pero también será esencial mantener una gran variedad de biotipos de interés

agroalimentarios, incrementar la capacidad de adaptación a zonas desfavorecidas, protegiendo a una amplia gama de formas de vida con peculiaridades únicas, como las plantas que sobreviven a las sequías o los ganados que se crían en condiciones adversas. Las prácticas agrícolas sostenibles pueden alimentar a la población, y proteger a la vez a los océanos, los bosques, las praderas y los ecosistemas que albergan a la diversidad biológica.

Un ejemplo de interés para nuestras zonas costeras dedicadas a cultivos de primor, lo encontramos en los altos niveles de salinidad que presentan, lo que provoca condiciones de crecimiento pobres y escasas cosechas. Para solucionar esto, se está investigando en la proteína que permite que la sal entre en las plantas, así como del gen que la codifica. La proteína descubierta se denominó AtHKT1 y se cree que actúa como un transportador en el tejido de la planta, uniéndose al ión de la sal y llevándolo hasta las células. Para confirmar que la mencionada proteína estaba relacionada con el transporte de sal en las plantas, se ha examinado genéticamente ejemplares de *Arabidopsis thaliana*, una planta de la familia de la mostaza de la que se conoce su genoma completo. Después de un análisis de muchos ejemplares de esa especie, se encontró una planta mutante que asimilaba menos sal y crecía más rápida que las normales, aislándole el gen causante de dicha acción y descubriéndose que en ella el gen que produce la proteína AtHKT1 estaba silenciado, por todo lo cual se esperan obtener variedades de plantas que puedan evitar los efectos tóxicos de la sal a pesar de vivir en ambientes salinos, y así ser cultivadas de forma más productiva. En dichos ambientes, se debería ayudar a las plantas a desarrollar formas de afrontar los altos niveles de sal, en vez de intentar buscar procedimientos costosos para evitarlos.

La escasez de agua es otro de los grandes problemas de la humanidad. El cambio climático está afectando al régimen de lluvias, sobre todo en las zonas áridas y semiáridas, en donde con más intensidad sufren la sobreexplotación del manto freático. El factor más limitante de la agricultura es la disponibilidad de agua, por lo que es imprescindible la búsqueda de plantas con una mayor eficacia en su utilización, y/o resistentes al estrés hídrico, al menos durante los periodos críticos.

La pirámide de la biodiversidad nos muestra que la mayor parte del suministro de alimentos depende de una cantidad muy limitada de especies de plantas y animales. De las 250.000 plantas disponibles para la agricultura sólo el 2,6% se han cultivado o recolectado para consumo humano, y de ellas menos de 200 han sido domesticadas, y una docena contribuyen al 75% del consumo global de calorías de origen vegetal (trigo, arroz, patata, mandioca, maíz, soja, judías, sorgo, mijo, caña de azúcar, plátanos, y tomates); además más del 90% de consumo mundial de proteína animal proviene de gallinas, cerdos, vacunos y ovinos. Igualmente existen unas 1.000 especies comerciales

de peces, mientras que de la acuicultura sólo unas 10 especies dominan la producción global. La producción de alimentos, por tanto, está en la cima de la pirámide de la biodiversidad; la mayoría de las especies se utilizan poco y no se domestican.

En lugar de una variedad única de cultivo que garantice una alta productividad, es más probable que los agricultores de los países en desarrollo, necesiten un conjunto de cultivos que crezcan bien en climas extremos o animales resistentes a las enfermedades. Para los agricultores con escasos medios económicos, la diversidad de sus cultivos puede ser la mejor protección frente a pérdida de cosechas. Una gran variedad de plantas y animales también beneficia a los consumidores, ya que contribuye a una alimentación más equilibrada, en especial para las comunidades campesinas con menor acceso a los mercados.

También es esencial conservar, además del número de especies, la diversidad genética dentro de cada especie. La agricultura moderna ha alentado a muchos agricultores a adoptar tipos uniformes de plantas o animales de altas producciones, pero cuando los productores abandonan la biodiversidad, razas y variedades pueden extinguirse y perderse, así como sus características peculiares. La acelerada disminución de este acervo genético es motivo de preocupación para los expertos, ya que disponer de una amplia variabilidad genética permite mejorar plantas y animales para que se adapten a condiciones cambiantes, y esa diversidad constituye también la materia prima para la obtención de variedades de cultivos y razas que puedan medrar en circunstancias adversas.

Más del 40 por ciento de la superficie terrestre se usa para la agricultura, lo que confiere una gran responsabilidad en la protección de la biodiversidad a los agricultores. Sirviéndose de técnicas adecuadas, como la agricultura sin laboreo, un menor uso de plaguicidas, la agricultura biológica o la rotación de cultivos, los agricultores mantienen el frágil equilibrio con los ecosistemas circundantes. Protegen la integridad de las plantas, los animales y el medio, preservando una serie de procesos naturales esenciales. El ganado, los insectos, los hongos y los microorganismos descomponen la materia orgánica incorporando nutrientes al suelo. Las abejas, mariposas, aves y murciélagos polinizan los árboles frutales; los pantanos y los humedales eliminan los contaminantes filtrándolos; los bosques y matorrales impiden las inundaciones y disminuyen la erosión, y los depredadores naturales mantienen controlado el crecimiento de cualquier especie.

## **Investigación en seguridad alimentaria y biodiversidad**

Los temas de seguridad alimentaria y conservación de la biodiversidad necesitan de esfuerzos en muchas direcciones, que incluyen medidas de un control permanente en

la calidad nutritiva y saludable de los alimentos, de la conservación el medio ambiente y una mejor educación medioambiental, así como una mayor atención de los organismos de investigación dedicados a estos temas, junto a un incremento de las ayudas gubernamentales. Desde el punto de vista de la investigación, la Unión Europea en su VI Programa Marco prioriza las líneas de investigación dedicadas a:

### ***Seguridad alimentaria y riesgos sanitarios***

- Producción segura y ambientalmente adecuada en procesos de obtención de alimentos. Epidemiología relacionada con alimentos y alergias.
- Impacto de nuevos alimentos resultantes de procesos orgánicos o biotecnológicos.
- Procesos de trazabilidad en la cadena de producción para OGM.
- Métodos de análisis, detección y control de contaminantes químicos y de organismos patógenos.
- Impacto de la alimentación animal.
- Riesgos de salud ambiental asociados con la cadena alimentaria.

### ***Desarrollo sostenible y cambio global***

- Biodiversidad, protección de los recursos genéticos, funcionamiento de ecosistemas marinos y terrestres, e interacciones entre las actividades humanas y esos últimos.
- Ciclo del agua.
- Mecanismos de desertificación y desastres naturales relacionados con el cambio climático.
- Sistemas de observación del cambio climatológico global.

También el Tratado Internacional sobre los Recursos Fitogenéticos para la Alimentación y la Agricultura de la FAO, que entró en vigor el 29 de junio de 2004, deberá jugar un papel importante en la investigación, conservación y el uso de dichos recursos para la agricultura sostenible, así como en la seguridad alimentaria, al poder contar y conservar una mayor variedad de plantas que aporten nutrientes esenciales y principios bioactivos para la salud del hombre.

## **Control de los alimentos**

En la actualidad la producción de alimentos seguros es una responsabilidad compartida entre el sector agroalimentario, las autoridades centrales, autonómicas y locales, así como la Comisión Europea. Mientras el sector productivo debe cumplir las normativas en vigor y minimizar los peligros, las autoridades en sus niveles de competencia, deben velar por que



dicho sector cumpla las normas de seguridad alimentaria y efectuar el control de los alimentos, y la Comisión Europea a través de la Oficina Alimentaria y Veterinaria de Dublín, inspeccionar como los controles de los alimentos se han llevado a cabo en los Estados miembros.

En los últimos años se ha progresado mucho en este control como consecuencia de los excepcionales avances de la tecnología analítica, ya que en primer término la vigilancia de los alimentos depende del análisis, por lo que el disponer de técnicas inmediatas para detectar la presencia de patógenos (test de identificación bioquímica y biología molecular), así como el uso de técnicas basadas en la interacción antígeno-anticuerpo (en especial inmunoensayos y cromatografía de afinidad), han incrementado la velocidad de este tipo de análisis y un control mejor de posibles peligros microbiológicos. De igual manera la diversificación y creciente disponibilidad de equipos de análisis de alta precisión, como los de cromatografía de gases y líquida o los de espectrofotometría de masas, que pueden detectar diversos componentes al mismo tiempo, junto con la utilización de técnicas «on line» han posibilitado la caracterización y tipificación de los alimentos, además de la detección en los alimentos de muchas sustancias contaminantes, aspecto de gran interés para los sistemas de «Análisis de Peligros y de Puntos Críticos de Control».

Junto con ello, el poder contar con técnicas no destructivas como las de densidad, visión artificial por analizador de imagen, respuestas a sensores, a sondas mecánicas o a la transmisión de ultrasonidos, el análisis en el infrarrojo cercano, respuesta diferencial a pequeños cambios térmicos o conductividad eléctrica, han facilitado la determinación de parámetros de composición físico-químicos, organolépticos y nutritivos, datos que mediante un proceso informático multivariante, nos sirven para clasificar a los alimentos en diversas categorías nutritivas y comerciales.

## **Biotecnología y seguridad alimentaria**

Desde mediados del siglo pasado se ha promovido cada vez más la intensificación de la agricultura, dejando en el olvido los sistemas tradicionales. Esa nueva óptica se ha caracterizado por el uso de variedades de plantas y animales de elevadas producciones, con altos insumos externos: disponibilidad de agua, consumo de combustibles fósiles, fertilizantes químicos, plaguicidas, herbicidas, piensos con proteína de origen animal, aditivos promotores del crecimiento, y sustancias medicamentosas, que han generado en frecuentes ocasiones altos costos ecológicos (efecto invernadero, contaminación del suelo, agua y aire, destrucción de la fertilidad, pérdidas de micronutrientes, erosión genética, homogenización de la agricultura), y graves problemas de salud en el hombre y los animales.

Con el fin de garantizar la disponibilidad de alimentos y, que estos tengan una composición adecuada a las necesidades del hombre, en las últimas décadas se viene desarrollando una intensa actividad investigadora en la tecnología del ADN recombinante, no solo para aumentar la producción de alimentos por nuevas variedades con mayores rendimientos, sino también para dotarlas de resistencia a diferentes plagas, a condiciones climáticas adversas, tolerancia a herbicidas, etc, lo que eleva el resultado económico de la producción, y evita en parte la contaminación por pesticidas del medio. Así mismo, se pretende por esta tecnología aumentar los contenidos en nutrientes esenciales en los alimentos transgénicos, y disminuir los componentes perjudiciales. En la actualidad y en el campo de la agricultura, los precios de sus productos son relativamente bajos, al estar sometidos a una fuerte competitividad, por lo que los beneficios en el futuro deberán buscarse en elevados rendimientos, pero sobre todo en mejorar la calidad de los productos obtenidos, que determinen mayores precios.

Pese que la modificación genética ofrece la oportunidad de disminuir o eliminar los alérgenos proteínicos de determinados alimentos, los estudios sobre seguridad en el empleo de los alimentos autorizados por estas biotecnologías, como señalaron Kessler et al. (1992), y puesto que algunas de dichas modificaciones resultan de la introducción de proteínas «*extrañas*», sería en el potencial alergénico de algunos de estos nuevos alimentos, donde radicarán sus mayores inconvenientes. Las fuentes de material genético se han clasificado generalmente como alergénicas o con potencial alérgico desconocido, por su distinta secuencia de aminoácidos, que comienzan a evaluarse de acuerdo con su naturaleza y la fuente del material genético transferido, apareciendo algunos de estos alimentos en la lista de los 160 alimentos identificados como alergénicos, dada por Hefle et al. (1996), como principalmente son sojas transgénicas alta en metionina.

Por otro lado, transgenes de tolerancia e herbicidas se pueden propagar por polinización cruzada desde colza o remolacha a especies silvestres emparentadas, creando malas hierbas resistentes a herbicidas o «*supermalezas*» (Holt et al, 1993; Bergelson et al.,1998), algo que preocupa este traslado horizontal de genes, ya documentado (Ho et al.,1998) y referido a virus y bacterias responsables de la reaparición de enfermedades infecciosas resistentes a antibióticos.

Algo similar podría pasar con la toxina-insecticida del *Bacillus thuringiensis*, transferida a platas transgénicas que la libera al medio y pueda acumularse en el suelo, con los consiguientes efectos negativos sobre lombrices, insectos polinizadores y otros beneficiosos (Crecchio y Stotzky, 1998). Un trabajo de Losey y colaboradores del Departamento de Entomología de la Universidad de Cornell (Ithaca, Nueva York), publicado

en *Nature* en 1999, informaba de que el polen de cultivos de maíz Bt tenía efectos adversos sobre la mariposa Monarca en estudios de laboratorio. También se ha observado que variedades de plantas Bt segregan en sus zonas radiculares toxinas al suelo, que afectan a las poblaciones de insectos del mismo, e igualmente la acumulación de toxinas en los insectos productores de plagas, causa la muerte de los predadores y parásitos naturales de los agentes causantes de las plagas (FAO, 2001).

Indiscutiblemente la liberalización y comercialización de estas nuevas semillas de mayor productividad y menores costos agronómicos, supone un peligro para la biodiversidad, como lo fue el uso de semillas selectas y de sus híbridos en la «*Revolución Verde*» de los años 60, desapareciendo millares de variedades o incluso especies de nuestros cereales y leguminosas tradicionales. Los sistemas agrícolas desarrollados con cultivos transgénicos favorecerán los monocultivos, con el peligro de la homogeneidad genética que conduce a una mayor vulnerabilidad a los estrés bióticos y abiótico (Robinson, 1996), rompiendo además con la complejidad biológica que condiciona la sostenibilidad de la agricultura tradicional (Altieri, 1994). Por otro lado, la ingeniería genética permite la disminución o eliminación de las limitaciones que impone la naturaleza para la difusión de las especies. La mayor resistencia a la salinidad, al estrés hídrico o a las bajas temperaturas, logrado por la aplicación de esta nueva tecnología, permite una mayor competitividad de los organismos transgénicos, ocupando habitat que no les eran propios y, cuyo equilibrio ecológico podría verse amenazado al desplazar a las especies naturales y/o favorecer su extinción, disminuyendo la diversidad biológica particularmente en zonas desfavorecidas o especialmente frágiles.

Las patentes sobre organismos vivos, estirpes celulares y genes, que afectan a un gran número de recursos en manos de unas pocas industrias multinacionales, pueden generar oligopolio en la producción y distribución de alimentos, que marginen a los agricultores y pequeñas empresas, especialmente de los países en vías de desarrollo.

La producción biotecnológica de algunos productos (aceites, edulcorantes, aromatizantes, etc.), puede afectar a la producción y precio de estos productos obtenidos por la agricultura tradicional (aceites de cacahuete o coco, azúcar de caña, vainilla, etc.), especialmente en países del tercer mundo con un impacto muy negativo sobre débiles economías. Por último, siempre existirá el peligro del mal uso de estas biotecnologías, particularmente en atentados o guerras biológicas, llegando incluso a la manipulación del genoma humano.

Los países industrializados han centrado su preocupación, precisamente en los efectos adversos de la introducción de organismos transgénicos en el medio ambiente, y la salud pública, pero para los países del Tercer Mundo, muchos de los cuales son centro de origen y diversificación de varios cultivos, la preocupación se ha ampliado hacia los efectos sociales, económicos y culturales de las nuevas biotecnologías.

Las semillas transgénicas desplazarán a las variedades tradicionales acelerando los procesos de erosión genética de pérdida de variedades locales, de conocimientos, y prácticas tradicionales asociadas con esa agricultura. Si a esto sumamos el hecho de que las semillas transgénicas vienen amparadas bajo el sistema de patentes, los agricultores en todo el mundo, que secularmente han aportado al proceso de innovación, mejoramiento y diversificación de las variedades vegetales, se verían imposibilitados de continuar con la práctica de su agricultura convencional, por el mero hecho de la competitividad frente a la mayor productividad de las modificadas genéticamente.

Las nuevas biotecnologías han consolidado grandes monopolios, a través de fusiones, alianzas estratégicas y otros mecanismos. En diciembre de 1999, Novartis (Suiza) y Astra Zeneca (Reino Unido y Suecia) anunciaron que fusionaban sus sectores de semillas y agroquímicos para crear la empresa de agronegocios más grande del mundo «Syngenta». Por su parte, Monsanto (EEUU) en el mismo año anunció que se fusionaría con el gigante farmacéutico Pharmacia & Upjohn, para crear la empresa llamada Pharmacia, esta firma junto con Dupont Pioneer (EEUU), Aventis (Francia y Alemania) controlan más del 80% del comercio mundial de alimentos (RAFI, 2000). Pero esta situación se torna más grave cuando la política de expansión de los productos transgénicos silencia a los países del Tercer Mundo a través de la utilización de los programas de Ayuda Alimentaria, mecanismo utilizado para colocar los excedentes de producción rechazados en países europeos y asiáticos, y abrir el mercado a los productos transgénicos en el Tercer Mundo.

La utilización de alimentos manipulados genéticamente en los programas de ayuda alimentaria («*alimentos de paz*»), es uno de los problemas que generan este tipo de políticas en países víctimas de catástrofes ambientales o de la inestabilidad socioeconómica, política alimenticia que en ocasiones responden a subsidios a la industria biotecnológica de los países desarrollados, en detrimento en mucho de los casos la industria agrícola local o a veces amenazando la salud de las poblaciones a las que se pretende ayudar.

Para proteger la seguridad alimentaria de los consumidores concerniente a los OMG, la Unión Europea ha elaborado una serie de directivas encaminadas a la detección de los mismos. El análisis de alimentos que son o en ellos participan OMGs, esta regulado por el Reglamento de la CE desde septiembre de 1998, normativa que establece un nivel máximo autorizado de contenido de OMGs del 1% del alimento, considerándolo como contaminante accidental, y por debajo del cual no es obligatorio el consignarlo en la etiqueta de los alimentos. Lo anterior plantea la puesta a punto de métodos de análisis específicos para cada producto y OMG buscado, que sean fiables y sensibles, garantizando los resultados de acuerdo con tests cruzados entre laboratorios europeos.

Los métodos utilizados precisan primero de la extracción, purificación y concentración del ADN del alimento, mediante detergente CTAB, con los que se consiguen buenos resultados cuando se trata de granos, harinas, sémolas, polenta, maíz dulce, glucosa, fructosa, sacarosa, productos de bollería, extractos naturales, lecitina de soja transgénica, sin embargo estos métodos presentan más dificultad, cuando la extracción en cantidades suficientes se tiene que hacer en aditivos, bebidas alcohólicas de alta graduación, cervezas, salsas de tomate», aceites de maíz o soja transgénicas; aditivos saborizantes, aromatizantes, entre otros.

En segundo lugar, este análisis precisa de la ampliación de fragmentos específicos de ADN, mediante técnica de reacción en cadena de la polimerasa (PCR), con secuencias específicas del transgén, que permite llegar a la detección de 0,01% de OMG de forma fiable. Por último, el análisis del producto de la ampliación se hace por electroforesis en geles de agarosa, comprobando la identidad de las bandas mediante restricción enzimática, y eventualmente se puede secuenciar. Igualmente se pueden hacer análisis semicuantitativos por comparación con patrones externos. La Unión Europea puso en vigencia el pasado 19 de abril de 2004, nuevos reglamentos que extreman las exigencias del etiquetado de estos productos.

## **El futuro de la biodiversidad y la producción de alimentos a nivel global**

Existe una asociación compleja y dinámica entre producción de alimentos y gestión responsable de la biodiversidad, en particular los esfuerzos inherentes a los intentos de la humanidad de alimentarse, tanto ahora como en el futuro. La investigación y el progreso agrícolas, han procurado que los agroecosistemas vayan equilibrando la creciente necesidad de alimentos y la gestión adecuada del medio ambiente.

La biodiversidad a escala mundial supera millones de especies, pero sin embargo, la distribución de la misma en el espacio es sumamente sesgada. Se estima que en el

trópico húmedo existen cerca del 90% del total de las especies mundiales, si bien constituyen menos del 10% de la superficie de la tierra (McNeely y Scheri, 2001; PNUMA-WCMC, 2000). Una inquietud clave de nuestro tiempo es que las tasas de extinción de las especies son considerablemente superiores a cualquier otro momento de la historia reciente (Pimm et al., 1995; Goodland, 1991).

Actualmente los investigadores predicen (Rosegrant et al., 2001), que las desaceleraciones en el crecimiento de la población, así como cambios en las dietas que presumiblemente disminuirán el crecimiento en la demanda de alimentos, y Evans (1998) vaticinó que la demanda mundial hasta el 2010 podría crecer a un promedio de 1,5% a 1,7% por año, aunque los cambios en la oferta de alimentos son mucho más difíciles de pronosticar.

Rosegrant y colaboradores (2001) concibieron dos escenarios sobre la producción de alimentos, uno más bajo y otro más alto que las predicciones de referencia. En el escenario de crecimiento de baja productividad, la superficie regada no crece, y los incrementos de rendimiento de carnes, leche y de todos los cultivos disminuirán, frente a los niveles de referencia, tanto mundo desarrollado como subdesarrollado en el periodo 1997-2020. Según este escenario, los abastecimientos mundiales de alimentos no pueden mantenerse al ritmo de aumento de la población, y como conclusión escasearían los alimentos y los precios de los mismos aumentarían hasta llegar a una situación insostenible.

Por el contrario, en el escenario de crecimiento de altos rendimientos, la superficie regada crecería en un 1% por año, y las tasas productividad aumentarían en 20% en el mundo desarrollado y 40% en el mundo en desarrollo, durante el período proyectado, por lo que los alimentos abundarían y los precios disminuirían.

En lo que respecta a las potenciales compensaciones entre hábitat naturales y tierras cultivables, Goklany (1999) indicó que los aumentos de productividad en la agricultura podrían salvar muchas áreas no cultivadas; es decir, un 1% de aumento por año en productividad agrícola podría significar la pérdida de 368 millones de hectáreas de hábitat naturales para el año 2050, mientras que un aumento de 1,5% por año de productividad agrícola reduciría la necesidad de 77 millones de hectáreas de tierras de cultivo existentes. Esto permitiría la conversión de las superficies de cultivo existentes a usos alternativos, incluida la vuelta a hábitat seminaturales.

En el mundo subdesarrollado, la intensificación agrícola ha impedido la degradación de grandes superficies de hábitat naturales y seminaturales (CNMAD, 1987; UICN; PNUMA, y WWF, 1991). Goklany (1999) calculó que, desde 1961, la

intensificación agrícola había demorado la conversión de otras 3.550 millones de hectáreas de hábitat global. Solamente en la India, las tecnologías de la «Revolución Verde» que se llevaron a cabo durante 1966-1991 la provisión de trigo aumentó en cinco veces, y sin dicha «revolución verde», se habrían necesitado otras 42 millones de hectáreas cada año para producir una cantidad equivalente de grano (Waggoner et al., 1996). La intensificación agrícola ha hecho posible que la producción de alimentos en diversos países, tanto desarrollados como en desarrollo, vayan por delante de la demanda (Conway, 1997; Byerlee y Morris, 1993).

Pese a lo anterior, en la actualidad aumenta el conocimiento con respecto a los efectos negativos de la intensificación agrícola en el medio ambiente. Entre ellos figuran problemas de contaminación por nitrato y plaguicidas de cursos de agua; la degradación de la estructura del suelo y la situación de los nutrientes; inquietudes en cuanto al bienestar de los animales, la calidad de los alimentos y de la seguridad humana, así como la degradación de valiosos paisajes y hábitat de vida silvestre, incluidos impactos potenciales en ecosistemas por uso de OMGs (Goodman y Watts, 1997; Gasson y Potter, 1988; Wrathall, 1988; Ward, 1993; Pimentel et al., 1995; Watson, 1998).

Desde los años sesenta y setenta, los paradigmas del progreso de la agricultura, nos llevaron a la esperanza de que estimular el crecimiento económico en países en desarrollo, automáticamente llevaría al cambio positivo en lo social, político y ambiental. Sin embargo, en los albores del siglo XXI, se conoce que casi la mitad de la población mundial vive en la pobreza (Banco Mundial, 2001).

Si bien se admite el éxito de la Revolución Verde, y las subsiguientes mejoras en el progreso económico y en la seguridad alimentaria, en la mayoría de los países subdesarrollados, están comenzando a darse cuenta de las limitaciones inherentes de los enfoques reduccionistas tradicionales, y están adoptando programas más sostenibles y conservadores del medio ambiente (Vosti y Reardon, 1997). En resumen se está evolucionando hacia sistemas integrados, que incluyan análisis ecorregional, análisis de sistemas agrícolas integrados por tipo de productos y de regiones, análisis de redes de agentes, modelación bioeconómica, ecología de sistemas y gestión de adaptación (Grumbine, 1994; MacFarlane, 1996; Thevenot, 1998; Watson, 1998; Lee y Barrett, 2001).

Parece que el mejor camino para dar solución a los problemas de producción de alimentos y proteger la biodiversidad, es fomentar la investigación en sistemas que promueva la intensificación sostenible de los agroecosistemas existentes, y la ampliación agrícola a ecosistemas naturales y seminaturales. Es probable que las tecnologías en

entornos de la producción marginal, se concentren en la estabilidad de la productividad (que incluye la resistencia a sequías, salinidad, plagas y enfermedades). Los logros de nuevas tecnologías agrícolas reducirán la necesidad de la expansión agrícola hacia áreas naturales o seminaturales y, de este modo disminuirán la pérdida de dichas áreas de indudable interés medioambiental, pues la humanidad se enfrenta a la problemática cada vez más intensa entre el aumento de la producción de alimentos y disminución de la biodiversidad, y es necesarios adoptar medidas apropiadas para alcanzar una seguridad alimentaria a largo plazo respetando la biodiversidad biológica.

## Referencias bibliográficas

- Aldy, J.E., Hrubovcak, J. y Vasavada, U. (1998). The role of technology in sustaining agriculture and the environment. *Ecological Economics* 26: 81-96.)
- Alexandratos, N. (ed.). (1995). *World Agriculture: Towards 2010. A FAO Study*. FAO y John Wiley y Sons.
- Altieri, M.A., (1994). *Biodiversity and pest management in agroecosystems*. Haworth Press. Nueva York.
- Altieri, M.A. (1995). *Agroecology: The Science of Sustainable Agriculture*. 2a. edición. Westview Press.
- Andrew, D.A. (1991). Vegetational diversity and arthropod population response. *Annual Review of Entomology*, 36: 561-586.
- Beltrán, J.P., Cañas, L.A. y Carrau, M.J. (1997). Las plantas del futuro. *Política Científica*, 47: 42-49.
- Bergelson, J., Purrington, C.B. y Wichmann, G. (1998). Promiscuity in transgenic plants. *Nature*, 395: 25.
- Bourque, J.E. (1995). Antisense strategies for genetic manipulations in Plant. *Plant Science*. 105: 125-149.
- Boza, J. (1994). Nutrición y salud. Papel de los alimentos de origen animal. *Discurso de ingreso en la Real Academia de Medicina y Cirugía de Granada*. Gráficas del Sur. Granada, 31-32.
- Boza, J. (2001). La seguridad alimentaria en la Unión Europea. *Anales de la Real Academia de Ciencias Veterinarias de Andalucía Oriental*, 14: 123-176.
- Bramble, B. (1997). Financial Resources for the Transition to Sustainable Development. En: Dodds, F. (ed.) *The Way Forward: Beyond Agenda 21*, Earthscan, Londres.
- Buringh, P. y van Heemst, H.D.J. (1977). *An estimation of world food production based on labour-oriented agriculture*. Centre for world food market research, Amsterdam, pág. 46.
- Byerlee, D. y Morris, M. (1993). Research for marginal environments: are we under-invested? *Food Policy* 18: 381-394.
- Cline, M.N. y Re, D.B., (1997). Plant biotechnology: a progress report and look ahead. *Feedstuffs*, 69 (33):17-19.
- Comai, L. (1993). Impact of plant genetic engineering on foods and nutrition. *Annual Reviews of Nutrition*, 13:191-215.
- Coom, C. (1997). Presente y futuro de la biotecnología en la alimentación. *ASA*. Bruselas, 3-25.
- Costanza, R., d'Arge, R., de Groote, R., Farber, S., Grasso, M., Hannon, B., Limburg, K., Sutton, P. y van der Belt, M. (1997). The Value if the World's Ecosystem Services and Natural Capital. *Nature*. 387: 253-260.
- Crecchio, C. y Stotzky, G. (1998). Insecticidal activity and biodegradation of the toxin from *Bacillus thuringiensis subsp. Kurstaki* bound to humic, acids from soil. *Soil Biology and Biochemistry*, 30: 463-470.



- Demarly, Y. (1992). Genie genetique dans le domaine vegetal. *Bulletin de l'Académie Nationales de Médecine*, 176:1297-1304.
- Dodds, F. (ed.). (2000). *Earth Summit 2002: A New Deal*. UNED-Reino Unido.
- Evans, L.T. (1998). *Feeding the ten billion: plants and population growth*. CambridgUniversity Press, Reino Unido.
- FAO (United Nations-Food and Agriculture Organization). (1997). State of the World's Forests. FAO, Roma.
- FAO, (1995). FAO yearbook production 1994. Vol.48. *Statistics Series No.125*. Roma.
- FAO, (2001). 2. Los organismos modificados genéticamente, los consumidores, la inocuidad de los alimentos y el medio ambiente. Roma ([www.fao.org/DOCREP003S/X9602S00.HTM](http://www.fao.org/DOCREP003S/X9602S00.HTM)).
- Fischer, G. y Heilig, G.K. (1997). Population momentum and the demand on land and water resources. *Philosophical Transactions of the Royal Society*. Londres , Ser. B. 352:869-889.
- Gasson, R. y Potter, C. (1988). Conservation Through Land Diversification: A Survey of Farmers' Attitudes. *Journal of Agricultural Economics* 39: 340-351.
- Giller, K.E., Beare, M.H., Izac, A.M. y Swift, M.J. (1997). Agricultural Intensification, Soil Biodiversity and Agroecosystem Function. *Applied Soil Ecology* 6: 3-16.
- Girke, T., Schmidt, H., Zachringer, U., Reski, R. y Heinz, E. (1998). Identification of a novel D-6-acyl-group desaturase by targeted gene disruption in *Physcomitrella patens*. *Plant Journal*, 15:39-48.
- Goklany, I.M. (1995). Strategies to enhance adaptability: technological change, sustainable growth and free trade. *Climatic change* 30: 427-449.
- Goklany, I.M. (1999). Meeting global food needs: the environmental tradeoffs between increasing land conversion and land productivity. En Morris y Bate. *Fearing food: risk, health and environment*. Butterworth-Heinemann, Oxford.
- Goodland, R. (1991). 'The case that the world has reached its limits: more precisely that the current throughput growth in the global economy cannot be sustained'. En Goodland, Daly., el Serafy y von Droste (eds.) *Environmentally sustainable economic dev:building on Brundtland*, Paris: UNESCO.
- Goodman, D. y Watts, M.J. (1997). *Globalising food: Agrarian Questions and Global Restructuring*. Routledge, Londres y Nueva York.
- Greenland, D.J. y Szabolcs, I. (eds.). (1994). *Soil Resilience and Sustainable Land use*. Wallingford, Reino Unido: CAB International.
- Gresshooff, P.M., (1996). Technology transfer of plant biotechnology. CRS Press, Boca Raton. Florida.
- Grumbine, R.E. (1994). What is ecosystem management? *Conservation biology* 8: 27-38.
- Hefle, S.L., Nordlee, J.A. y Taylor, S.L., (1996). Allergenic foods. *Critical Reviews in food Science and Nutrition*, 36: S69-S89.
- IUCN (The World Conservation Union), UNEP (United Nations Environment Program) and WWF (World Wildlife Fund). (1991). *Caring for the Earth: a strategy for sustainable living*. IUCN, UNEP y WWF, Gland, Switzerland.
- Iwanaga, M. y Watson, D. (2003). Producción de alimentos y biodiversidad. La Cumbre de Acción de México. México, DF.

- Jerónimo, E. (2001). La protección constitucional de la seguridad alimentaria. *Anales de la Real Academia de Ciencias Veterinarias de Andalucía Oriental*, 14: 93-122..
- Jorgensen, R.A. (1995). Cosuppression flower color patterns and metastable gene expression states. *Science*, 268: 686-691.
- Kessler, D.A., Taylor, M.R. y Maryanski, J.H. (1992). The safety of foods developed by biotechnology. *Science*, 256: 1747-1749.
- Lee, D.R. y Barrett, C.B. (eds.) (2001). *Tradeoffs or synergies? Agricultural Intensification, Economic Development and the Environment*. CAB International. Wallingford. Reino Unido.
- Lavelle, P., Gilot, C., Fragoso, C., y Pashanasi, B. (1994). Soil Fauna and Sustainable Land use in the Tropics. En Greenland y Szabolcs. (eds.). (1994). *Soil Resilience and Sustainable Land use*. Wallingford, Reino Unido: CAB International.
- Losey, J.E., Rayor, L.S. y Carter, M.E. (1999). Transgenic pollen harms monarch larvae. *Nature*, 399: 214.
- MacFarlane, R. (1996). Modelling the Interaction of Economic and Socio-Behavioural Factors in the Prediction of Farm Adjustment. *Journal of Rural Studies*, 12: 365-374.
- Marsden, T., Murdoch, J., Lowe, P., Munton, R. y Flynn, A. (1993). *Constructing the Countryside*. UCL Press.
- Metcalfe, D.D., Astwood, J.D., Townsend, R., Sampson, H.A., Taylor, S.L. y Fuchs, R.L. (1996). Assessment of the allergenic potential of foods derived from genetically engineered crop plants. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 36, S165-S186.
- McNeely, J. y Scheri, S.J. (2001). *Common Ground, Common Future: how ecoagriculture can help feed the world and save wild biodiversity*. IUCN.
- Morris, J. y Bate, R. (1999). *Fearing food: risk, health and environment*. Butterworth-Heinemann, Oxford.
- Newman, C. y Wolinsky, C. (2003). Tejedores de sueños. *National Geographic*, 12, 1: 50-73.
- Nordlee, J.A., Taylor, S.L., Townsend, R., Thomas, L.A. y Bussh., R.K. (1996). Identificación of Brazil-nut allergen in transgenic soybeans. *New England Journal of Medicine*, 14: 688-692).
- NRCS (National Resources Conservation Service). (1995). *Summary Report; 1992, National Resources Inventory*. NRCS. Ames, IA; Iowa State University. Statistical lab; 1995, 3: 19-21.
- NRC (National Research Council). (1989). *Recommend Dietary Allowances*. 10ª ed. *National Academic of Science*. Washintong, DC: 283.
- OTA (Office of Technology Assessment) (1992). *A new Technological Era for American Agriculture*. U.S. Government Printing Office. Washington D.C.
- Pimm, S.I., Russell, G.J., Gittleman, J.L. y Brooks, T.M. (1995). The Future of Biodiversity. *Science*. 269: 347-350.
- Pimentel, D. et al. (1995). Environmental and Economic costs of soil erosion and conservation benefits. *Science* 267: 1117-1123. En: Morris y Bate. *Fearing food: risk, health and environment*. Butterworth-Heinemann, Oxford.
- Pingali, P.L., Hossain, M. y Gerpacio, R.V. (1997). *Asian rice bowls: The returning crisis?* International Rice Research Institute (IRRI), Los Baños, Laguna, Philippines, y CAB International, Wallingford, Reino Unido.

- Pingali, P. (2002). *Reducing Poverty and Hunger: The critical role of financing for rural development, food & agriculture*. International Conference on Financing for Development 19th, Monterrey, México.
- Raloff, J. (1997). Can grain yields keep pace? Stiff challenges face today's breeders and tomorrow's farmers. *Science News* 152 : 104-105.
- Ramón,D.(1995). La biotecnología y los nuevos alimentos. *Fronteras de la ciencia y la tecnología*,7:14-17.
- Ramón,D.(1999). Los genes que comemos. Algar Editorial. Alzira (Valencia).
- Robinson,R.A.(1996). Return to resistance: breeding crops to reduce pesticide resistance. AgAccess, Davis,CA.
- Rosegrant, M.W., Paisner, M.S., Meijer, S., y Witcover, J. (2001). *2020 Global Food Outlook: Trends, Alternatives and Choices*. International Food Policy Research Institute, Washington, D.C.
- Selman, P. (2000). *Environmental Planning, segunda edición*.. Publicaciones Sage, Londres .
- Smil, V. (1994). How many people can the earth feed? *Population Development Review*. 20: 255-292.
- Taylor,S.L.(1997). Assessment of the allergenicity of genetically modified foods. *Nutrition Abstracts and Reviews (Series A)*,67:1163-1168.
- Thevenot, L. (1998). *Innovating in «qualified» markets: Quality, norms and conventions*. Systems and Trajectories of Innovation Conference, Institute of International Studies, University of California, Berkley.
- UNDP (United Nations Development Program), UNEP (United Nations Environment Program), WB (World Bank), WRI (World Resources Institute). (2000). *World Resources 2000-2001*. Washington, D.C. World Resources Institute.
- UNEP (United Nations Environment Program). (1992). *Saving our planet, challenges and hopes, the state of the environment (1972-1992)*, Nairobi: UNEP.
- UNEP (United Nations Environment Program). (1995). *Global Biodiversity Assessment*. Cambridge. Cambridge University Press.
- UNEP-WCMC (United Nations Environment Program-World Conservation Monitoring Centre). (2000). *Global Biodiversity: Earth's Living Resources in the 21<sup>st</sup> Century*. Cambridge. World Conservation Press.
- Uphoff, N. (2002). *Agroecological innovations: Increasing Food Production with Participatory Development*. Earthscan.
- USDA (United States Department of Agriculture). (1996). *Agricultural Statistics 1995-96*. USDA, National Agricultural Statistics Service, Washington, D.C. US Government Print Office, 9-16.
- Vosti, S.A. y Reardon, T. (eds.). (1997). *Sustainability, Growth, and Poverty Alleviation: a Policy and Agroecological Perspective*. John Hopkins University Press, Baltimore, Maryland.
- Waggoner, P.E. (1994). How much can ten billion people spare for nature? Ames, IA Council. *Agriculture, Science and Technology*:.26-27
- Waggoner, P.E., Ausubel, J.H. y Wernick, I.K. (1996). Lightening the tread of population on the land: American examples. *Population and Development Review* 22: 531-545.
- Ward, N. (1993). The Agricultural Treadmill and the Rural Environment in the Post-Productivist Era. *Sociologia Ruralis* 33: 348-364.

- Wathern, P. y Young, S. N. (1988). Recent Upland Land Use Change and Agricultural Policy in Clwyd, North Wales. *Applied Geography* 8: 147-163.
- Wells, M.P. y Brandon, K. (1992). *People and parks: linking protected area management with local communities*. WB, WWF y USAID, Washington, DC.
- Woomer, P.L. y Swift, M.J. (1992). The Biological Management of Tropical Soil Fertility. En: Greenland y Szabolcs(eds.). *Soil Resilience and Sustainable Land use*. Wallingford, Reino Unido: CAB International.
- World Bank. (2001). *World Development Report 2000/2001: Attacking Poverty*. Oxford University Press, Nueva York.
- WCED (World Commission on Environment and Development). (1987). *Our Common Future*. Clays Ltd.