

2003-04

EL ESTADO MUNDIAL DE LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN



LA BIOTECNOLOGÍA AGRÍCOLA:

¿una respuesta a las necesidades de los pobres?



Fotos de la cubierta: (arriba, a la izquierda) Vincent Martin (FAO-EMPRES); (al centro, a la derecha) FAO/13337/F. Botts

Los pedidos de esta publicación se han de dirigir a:

GRUPO DE VENTAS Y COMERCIALIZACIÓN
Dirección de Información
Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación
Viale delle Terme di Caracalla
00100 Roma, Italia

Correo electrónico: publications-sales@fao.org
Fax: (+39) 06 57053360
Sitio Web: <http://www.fao.org>



EL ESTADO MUNDIAL DE LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN

Producido por el
Grupo de la producción y diseño editorial
Servicio de Gestión de las Publicaciones
FAO

Las denominaciones empleadas en esta publicación y la forma en que aparecen presentados los datos que contiene no implican, de parte de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, juicio alguno sobre la condición jurídica o nivel de desarrollo de países, territorios, ciudades o zonas, o de sus autoridades, ni respecto de la delimitación de sus fronteras o límites. La mención u omisión de compañías, sus productos o nombres comerciales específicos no implica, de parte de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, aprobación o juicio alguno. No se ha conseguido asignar derechos de autor a los autores de las dos fotografías relativas a la pesca y los montes que figuran en esta publicación. Se agradecerá a quien tuviere información acerca de la autoría de estas fotografías tener a bien comunicarla a la dirección indicada más abajo.

ISBN 92-5-305079-9

Todos los derechos reservados. Se autoriza la reproducción y difusión de material contenido en este producto informativo para fines educativos u otros fines no comerciales sin previa autorización escrita de los titulares de los derechos de autor, siempre que se especifique claramente la fuente. Se prohíbe la reproducción del material contenido en este producto informativo para reventa u otros fines comerciales sin previa autorización escrita de los titulares de los derechos de autor. Las peticiones para obtener tal autorización deberán dirigirse al:

Jefe del
Servicio de Gestión de las Publicaciones
Dirección de Información
FAO
Viale delle Terme di Caracalla, 00100 Roma, Italia
o por correo electrónico a:
copyright@fao.org

Índice

Preámbulo	ix
Prólogo	xii
Agradecimiento	xiii
Siglas	xv
Nota explicativa	xvii

PARTE I

La biotecnología agrícola: ¿una respuesta a las necesidades de los pobres?

SECCIÓN A: MARCO PARA EL DEBATE

1. ¿Puede la biotecnología satisfacer las necesidades de los pobres?	3
Introducción y panorama general	3
Principales enseñanzas del presente informe	5
Resumen del informe	6
2. ¿Qué es la biotecnología agrícola?	8
Comprensión, caracterización y ordenación de los recursos genéticos	9
Mejoramiento y reproducción de cultivos y árboles	16
Mejoramiento y reproducción de ganado y peces	19
Otras biotecnologías	25
Conclusiones	26
3. De la Revolución Verde a la Revolución Genética	27
La Revolución Verde: investigación, desarrollo, acceso y efectos	29
La Revolución Genética: cambio de paradigma en la investigación y desarrollo agrícolas	34
Conclusiones	42

SECCIÓN B: DATOS DISPONIBLES HASTA AHORA

4. Repercusiones económicas de los cultivos transgénicos	45
Fuentes de las repercusiones económicas	45
Adopción mundial del algodón resistente a los insectos	49
Repercusiones económicas del algodón transgénico	50
Conclusiones	62
5. Repercusiones de los cultivos transgénicos en la salud y el medio ambiente	65
Repercusiones relacionadas con la inocuidad de los alimentos	65
Normas internacionales sobre el análisis de la inocuidad de los alimentos	69
Repercusiones ambientales	74
Evaluación de las repercusiones ambientales	81
Acuerdos e instituciones internacionales sobre el medio ambiente	82
Conclusiones	86
6. Posiciones de la opinión pública con respecto a la biotecnología agrícola	88
Beneficios y riesgos de la biotecnología	88
Apoyo a distintas aplicaciones de la biotecnología	89
Expectativas personales sobre la biotecnología	91
Preocupaciones de orden moral y ético	92
Aplicaciones orientadas al consumidor	94
Etiquetado de los alimentos y biotecnología	94
Conclusiones	96

SECCIÓN C: UTILIZACIÓN DE LOS TRABAJOS DE BIOTECNOLOGÍA EN FAVOR DE LOS POBRES

7. La investigación y la política de investigación en favor de los pobres	99
Facilitar el acceso a las aplicaciones de la biotecnología	100
Promoción de las investigaciones de los sectores público y privado en favor de los pobres	102
Conclusiones	112
8. Creación de capacidad en biotecnología en el sector de los alimentos y la agricultura	114
Capacidades nacionales en el sector de la biotecnología agrícola	115
Actividades internacionales de creación de capacidad en la esfera de la biotecnología agrícola	116
Función de la FAO y asistencia a los países miembros	116
Dificultades para la creación de capacidad destinada a la biotecnología agrícola	117
Pasos siguientes	118
9. Conclusiones: satisfacer las necesidades de los sectores pobres de la población	120

PARTE II

Examen mundial y por regiones – Hechos y cifras

1. Tendencias de la subnutrición	127
2. Emergencias alimentarias y ayuda alimentaria	129
3. Producción agrícola y ganadera	132
4. Situación del suministro mundial de cereales	138
5. Tendencias de los precios internacionales de los productos básicos	139
6. Comercio agrícola	144
7. Asistencia exterior a la agricultura	149
8. Reserva de capital agrícola	152
9. Pesca: producción, utilización y comercio	154
10. Sector forestal	159

PARTE III

Anexo estadístico

Notas sobre los cuadros del Anexo	167
Cuadro A1 Países y territorios utilizados para fines estadísticos en esta publicación	173
Cuadro A2 Seguridad alimentaria y nutrición	175
Cuadro A3 Producción y productividad agrícolas	181
Cuadro A4 Indicadores de población y fuerza laboral (2001)	187
Cuadro A5 Aprovechamiento de la tierra	193
Cuadro A6 Indicadores comerciales (promedio de 1999-2001)	200
Cuadro A7 Indicadores económicos	206
Cuadro A8 Productividad total de los factores	212

Bibliografía	217
Capítulos especiales de <i>El estado mundial de la agricultura y la alimentación</i>	223
Publicaciones seleccionadas	225
CD-ROM de SOFA-DB: Instalación e instrucciones para el arranque de la base de datos	227

APORTACIONES ESPECIALES

- | | |
|--|----|
| 1. Alimentar a 10 000 millones de personas: el desafío con que nos enfrentamos en el siglo XXI
<i>Norman E. Borlaug</i> | 28 |
| 2. Hacia una revolución siempre verde
<i>M.S. Swaminathan</i> | 30 |

RECUADROS

- | | |
|--|-----|
| 1. Alcance del presente informe | 4 |
| 2. Definición de la biotecnología agrícola | 8 |
| 3. Mejoramiento con ayuda de mutaciones inducidas | 10 |
| 4. El ADN desde el comienzo | 11 |
| 5. La importancia de la sintenia | 12 |
| 6. Los marcadores moleculares y la selección con ayuda de marcadores aplicados al mijo perla en la India | 14 |
| 7. Micropropagación de bananos libres de enfermedades en Kenya | 16 |
| 8. Agricultura en suelos ácidos: mejora de la tolerancia al aluminio en cereales | 18 |
| 9. El «protato»: ¿ayuda para los pobres o caballo de Troya? | 20 |
| 10. La situación de los recursos zoogenéticos mundiales | 21 |
| 11. La biotecnología puede librar al mundo de la peste bovina | 22 |
| 12. Bienes públicos y derechos de propiedad intelectual | 35 |
| 13. Proyecciones sobre las repercusiones económicas del «arroz dorado» en Filipinas | 46 |
| 14. ¿Qué es el algodón Bt y por qué se cultiva? | 48 |
| 15. Soja tolerante a los herbicidas en Argentina y los Estados Unidos | 54 |
| 16. Costos de la no adopción del algodón Bt en el África occidental | 62 |
| 17. Naturaleza del riesgo y análisis de riesgos | 66 |
| 18. Normas internacionales para facilitar el comercio | 67 |
| 19. Preocupaciones relativas a la salud y el medio ambiente en el fitomejoramiento convencional | 68 |
| 20. Transformación de «genes limpios» en el CIMMYT | 70 |
| 21. Cultivos modificados genéticamente para la alimentación de animales | 72 |
| 22. Preocupaciones ambientales relacionadas con los animales modificados genéticamente | 76 |
| 23. Opinión de un ecologista sobre el flujo de genes de cultivos transgénicos | 78 |
| 24. ¿El maíz Bt mata a las mariposas monarca? | 80 |
| 25. Formular las preguntas correctas | 89 |
| 26. ¿Puede la biotecnología satisfacer las necesidades de los agricultores pobres? La función de la investigación agrícola participativa | 104 |
| 27. Actividades de la FAO y la creación de capacidad en biotecnología agrícola en Bangladesh | 118 |

CUADROS

- | | |
|--|----|
| 1. Cronología de la tecnología agrícola | 11 |
| 2. Variación genética de las concentraciones de hierro, cinc, beta-caroteno y ácido ascórbico presentes en el germoplasma de cinco alimentos básicos | 19 |
| 3. Gasto estimado en investigación sobre biotecnología agrícola | 37 |
| 4. Ensayos de campo, por cultivos y regiones | 39 |
| 5. Superficie cultivada con algodón Bt y Bt/TH en 2001 | 50 |
| 6. Adopción del algodón Bt por los agricultores de los Estados Unidos, por estados, 1998-2001 | 51 |
| 7. Diferentes rendimientos del algodón Bt y el convencional | 56 |

8. Distribución de los beneficios de la adopción del algodón Bt, por tamaño de la explotación o categoría de ingresos, en China, 1999	57
9. Adopción del algodón Bt y distribución geográfica de los problemas de plagas en las principales zonas algodonerías de México, 1997-98	59
10. Estimaciones de la distribución de los beneficios económicos, región de la Comarca Lagunera de México, 1997 y 1998	60
11. Valores y activos de los sectores público y privado en la investigación agrobiotecnológica	109
12. Envíos de ayuda alimentaria en cereales per cápita	130

FIGURAS

1. Ensayos de campo con cultivos transgénicos, por grupos de países	38
2. Características de los cultivos modificados genéticamente sometidos a ensayos en los países industrializados, 1987-2000	39
3. Características de los cultivos modificados genéticamente sometidos a ensayos en los países menos adelantados, 1987-2000	40
4. Superficie mundial plantada de cultivos transgénicos	40
5. Superficie mundial plantada de cultivos transgénicos en 2002, por países	41
6. Superficie mundial plantada de cultivos transgénicos en 2002, por cultivos	41
7. Superficie mundial plantada de cultivos transgénicos en 2002, por características	42
8. Aplicaciones de plaguicidas para combatir a la vez la oruga del brote y la oruga de la cápsula en determinados estados de los Estados Unidos, 1992-2001	52
9. Distribución de los beneficios de la adopción de algodón Bt en los Estados Unidos, 1996-98	52
10. ¿Son los beneficios de la biotecnología superiores a los riesgos?	90
11. ¿Está usted a favor de estas aplicaciones de la biotecnología?	91
12. ¿Beneficiará la biotecnología a personas como yo?	92
13. ¿Es inaceptable la modificación de genes de las plantas o los animales?	93
14. ¿Compraría usted alimentos enriquecidos nutricionalmente?	93
15. Población subnutrida por regiones, 1999-2001	127
16. Número de personas subnutridas en países en desarrollo, por regiones	128
17. Porcentaje de población subnutrida en países en desarrollo, por regiones	128
18. Receptores de ayuda alimentaria en cereales	131
19. Receptores de ayuda alimentaria en productos distintos a los cereales	131
20. Cambios en la producción agrícola y ganadera total y per cápita	133
21. Cambios en la producción agrícola y ganadera, por regiones	134
22. Tendencia a largo plazo en la producción alimentaria per cápita	136
23. Producción y utilización mundiales de cereales	138
24. Reservas mundiales de cereales y relación entre reservas y utilización	139
25. Tendencias de los precios de los productos básicos	140
26. Cambio anual de valor de las exportaciones agrícolas mundiales	144
27. Exportaciones agrícolas mundiales	145
28. Importaciones y exportaciones agrícolas, por regiones	145
29. Parte de las exportaciones agrícolas mundiales, por regiones	148
30. Compromisos de asistencia exterior a la agricultura, por principales regiones receptoras	149
31. Tendencia a largo plazo de la asistencia exterior a la agricultura, 1974-2000	150
32. Parte de la asistencia en condiciones de favor en el total de la asistencia a la agricultura	150
33. Asistencia exterior a la agricultura por trabajador agrícola	151
34. Asistencia exterior a la agricultura por trabajador agrícola, según la prevalencia de la subnutrición, 1998-2000	151

35. Reserva de capital agrícola por trabajador agrícola, por regiones	152
36. Reserva de capital agrícola por trabajador agrícola, en países en desarrollo, según la prevalencia de la subnutrición, 1998-2000	153
37. Producción pesquera total: China y el resto del mundo	155
38. Comercio de pescado y de productos pesqueros en países desarrollados y países en desarrollo	156
39. Comercio de pescado y de productos pesqueros en países en desarrollo	156
40. Suministro pesquero per cápita (capturas y acuicultura): China y el resto del mundo	158
41. Suministro pesquero per cápita por regiones, 1997-1999	158
42. Producción de madera en rollo: todo el mundo	160
43. Producción de madera en rollo por regiones de países en desarrollo	161
44. Superficie forestal en 2000	162
45. Parte de la superficie terrestre poblada por bosques en 2000	163
46. Variación media anual en la superficie poblada por bosques, 1999-2000	163
MAPA	
1. Países que deben hacer frente a emergencias alimentarias	129

Preámbulo

La presente edición de *El estado mundial de la agricultura y la alimentación* estudia las posibilidades que ofrece la biotecnología agrícola para atender las necesidades de la población mundial afectada por la pobreza y la inseguridad alimentaria. La agricultura sigue enfrentándose con graves desafíos, entre ellos el de alimentar a 2 000 millones de personas más para el año 2030 partiendo de una base de recursos naturales cada vez más frágil. La transferencia efectiva de las tecnologías existentes a las comunidades rurales pobres y la creación de biotecnologías innovadoras y seguras podría ampliar enormemente las perspectivas de mejorar de manera sostenible la productividad agrícola en el presente y en el futuro. Pero la tecnología por sí sola no puede resolver los problemas de las personas pobres, y es necesario evaluar cuidadosamente algunos aspectos de la biotecnología, en particular sus efectos socioeconómicos y sus repercusiones sobre la inocuidad de los alimentos y el medio ambiente.

La elaboración de biotecnologías que contribuyan al desarrollo sostenible de la agricultura, la pesca y la silvicultura permitiría satisfacer en gran medida las necesidades de alimentos y medios de subsistencia de una población en aumento. El estudio de la genómica y de los marcadores moleculares, por ejemplo, podría ser de ayuda para los programas de mejoramiento y conservación y proporcionar nuevos instrumentos para la lucha contra las enfermedades de los animales y las plantas. El análisis que se realiza en este informe de sus aplicaciones actuales e incipientes, pone de manifiesto que la biotecnología va mucho más allá de la ingeniería genética. Pero lo que confiere a ésta su enorme potencial y suscita profunda preocupación es su capacidad para transferir genes entre especies diferentes. La FAO reconoce la necesidad de un enfoque equilibrado e integral del progreso biotecnológico que tenga en cuenta las oportunidades que ofrece y los riesgos que entraña.

La biotecnología brinda la oportunidad

de aumentar la disponibilidad y variedad de alimentos, incrementando la productividad agrícola global y reduciendo al mismo tiempo las variaciones estacionales en el suministro alimentario. Mediante la introducción de cultivos resistentes a las plagas y tolerantes a las condiciones adversas, la biotecnología podría contribuir a la disminución del riesgo de malas cosechas en condiciones biológicas y climáticas desfavorables y a la reducción de los daños que causan al medio ambiente los productos químicos tóxicos utilizados en la agricultura. Tras una primera generación de cultivos obtenidos mediante ingeniería genética, cuya finalidad principal era reducir las limitaciones y los costos de producción, llega ahora una segunda generación orientada a mejorar la biodisponibilidad de nutrientes y la calidad nutricional de los productos. Entre los ejemplos cabe citar la producción de variedades de arroz y nabina que contienen cantidades apreciables de beta-caroteno. Este precursor de la vitamina A escasea en el régimen alimenticio de muchas personas, especialmente en el mundo en desarrollo, donde podría contribuir a aliviar o reducir la carencia crónica de vitamina A. Se están realizando investigaciones para aumentar el volumen de otros minerales, vitaminas y proteínas en cultivos como la papa y la yuca.

En la presente edición de *El estado mundial de la agricultura y la alimentación* se examinan las contribuciones que ha hecho a lo largo de la historia la investigación agrícola al crecimiento económico y la seguridad alimentaria. La Revolución Verde, que permitió salir de la pobreza a millones de personas, se produjo gracias a un programa internacional de investigación agrícola realizado por instituciones públicas y específicamente orientado a crear tecnologías y transferirlas libremente al mundo en desarrollo como bienes públicos. La Revolución Genética, por el contrario, está siendo dirigida principalmente por el sector privado, que naturalmente se centra en la creación de productos destinados a los grandes mercados comerciales. Este hecho

suscita graves dudas en cuanto al tipo de investigaciones que se están llevando a cabo y a la probabilidad de que las personas pobres se beneficien de ellas.

Los datos disponibles sobre las consecuencias económicas de los cultivos transgénicos que se examinan en el presente informe indican que los pequeños agricultores con pocos recursos de los países en desarrollo podrían sacar provecho a través de un aumento de sus ingresos y una reducción de su exposición a productos químicos tóxicos. Pero hasta ahora sólo se están beneficiando unos pocos agricultores de unos pocos países en desarrollo. Ni el sector público ni el privado han invertido sumas importantes en nuevas tecnologías genéticas aplicables a productos como el caupí, el mijo, el sorgo y el tef, que carecen de interés comercial pero son fundamentales para suministrar alimentos y medios de subsistencia a la población más pobre del mundo. Otros factores que impiden a las personas pobres acceder a la biotecnología moderna y beneficiarse plenamente de ella son la inadecuación de los procedimientos reglamentarios, la complejidad de las cuestiones relacionadas con la propiedad intelectual, el mal funcionamiento de los mercados y los sistemas de distribución de semillas, y la escasa capacidad nacional en materia de fitogenética.

La FAO conoce perfectamente los posibles riesgos que determinados aspectos de la biotecnología, en particular los organismos modificados genéticamente (OMG), pueden entrañar para el medio ambiente y la inocuidad de los alimentos. En la presente publicación se examinan los datos científicos más recientes de varios informes independientes y dignos de crédito de todo el mundo. Informes del Consejo Internacional de Uniones Científicas (CIUC), el Consejo de Bioética de Nuffield, el Grupo de Expertos sobre el estudio científico de los organismos modificados genéticamente del Reino Unido y numerosas academias de ciencias nacionales constituyen la base de ese examen. Están apareciendo nuevos datos científicos sobre las repercusiones de la ingeniería genética en el medio ambiente y la salud. Los científicos coinciden por lo general en que los cultivos transgénicos que se producen actualmente y los alimentos

que se obtienen de ellos son inocuos para los consumidores, aunque no se conocen bien sus efectos a largo plazo. La coincidencia es menor en lo que respecta al impacto ambiental de los cultivos transgénicos. Por lo general los científicos están de acuerdo en la naturaleza de los posibles riesgos para el medio ambiente, pero discrepan en cuanto a su probabilidad y sus consecuencias. Hay un amplio consenso entre los científicos en cuanto a la necesidad de evaluar cada caso por separado, teniendo en cuenta los posibles beneficios y riesgos de los distintos OMG en comparación con las tecnologías alternativas. Antes de distribuir un producto transgénico, deben abordarse las preocupaciones legítimas con respecto a su inocuidad. También es esencial realizar un cuidadoso seguimiento de los efectos de ese producto después de su distribución.

Deseo aprovechar la oportunidad que me brinda el presente informe para asegurar a la comunidad internacional que, mediante un enfoque científico holista y multidisciplinario de la evaluación de los riesgos, incluidos el análisis, la gestión y la comunicación de éstos, la FAO seguirá examinando todas las cuestiones relativas a la biotecnología y sus efectos en la salud de las personas, los animales y las plantas que preocupan a sus Miembros. Dada la importancia de armonizar la reglamentación sobre los ensayos y la difusión de los OMG, la FAO continuará reforzando su labor normativa y de asesoramiento a escala nacional, subregional y regional, en coordinación y cooperación con otras organizaciones internacionales. Me complace especialmente observar que la Comisión del Codex Alimentarius, a la que la FAO y la Organización Mundial de la Salud (OMS) prestan conjuntamente servicios de secretaría, ha llegado recientemente a acuerdos decisivos sobre los principios para la evaluación de alimentos obtenidos por medios biotecnológicos modernos y sobre las directrices para la realización de evaluaciones de la inocuidad de alimentos obtenidos de plantas de ADN recombinante y de alimentos producidos en presencia de microorganismos de ADN recombinante. Esos principios y directrices, debidamente aplicados, aumentarán la capacidad para evaluar los riesgos de transferir toxinas

de una forma de vida a otra, de crear nuevas toxinas o de transferir compuestos alergénicos de una especie a otra.

La FAO seguirá proporcionando a sus Estados Miembros información y análisis objetivos y basados en datos científicos sobre la biotecnología y sus aplicaciones a la agricultura, la ganadería, la pesca y la silvicultura. La cooperación técnica de la FAO incluirá la asistencia a los gobiernos de sus Estados Miembros en cuestiones reglamentarias, entre ellas la armonización a nivel regional e internacional, el asesoramiento jurídico para el establecimiento de los órganos de reglamentación que sean necesarios, la mejora de la capacidad nacional de evaluación de riesgos, la movilización de

fondos de donantes y la cooperación con otras organizaciones pertinentes.

Hago por lo tanto un llamamiento a la comunidad internacional para que se sume a los constantes esfuerzos de la FAO por aliviar la pobreza y el hambre mediante la promoción del desarrollo agrícola, la mejora de la nutrición y la búsqueda de la seguridad alimentaria en todo el mundo. Con su ayuda, el éxito coronará nuestros esfuerzos, nuestra perseverancia y nuestro compromiso.



Jacques Diouf
DIRECTOR GENERAL DE LA FAO

Prólogo

El estado mundial de la agricultura y la alimentación 2003-04 presenta un nuevo aspecto y una nueva estructura que esperamos resulte atractiva, informativa y estimulante para sus lectores. A partir de esta edición, esta publicación se centrará cada año en un tema importante del desarrollo agrícola y económico, ofreciendo un análisis detallado de sus repercusiones socioeconómicas y estudiando las políticas más adecuadas para satisfacer las necesidades de los sectores pobres de la población de los países en desarrollo. Confiamos en que estos informes temáticos constituirán una importante contribución al debate mundial sobre el desarrollo agrícola y económico entre los encargados de formular políticas, la comunidad científica, los profesionales del desarrollo y la sociedad civil. El tema de este año es: «La biotecnología agrícola: ¿una respuesta a las necesidades de los pobres?» En ediciones posteriores, *El estado mundial de la agricultura y la alimentación* prevé abordar el comercio internacional, los mercados agrícolas nacionales y cuestiones mundiales conexas que influyen en los medios de subsistencia y la seguridad alimentaria de las personas pobres.

Se mantiene en esta nueva edición nuestra tradición de ofrecer una breve reseña de la situación actual de la agricultura y la alimentación a nivel mundial y regional, incluidas las estimaciones más recientes del número de personas subnutridas; las tendencias de la producción, el comercio y los precios de los productos básicos; y la inversión, la ayuda y la asistencia exterior que recibe la agricultura. La versión impresa de esta reseña mundial y regional se complementa periódicamente a lo largo del año con informes regionales más amplios y puntuales. Estos informes regionales pueden consultarse en nuestro sitio Web (www.fao.org/es/esa). Además, en la presente edición hemos introducido una nueva serie de indicadores nacionales relativos a la agricultura y la seguridad alimentaria. Estos indicadores se modificarán en los próximos años con el fin de que

constituyan un instrumento para vigilar el estado de la agricultura y la alimentación en los distintos países y en el curso del tiempo.

La presente edición es la primera que prepara el nuevo equipo de gestión integrado por Prabhu Pingali, Director de Economía Agrícola y del Desarrollo (ESA), Randy Stringer, Jefe del Servicio de Desarrollo Agrícola Comparado, y Terri Raney, Editora y Economista Superior de *El estado mundial de la agricultura y la alimentación*. El Director General de la FAO, Jacques Diouf, y el Subdirector General del Departamento Económico y Social, Hartwig de Haen, han desempeñado un papel decisivo en la tarea de revitalizar esta publicación. El equipo de *El estado mundial de la agricultura y la alimentación* desea expresar también su agradecimiento por los consejos y el apoyo recibidos de la Junta Asesora Externa de esta publicación, integrada por Walter P. Falcon (Estados Unidos), Presidente, Bina Agarwal (India), Kym Anderson (Australia), Simeon Ehui (Côte d'Ivoire), Franz Heidhues (Alemania) y Eugenia Muchnik (Chile).

El equipo de *El estado mundial de la agricultura y la alimentación* está especialmente interesado en conocer las opiniones de los lectores sobre este informe y sus propuestas para futuras ediciones. Pueden enviar sus observaciones a la siguiente dirección: SOFA@fao.org.

Terri Raney
Editora

*El estado mundial de la agricultura
y la alimentación*

Agradecimiento

La preparación de *El estado mundial de la agricultura y la alimentación 2003-04* ha estado a cargo de un equipo del Servicio de Desarrollo Agrícola Comparado, dirigido por Terri Raney e integrado por Jakob Skoet, André Croppenstedt, Annelies Deuss, Fulvia Fiorenzi, Slobodanka Teodosijevic y Stefano Trento. Este equipo ha contado con el apoyo de secretaria de Stella Di Lorenzo y Paola Di Santo y con la supervisión general de Randy Stringer, Jefe del Servicio de Desarrollo Agrícola Comparado, y de Prabhu Pingali, Director de Economía Agrícola y del Desarrollo.

La **Parte I**, «La biotecnología agrícola: ¿una respuesta a las necesidades de los pobres?», fue redactada por Terri Raney con aportaciones de muchas dependencias técnicas de la FAO y expertos internacionales. La investigación básica para la Parte I estuvo a cargo de Joel Cohen, José Falck-Zepeda, Thomas Hoban, John Komen, Anwar Naseem, Prabhu Pingali, Carl Pray, Terri Raney y Greg Traxler. Muchos de los documentos utilizados han sido publicados en la colección de Documentos de trabajo de la Dirección de Economía Agrícola y del Desarrollo y pueden consultarse en www.fao.org/es/esa. El Grupo de Trabajo Interdepartamental de la FAO sobre Biotecnología facilitó material básico suplementario, proyectos de textos, estudios y apoyo financiero. La ayuda del Grupo de Trabajo, y en particular de su Presidente, James Dargie, fue muy valiosa para el informe. Al final del libro se facilitan las referencias bibliográficas completas. Los colaboradores más destacados de cada capítulo, aparte del autor principal, fueron los siguientes:

Capítulo 2 (¿Qué es la biotecnología agrícola?). Jonathan Robinson, James Dargie e Irene Hoffman aportaron proyectos de textos. El material suplementario se tomó de los documentos de antecedentes preparados por John Ruane para el Foro Electrónico de la FAO sobre la Biotecnología en la Alimentación y la Agricultura. Devin Bartley, Elcio Guimarães, Keith Hammond (jubilado),

Hoan Le, Prakash Shetty y Pierre Sigaud realizaron otras aportaciones. Los expertos internacionales que se citan a continuación aportaron generosamente resúmenes de sus investigaciones en curso sobre biotecnología: Mike Gale, del Centro John Innes, sobre sintenia; Miftahudin, Miguel Rodríguez Milla, Kathleen Ross y J. Perry Gustafson, de la Universidad Agrícola Bogor, la Universidad de Misuri y el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, sobre tolerancia al aluminio; y Tom Hash, del Instituto Internacional de Investigación de Cultivos para las Zonas Tropicales Semiáridas (ICRISAT), sobre selección con ayuda de marcadores para determinar la resistencia del mijo perla al mildiú.

Capítulo 3 (De la Revolución Verde a la Revolución Genética). Prabhu Pingali y Terri Raney, Carl Pray y Anwar Naseem, y Greg Traxler prepararon los documentos básicos. Norman Borlaug y M.S. Swaminathan realizaron aportaciones especiales para este capítulo.

Capítulo 4 (Repercusiones económicas de los cultivos transgénicos). Greg Traxler preparó el documento básico, al que se añadieron las aportaciones de los siguientes expertos internacionales: Kym Anderson, Richard Bennett, Liborio Cabanilla, Matin Qaim y Eric Tollens.

Capítulo 5 (Repercusiones de los cultivos transgénicos en la salud y el medio ambiente). Christina Devorshak, Daniele Manzella y Andrew Speedy aportaron textos y material básico. Alessandro Pellegrineschi y David Hoisington, del Centro Internacional de Mejoramiento del Maíz y el Trigo (CIMMYT), redactaron el recuadro sobre la técnica de transformación del «gen limpio», y Allison Snow, de la Universidad del Estado de Ohio, redactó el recuadro sobre la evaluación ecológica de los cultivos transgénicos.

Capítulo 6 (Posiciones de la opinión pública con respecto a la biotecnología agrícola). Thomas Hoban preparó un documento básico sobre una investigación acerca de la opinión pública y Janice Albert elaboró el texto relativo al etiquetado.

Capítulo 7 (La investigación y la política de investigación en favor de los pobres). Carl Pray y Anwar Naseem, Prabhu Pingali y Terri Raney, y Greg Traxler prepararon documentos básicos.

Capítulo 8 (Creación de capacidad en biotecnología en el sector de los alimentos y la agricultura). José Falck-Zepeda, Joel Cohen y John Komen, y Fulvia Fiorenzi prepararon documentos básicos. Kakoli Ghosh elaboró un proyecto de texto con aportaciones complementarias de Andrea Sonnino.

Capítulo 9 (Conclusiones: satisfacer las necesidades de los sectores pobres de la población). Randy Stringer preparó el proyecto de texto para este capítulo.

La **Parte II**, «Examen mundial y por regiones – Hechos y cifras», fue preparada por Annelies Deuss y Jakob Skoet.

La **Parte III**, «Anexo estadístico», fue preparada por André Croppenstedt, Annelies Deuss y Randy Stringer.

El equipo está especialmente agradecido a los miembros de la Junta Asesora Externa de *El estado mundial de la agricultura y la alimentación*, integrada por Walter P. Falcon (Presidente), Bina Agarwal, Kym Anderson, Simeon Ehui, Franz Heidhues y Eugenia Muchnik, que formularon valiosas recomendaciones sobre el alcance y la orientación del informe. También desea expresar su reconocimiento a Hermann Waibel, Diemuth Pemsil y Sarah Hearne por los exámenes externos que realizaron.

El informe se benefició del trabajo de los editores, dibujantes y diagramadores del Servicio de Gestión de las Publicaciones de la FAO.

Siglas

AEBC	Agriculture and Environment Biotechnology Commission (Reino Unido)
ADN	Ácido desoxirribonucleico
ADPIC	Acuerdo sobre los Aspectos de los Derechos de Propiedad Intelectual relacionados con el Comercio
ARN	Ácido ribonucleico
ASDI	Agencia Sueca de Cooperación Internacional para el Desarrollo
CAC	Comisión del Codex Alimentarius
CAMBIA	Center for the Application of Molecular Biology to International Agriculture (Australia)
CDB	Convenio sobre la Diversidad Biológica
CIA	Convenio internacional del azúcar
CIAT	Centro Internacional de Agricultura Tropical
c.i.f.	Costo, seguro y flete
CIIGB	Centro Internacional de Ingeniería Genética y Biotecnología
CIMMYT	Centro Internacional de Mejoramiento del Maíz y el Trigo
CIPF	Convención Internacional de Protección Fitosanitaria
CIUC	Consejo Internacional de Uniones Científicas
COPERSUCAR	Cooperativa de Productores de Caña, Azúcar y Etanol del Estado de São Paulo (Brasil)
DANIDA	Organismo Danés de Desarrollo Internacional
DEA	Análisis envolvente de datos
D&PL	Delta and Pine Land Company
DFID	Departamento para el Desarrollo Internacional (Reino Unido)
ELISA	Ensayo de inmunoabsorción enzimática
Embrapa	Corporación de Investigaciones Agrícolas del Brasil
FAOSTAT	Base de datos estadísticos sustantivos de la FAO
f.o.b.	Franco a bordo
FMAM	Fondo para el Medio Ambiente Mundial
GCIAI	Grupo Consultivo sobre Investigación Agrícola Internacional
IA	Inseminación artificial
ICO	Organización Internacional del Café
ICCO	Organización Internacional del Cacao
ICGEB	Centro Internacional de Ingeniería Genética y Biotecnología

ICRISAT	Instituto Internacional de Investigación de Cultivos para las Zonas Tropicales Semiáridas
IRRI	Instituto Internacional de Investigación sobre el Arroz
ISAAA	Servicio Internacional para la Adquisición de Aplicaciones Agrobiotecnológicas
ISNAR	Servicio internacional para la investigación agrícola nacional
MSF	Acuerdo sobre la Aplicación de Medidas Sanitarias y Fitosanitarias
NIMF	Normas internacionales para medidas fitosanitarias
NRC	National Research Council (Estados Unidos)
OCDE	Organización de Cooperación y Desarrollo Económicos
OIE	Organización Mundial de Sanidad Animal (ex Oficina Internacional de Epizootias)
OIEA	Organismo Internacional de Energía Atómica
OMC	Organización Mundial del Comercio
OMG	Organismo modificado genéticamente
OMS	Organización Mundial de la Salud
OMTE	Ovulación múltiple seguida del trasplante de embriones
ONG	Organización no gubernamental
ONU DI	Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial
OVM	Organismo vivo modificado
PIB	Producto interno bruto
PLFR	Polimorfismo de longitud de los fragmentos de restricción
PMA	Programa mundial de alimentos
PMEPB	Programa mundial de erradicación de la peste bovina
PNB	Producto nacional bruto
PNUD	Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo
PPP	Paridades del poder adquisitivo
PTF	Productividad total de los factores
RCP	Reacción en cadena de la polimerasa
RR	Roundup Ready®
SEA	Suministro de energía alimentaria
SMIA	Sistema mundial de información y alerta sobre la alimentación y la agricultura
SNIA	Sistemas nacionales de investigaciones agronómicas
TH	Tolerante a los herbicidas
USAID	Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional
USDA	Departamento de Agricultura de los Estados Unidos

Nota explicativa

El material estadístico utilizado en esta edición de *El estado mundial de la agricultura y la alimentación* se ha preparado a partir de la información de que disponía la FAO hasta noviembre de 2003.

Símbolos

Se han empleado los símbolos siguientes:

- = ninguno o insignificante (en los cuadros);
- ... = no se dispone de datos (en los cuadros).

Años y unidades

Para indicar años o grupos de años se han empleado las fórmulas siguientes:

- 2001/02 = el ejercicio agrícola, comercial o fiscal comprendido entre el primero de esos años civiles y el siguiente;
- 2001-02 = el promedio de dos años civiles.

Salvo indicación en contrario, en la presente publicación se emplea siempre el sistema métrico decimal.

Estadísticas

Es posible que, a causa del redondeo efectuado, la suma de las cifras de los cuadros estadísticos no sea igual al total. Las variaciones anuales y los índices de variación se han calculado con cifras sin redondear.

Índices de la producción

Los índices FAO de la producción agrícola indican el nivel relativo del volumen agregado de la producción agrícola de cada año, en comparación con el período base 1989-91. Estos índices reflejan la suma de los volúmenes, a precios ponderados, de diversos productos agrícolas, después de deducir los volúmenes (igualmente ponderados) utilizados como semillas y piensos. El valor agregado resultante representa por lo tanto la producción disponible para cualquier uso a excepción de semillas y pienso.

Todos los índices, ya sean nacionales, regionales o mundiales, se han calculado según la fórmula de Laspeyres. Los

volúmenes de producción de cada producto se han ponderado según la media de los precios internacionales de 1989-91, y se han sumado para cada año. Los índices se han obtenido dividiendo la cifra agregada de un año dado por el valor agregado medio del período base 1989-91.

Índices del comercio

Los índices del comercio de productos agropecuarios tienen también como base el período 1989-91. Incluyen todos los productos y países que figuran en el *Anuario FAO de comercio*. En los índices correspondientes al total de productos alimenticios se incluyen los comestibles clasificados en general como «alimentos».

Los índices representan cambios registrados en los valores corrientes de las exportaciones (franco a bordo [f.o.b.]) y de las importaciones (costo, seguro y flete [c.i.f.]), expresados en dólares EE.UU. Cuando algunos países valoran las importaciones a precios f.o.b., las cifras se ajustan para que se aproximen a los valores c.i.f.

Los índices de volumen y del valor unitario representan los cambios en la suma de los volúmenes ponderados en función de los precios, y de los valores unitarios de los productos que son objeto de comercio entre países. Los coeficientes de ponderación son, respectivamente, la media de los precios y volúmenes de 1989-91, que es el período de referencia utilizado para todas las series de números índices que calcula actualmente la FAO. Para el cálculo de los números índices se ha utilizado la fórmula de Laspeyres.

The background of the slide is a composite image. On the left, a DNA double helix is rendered in a light brown color. On the right, there is a molecular model with white, black, and green spheres connected by thin lines. Below these, a grid of small circles, resembling a microarray or a cell culture plate, is visible. The overall color palette is muted, with shades of brown, beige, and light green.

Parte I

LA BIOTECNOLOGÍA AGRÍCOLA: ¿una respuesta a las necesidades de los pobres?

Parte I





Sección A: Marco para el debate

1. ¿Puede la biotecnología satisfacer las necesidades de los pobres?

Introducción y panorama general

La biotecnología aplicada a la agricultura y la alimentación, especialmente la ingeniería genética, se ha convertido en el centro de una «retórica de guerra mundial» (Stone, 2002). Los partidarios de la ingeniería genética la aclaman como un instrumento fundamental para hacer frente a la inseguridad alimentaria y la malnutrición en los países en desarrollo y acusan a sus adversarios de «crímenes contra la humanidad» por demorar la aprobación reglamentaria de unas innovaciones que podrían salvar vidas humanas (Potrykus, 2003). Quienes se oponen a ella sostienen que la ingeniería genética provocará una catástrofe ambiental, agravará la pobreza y el hambre y dará lugar a que las empresas se adueñen de la agricultura tradicional y del suministro mundial de alimentos. Acusan a los partidarios de la biotecnología de «engañar al mundo» (Five Year Freeze, 2002). En esta edición de *El estado mundial de la agricultura y la alimentación* se examinan los datos científicos y económicos actualmente disponibles sobre la capacidad potencial de la biotecnología agrícola, y en particular de la ingeniería genética, para satisfacer las necesidades de las personas pobres.

La agricultura del siglo XXI se enfrenta con problemas sin precedentes. En los 30 años próximos habrá que alimentar a

otros 2 000 millones de personas con una base de recursos naturales cada vez más frágil. Más de 842 millones de personas, la mayoría de las cuales viven en zonas rurales de países pobres, sufren hambre crónica, y otros muchos millones padecen carencias de micronutrientes, forma insidiosa de malnutrición causada por la mala calidad de la alimentación habitual o por la falta de diversidad de ésta. La Revolución Verde nos enseñó que una innovación tecnológica –semillas de mayor rendimiento e insumos para hacerlas crecer– puede reportar enormes beneficios a las personas pobres al aumentar sus ingresos y reducir los precios de los alimentos. Este círculo virtuoso de aumento de la productividad, mayor eficiencia, mejora del nivel de vida y crecimiento económico sostenible ha permitido salir de la pobreza a millones de personas (Evenson y Gollin, 2003). Pero son muchos los que permanecen atrapados en la agricultura de subsistencia. ¿Puede llegar la Revolución Genética a quienes se han quedado rezagados?

Al mismo tiempo, una población mundial en vías de rápida urbanización exige a la agricultura una variedad mayor de atributos de calidad, no sólo en lo que respecta a los productos en sí, sino también a los métodos empleados para producirlos. El sector agrícola tendrá que responder a esa exigencia sin recurrir a la fórmula tradicional de aumentar los rendimientos,

RECUADRO 1 Alcance del presente informe

La biotecnología agrícola abarca una variedad de instrumentos de investigación que emplean los científicos para comprender y manipular la estructura genética de los organismos con miras a su utilización en la agricultura, la ganadería, la silvicultura o la pesca. El concepto de biotecnología es mucho más amplio que el de ingeniería genética; comprende también la genómica y la bioinformática, la selección con ayuda de marcadores, la micropropagación, el cultivo de tejidos, la clonación, la inseminación artificial, el trasplante de embriones y otras tecnologías. Sin embargo, la ingeniería genética, especialmente la aplicada a los cultivos, es el sector de la biotecnología que afecta más directamente a la agricultura en los países en desarrollo y que suscita mayores problemas normativos y preocupaciones en la opinión pública. Es también un sector en que se está

empezando a disponer de un conjunto de datos económicos sobre las consecuencias de la biotecnología para las personas pobres. Por esa razón, aunque en este informe se mencionan brevemente todos los instrumentos y aplicaciones de la biotecnología agrícola, se presta más atención, especialmente en el Capítulo 2, a los cultivos transgénicos y a su repercusión en la población pobre de los países pobres. Será tanto o más difícil que otras aplicaciones de la biotecnología en sectores como la ganadería, la pesca o la silvicultura resuelvan muchos de los problemas para conseguir que las personas pobres se beneficien de los cultivos transgénicos. Para más información acerca del programa de trabajo de la FAO en la esfera de la biotecnología agrícola, véase su sitio Web sobre este tema en la siguiente dirección: <http://www.fao.org/biotech/index.asp?lang=es>

y tomando además en consideración la protección del patrimonio ecológico común, las preocupaciones de los consumidores por la inocuidad y calidad de los alimentos y la mejora de los medios de subsistencia rurales, tanto en el Norte como en el Sur. Tal vez esa retórica de guerra nos está impidiendo mantener un debate más razonable sobre los peligros y oportunidades que ofrece la biotecnología.

Existen indicios alentadores de que la biotecnología (Recuadro 1) puede ayudar a hacer frente a esos retos. La biotecnología permite superar las limitaciones de producción más problemáticas o difíciles de resolver con los métodos de mejoramiento tradicionales. Permite acelerar los programas convencionales de mejoramiento y ofrecer a los agricultores material de plantación libre de enfermedades. Permite crear cultivos resistentes a plagas y enfermedades, en sustitución de productos químicos que son perjudiciales para el medio ambiente y la salud humana, y ofrece instrumentos de diagnóstico y vacunas que ayudan a combatir enfermedades de los animales de efectos devastadores. Permite mejorar la calidad

nutricional de alimentos básicos como el arroz y la yuca y crear nuevos productos con fines sanitarios e industriales.

Pero la biotecnología no es una panacea. No puede subsanar las deficiencias de la infraestructura, los mercados, la capacidad de mejoramiento, los sistemas de distribución de insumos y los servicios de extensión que obstaculizan todos los esfuerzos por promover el crecimiento agrícola en las zonas pobres y remotas. Puede que algunos de estos problemas sean más difíciles de resolver en el ámbito de la biotecnología que en el de otras tecnologías. Las tecnologías aplicadas a semillas, como la resistencia transgénica a insectos, pueden ser más fáciles de utilizar por pequeños agricultores con escasos recursos que tecnologías complicadas para cultivos que requieren otros insumos o complejas estrategias de gestión. Por otra parte, algunos conjuntos de biotecnologías, especialmente las que se utilizan en los sectores ganadero y pesquero, requieren ciertas condiciones institucionales y administrativas para poder funcionar correctamente, por lo que tal vez no sean

eficaces para los pequeños productores con pocos recursos.

Las preocupaciones que suscitan los cultivos transgénicos en relación con la inocuidad y la reglamentación constituyen un importante obstáculo para los países en desarrollo, porque muchos de ellos carecen del marco reglamentario y la capacidad técnica necesarios para evaluar esos cultivos y responder a las reclamaciones contrapuestas que les acompañan. Aunque la comunidad científica internacional ha determinado que los alimentos obtenidos de cultivos transgénicos que se encuentran actualmente en el mercado pueden ser consumidos sin riesgo, también reconoce que algunas de las nuevas transformaciones en las que intervienen múltiples transgenes pueden requerir procedimientos suplementarios de análisis de riesgos para determinar su inocuidad. No hay consenso entre los científicos en cuanto a los peligros que entrañan los cultivos transgénicos para el medio ambiente, pero sí hay un acuerdo general en que al evaluar estos productos se deben comparar dichos peligros con los que se derivan de la agricultura convencional. También hay un amplio consenso en que los cultivos transgénicos deben ser evaluados caso por caso, como se hace con los productos farmacéuticos, teniendo en cuenta el cultivo, la característica y el sistema agroecológico en cuestión. Puesto que sólo se han evaluado los efectos ecológicos de unos pocos cultivos transgénicos en regiones tropicales, es necesario realizar más investigaciones sobre esta cuestión.

Se están realizando actividades de investigación y desarrollo públicas y privadas en relación con más de 40 cultivos transgénicos en todo el mundo y se están estudiando docenas de innovaciones, pero es evidente que se están dejando de lado los problemas de las personas pobres. A excepción de unas pocas iniciativas aisladas, no hay programas importantes, ya sean del sector público o privado, que aborden los problemas fundamentales de las personas pobres o que se centren en los cultivos y animales de los que éstas dependen. Es necesario un esfuerzo internacional concertado para que se tengan en cuenta las necesidades tecnológicas de las personas pobres y se eliminen los obstáculos a su acceso a las tecnologías.

Principales enseñanzas del presente informe

La biotecnología –incluida la ingeniería genética– puede beneficiar a los sectores pobres de la población con dos condiciones: que se realicen las innovaciones adecuadas y que los agricultores pobres de los países pobres tengan acceso a ellas de manera rentable. Hasta la fecha esas condiciones sólo se han cumplido en unos pocos países en desarrollo.

La biotecnología debería formar parte de un programa integrado y amplio de investigación y desarrollo agrícolas que dé prioridad a los problemas de las personas pobres. La biotecnología puede complementar, pero no sustituir, la investigación en esferas como la fitogenética, el manejo integrado de plagas y nutrientes, la zoogenética, los piensos y los sistemas de lucha contra enfermedades de los animales.

El sector público –países en desarrollo y desarrollados, donantes y centros internacionales de investigación– debería destinar más recursos a la investigación agrícola, incluida la biotecnología. La investigación del sector público es necesaria para abordar los bienes públicos de los que el sector privado haría caso omiso y estimular la competencia en los mercados de tecnología.

Los gobiernos deberían crear incentivos, instituciones y condiciones propicias para la investigación, el desarrollo y el empleo de la biotecnología agrícola en los sectores público y privado. Se deberían fomentar las asociaciones entre ambos sectores y otras estrategias innovadoras para movilizar la investigación sobre tecnologías y el acceso de las personas pobres a éstas.

Se deberían reforzar y racionalizar los procedimientos reglamentarios para garantizar la protección del medio ambiente y de la salud pública, así como la transparencia, previsibilidad y fundamento científico del proceso. Para fortalecer la confianza de consumidores y productores, es imprescindible que haya una reglamentación idónea: una reglamentación que duplica u obstruye el trabajo resulta costosa y ha de ser evitada.

La creación de capacidad en materia de investigación agrícola y cuestiones reglamentarias relacionadas con la biotecnología debería ser prioritaria

para la comunidad internacional. La FAO ha propuesto un importante programa destinado a proporcionar a los países en desarrollo los conocimientos y aptitudes necesarios para que puedan tomar sus propias decisiones con respecto a la utilización de la biotecnología.

Resumen del informe

El Capítulo 2 analiza los límites de la biotecnología agrícola y la sitúa en el contexto más amplio de los objetivos de producción, conservación y ordenación que persiguen los investigadores. La mayor parte de las polémicas suscitadas por la biotecnología se centran en los cultivos transgénicos, pero esas innovaciones sólo representan una minúscula fracción de las posibilidades técnicas que ofrece la biotecnología aplicada a la agricultura, la ganadería, la silvicultura y la pesca. La ingeniería genética amplía de manera más precisa instrumentos de mejoramiento utilizados durante decenios a la vez que se desvía radicalmente de los métodos convencionales. Lo que le confiere a la ingeniería genética su enorme potencial y hace que sea tan controvertida es su capacidad para transferir genes superando las barreras entre especies.

El Capítulo 3 recuerda cómo contribuyó la investigación pública a escala nacional e internacional a la creación de las tecnologías que produjeron la Revolución Verde. Por el contrario, la mayoría de las investigaciones sobre cultivos transgénicos están siendo realizadas por empresas transnacionales privadas. Esto tiene importantes consecuencias para el tipo de investigaciones que se están realizando y los productos que se están obteniendo. Las tendencias de la investigación y los datos sobre comercialización confirman que se están dejando de lado los cultivos y las características de interés para las personas pobres. En 2003, seis países (la Argentina, el Brasil, el Canadá, China, los Estados Unidos y Sudáfrica), cuatro cultivos (el maíz, la soja, la nabina/colza y el algodón) y dos características (la resistencia a insectos y la tolerancia a herbicidas) representaban el 99 por ciento de la superficie mundial plantada de cultivos transgénicos. Esos mismos cultivos y características son el

centro de la mayoría de las investigaciones sobre cultivos transgénicos que se están realizando en los sectores público y privado de los países desarrollados y en desarrollo. Una de las principales limitaciones con que se enfrentan los países en desarrollo para adoptar y adaptar las innovaciones biotecnológicas realizadas en otras partes es su falta de capacidad nacional en materia de investigación agrícola.

En el Capítulo 4 se examinan los datos actualmente disponibles sobre los efectos socioeconómicos de la adopción de cultivos transgénicos, especialmente en los países en desarrollo. A excepción de los obtenidos en China, todos los cultivos transgénicos comercializados hasta ahora han sido creados y distribuidos por empresas privadas. Ahora bien, algunos de esos cultivos, especialmente el algodón resistente a insectos, están reportando considerables ganancias económicas a los pequeños agricultores, así como importantes beneficios sociales y ambientales, gracias al cambio en la utilización de productos químicos. Los datos de que se dispone parecen indicar que los pequeños agricultores tienen las mismas probabilidades de beneficiarse de la adopción del algodón transgénico que los grandes productores. También apuntan a que, pese a los temores de que las empresas controlen el sector, los agricultores y consumidores están recibiendo de momento una parte de los beneficios económicos de los cultivos transgénicos mayor que la obtenida por las empresas que los han creado y comercializado. Hay que tener en cuenta, sin embargo, que estos datos únicamente se refieren a dos o tres años y a un número relativamente pequeño de agricultores de unos pocos países. Puede que estas ganancias a corto plazo no se mantengan cuando un número mayor de agricultores adopten las tecnologías. El tiempo y unos estudios más cuidadosamente concebidos dirán qué beneficios producen los cultivos transgénicos y cómo se distribuyen esos beneficios.

En el Capítulo 5 se analizan las preocupaciones y datos científicos relativos a los cultivos transgénicos y se resumen los puntos en que la comunidad científica internacional ha llegado a un acuerdo. Los científicos han determinado que los productos transgénicos que se encuentran actualmente en el mercado pueden

consumirse sin riesgo, aunque recomiendan su seguimiento constante y coinciden en que productos más recientes y complejos podrían requerir procedimientos suplementarios para determinar su inocuidad. Los posibles efectos de los cultivos transgénicos sobre el medio ambiente suscitan mayores divergencias entre los científicos. Por lo general, éstos están de acuerdo en los tipos de peligros existentes, pero discrepan en cuanto a su probabilidad y gravedad. Hasta la fecha, no se ha observado sobre el terreno ninguno de los principales peligros para el medio ambiente potencialmente relacionados con los cultivos transgénicos. Los científicos coinciden en que cada cultivo transgénico debe ser evaluado por separado, teniendo en cuenta el producto, la característica y el sistema agroecológico en que se distribuirá. También coinciden en que la reglamentación debe tener un fundamento científico, si bien el buen juicio y el diálogo son elementos fundamentales en cualquier marco reglamentario basado en principios científicos. La armonización internacional, por ejemplo a través de la Comisión del Codex Alimentarius (CAC) o de la Convención Internacional de Protección Fitosanitaria (CIPF), puede atenuar las tensiones internacionales en esta esfera. Los países en desarrollo deben reforzar su capacidad nacional para reglamentar esos cultivos y cumplir sus obligaciones nacionales e internacionales.

En el Capítulo 6 se estudian las posiciones de la opinión pública mundial sobre el empleo de la biotecnología en la agricultura y la alimentación. Aunque se llegue a un acuerdo sobre cuestiones científicas o reglamentarias, la ingeniería genética aplicada a la agricultura y la alimentación no podrá obtener resultados satisfactorios si el público no está convencido de su inocuidad y utilidad. Las opiniones sobre estos temas varían mucho entre países y dentro de ellos, pero un cuidadoso examen de datos de encuestas comparables a nivel internacional revela que en todos los países el público tiene opiniones matizadas acerca de la biotecnología y que establece diferencias entre tecnologías y aplicaciones en función de cómo percibe su utilidad y aceptabilidad. Son muy pocas las personas que adoptan una posición doctrinaria en favor o en contra de todo tipo de biotecnologías. Algunos han propuesto el etiquetado como medio para salvar las diferencias de opinión acerca de la

aceptabilidad de los alimentos transgénicos, ofreciendo a cada consumidor la posibilidad de elegir. Otros sostienen que el etiquetado sólo es apropiado en caso de que el producto –y no sólo el proceso utilizado para producirlo– difiera del obtenido por medios convencionales. Los miembros de la CAC están examinando la importancia del etiquetado para los alimentos transgénicos.

En el Capítulo 7 se analiza el tipo de investigación sobre biotecnología agrícola que es necesario para atender las necesidades de las personas pobres, y en particular de los agricultores pobres de los países pobres. Se trata de la investigación sobre los cultivos de los que obtienen la mayor parte de sus alimentos y medios de subsistencia: arroz y trigo, por supuesto, pero también una variedad de cultivos carentes de interés comercial, como el sorgo, el mijo perla, el guandú, el garbanzo y el maní, que son dejados de lado en gran medida en los programas de investigación sobre productos convencionales o biotecnológicos. La resistencia a condiciones desfavorables de producción, como sequía, salinidad, plagas y enfermedades, así como la mejora del contenido nutricional, son características que revisten especial interés para las personas pobres. En este capítulo se estudian también diversas opciones institucionales e incentivos que podrían promover la investigación pública y privada sobre los problemas que afectan a los pobres.

El Capítulo 8 trata de la necesidad de fortalecer la capacidad de los países en desarrollo y los países con economías en transición. Todos los países deben tener una capacidad amplia y dinámica, a nivel técnico, institucional y de gestión, para poder aplicar de manera satisfactoria y sostenible la biotecnología en el ámbito de la agricultura y la alimentación. Se examinan varias iniciativas internacionales en materia de creación de capacidad, y se llega a la conclusión de que es necesario hacer un esfuerzo mucho mayor si se quiere que todos los países estén en condiciones de tomar sus propias decisiones sobre esas tecnologías en beneficio de sus respectivas poblaciones.

En el Capítulo 9 se sacan las conclusiones básicas del informe y se recomiendan medidas para garantizar que la biotecnología contribuya a satisfacer las necesidades de los sectores pobres de la población.

2. ¿Qué es la biotecnología agrícola?

En general, se entiende por biotecnología toda técnica que utiliza organismos vivos o sustancias obtenidas de esos organismos para crear o modificar un producto con fines prácticos (Recuadro 2). La biotecnología puede aplicarse a todo tipo de organismos, desde los virus y las bacterias a los animales y las plantas, y se está convirtiendo en un elemento importante de la medicina, la agricultura

y la industria modernas. La biotecnología agrícola moderna comprende una variedad de instrumentos que emplean los científicos para comprender y manipular la estructura genética de organismos que han de ser utilizados en la producción o elaboración de productos agrícolas.

Algunas aplicaciones de la biotecnología, como la fermentación y el malteado, se han utilizado durante milenios. Otras son

RECUADRO 2 Definición de la biotecnología agrícola

El Convenio sobre la Diversidad Biológica (CDB) define la biotecnología como «toda aplicación tecnológica que utilice sistemas biológicos y organismos vivos o sus derivados para la creación o modificación de productos o procesos para usos específicos» (Secretaría del Convenio sobre la Diversidad Biológica, 1992). Esta definición incluye las aplicaciones médicas e industriales, así como muchos de los instrumentos y técnicas habituales en la agricultura y la producción de alimentos.

El Protocolo de Cartagena sobre Seguridad de la Biotecnología del Convenio sobre la Diversidad Biológica define de manera más estricta la «biotecnología moderna» como la aplicación de:

- a) *Técnicas in vitro de ácido nucleico, incluidos el ácido desoxirribonucleico (ADN) recombinante y la inyección directa de ácido nucleico en células u orgánulos, o*
- b) *La fusión de células más allá de la familia taxonómica que superan las barreras fisiológicas naturales de la reproducción o de la recombinación y que no son técnicas utilizadas en la reproducción y selección tradicional.*

(Secretaría del Convenio sobre la Diversidad Biológica, 2000)

El glosario de biotecnología de la FAO define la biotecnología en sentido amplio del mismo modo que el CDB y en sentido estricto como «una variedad de tecnologías moleculares como la manipulación de genes, la transferencia de genes, la tipificación del ADN y la clonación de plantas y animales» (FAO, 2001a).

Las técnicas de recombinación del ADN, también denominadas ingeniería genética o (de manera más corriente, pero menos exacta) modificación genética, consisten en la modificación de la estructura genética de un organismo mediante transgénesis, por la que se transfiere ADN de un organismo o célula (el transgén) a otro sin que haya reproducción sexual. Los organismos modificados genéticamente (OMG) se modifican mediante la aplicación de la transgénesis o de una tecnología de recombinación del ADN por la que se incorpora un transgén en el genoma hospedante o se modifica un gen del hospedante con el fin de cambiar su nivel de expresión. A menudo se utilizan de forma intercambiable los términos «OMG», «organismo transgénico» y «organismo obtenido mediante ingeniería genética», aunque técnicamente no son idénticos. Para los fines del presente informe se utilizan como sinónimos.

más recientes, pero están igualmente consolidadas. Por ejemplo, durante decenios se han utilizado microorganismos como fábricas vivas para la producción de antibióticos destinados a salvar vidas humanas, entre ellos la penicilina, obtenida a partir del hongo *Penicillium*, y la estreptomycinina, obtenida a partir de la bacteria *Streptomyces*. Los detergentes modernos se basan en enzimas producidas por medios biotecnológicos, la producción de queso de pasta dura se basa en gran medida en cuajo producido mediante levaduras biotecnológicas y la insulina humana para los diabéticos se produce actualmente gracias a la biotecnología.

La biotecnología se utiliza para resolver problemas en todos los aspectos de la producción y elaboración agrícolas, incluido el fitomejoramiento para elevar y estabilizar el rendimiento, mejorar la resistencia a plagas, animales y condiciones abióticas adversas como la sequía y el frío, y aumentar el contenido nutricional de los alimentos. Se utiliza con el fin de crear material de plantación de bajo costo y libre de enfermedades para cultivos como la yuca, el banano y las papas y está proporcionando nuevos instrumentos para el diagnóstico y tratamiento de enfermedades de las plantas y los animales y para la medición y conservación de los recursos genéticos. Se utiliza para acelerar los programas de mejoramiento de plantas, ganado y peces y para ampliar la variedad de características que pueden tratarse. La biotecnología está cambiando los piensos y las prácticas de alimentación de los animales para mejorar la nutrición de éstos y reducir los desechos. La biotecnología se utiliza para diagnosticar enfermedades y producir vacunas contra enfermedades de los animales.

Es evidente que el concepto de biotecnología es más amplio que el de ingeniería genética. De hecho, algunos de los aspectos menos controvertidos de la biotecnología agrícola son en potencia los más importantes y beneficiosos para los pobres. La genómica, por ejemplo, está revolucionando nuestro conocimiento de la forma en que funcionan los genes, las células, los organismos y los ecosistemas, y está abriendo nuevos horizontes para la selección con ayuda de marcadores y

la ordenación de los recursos genéticos. Al mismo tiempo, la ingeniería genética es un instrumento muy eficaz cuyo papel debería ser evaluado cuidadosamente. Si se quiere tomar decisiones sensatas sobre su utilización, es importante comprender en qué modo la biotecnología –y en particular la ingeniería genética– complementa y amplía otros métodos.

En este capítulo se describen brevemente las aplicaciones actuales e incipientes de la biotecnología a la agricultura, la ganadería, la pesca y la silvicultura, con el fin de comprender las propias tecnologías y el modo en que complementan y amplían otros métodos. Hay que subrayar que los instrumentos de la biotecnología son sólo eso: instrumentos, y no fines en sí mismos. Como todo instrumento, han de ser evaluados en el contexto en que se utilizan.

Comprensión, caracterización y ordenación de los recursos genéticos

Agricultores y pastores han manipulado la estructura genética de las plantas y los animales desde que se inició la agricultura, hace más de 10 000 años. Los agricultores manejaron durante milenios el proceso de domesticación a través de numerosos ciclos de selección de los individuos mejor adaptados. Esta explotación de la diversidad natural en los organismos biológicos ha proporcionado los cultivos, árboles de plantación, animales de granja y peces cultivados actualmente existentes, que a menudo difieren radicalmente de sus antepasados más lejanos (véase el Cuadro 1).

El objetivo de los genetistas modernos es el mismo que el de los primeros agricultores: producir cultivos o animales superiores. El mejoramiento convencional, basado en la aplicación de los principios genéticos clásicos relativos al fenotipo o características físicas del organismo en cuestión, ha logrado introducir en cultivares o razas de animales características procedentes de variedades domesticadas o silvestres afines o de mutantes (Recuadro 3). En un cruzamiento convencional, en el que cada progenitor lega a los descendientes la mitad de su estructura genética, se pueden transmitir características no deseadas junto con las

RECUADRO 3 Mejoramiento con ayuda de mutaciones inducidas

Las mutaciones espontáneas son el motor «natural» de la evolución y el medio de que se valen los genetistas para domesticar cultivos y «crear» variedades mejores. Sin mutaciones no habría arroz, maíz o cualquier otro cultivo.

A partir del decenio de 1970, el Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA) y la FAO patrocinaron investigaciones sobre la inducción de mutaciones para impulsar el mejoramiento genético de cultivos alimentarios e industriales con el fin de obtener nuevas variedades mejoradas. Las mutaciones inducidas se producen tratando partes de la planta con mutágenos químicos o físicos y seleccionando a continuación los cambios deseados, con lo que se imitan de hecho las mutaciones espontáneas y se amplía artificialmente la diversidad genética. Por lo general, la naturaleza exacta de las mutaciones inducidas no ha sido motivo de preocupación, independientemente de si las líneas mutantes se utilizaban directamente o como fuente de nuevas variaciones en programas de cruzamiento.

La mutación inducida como ayuda del mejoramiento ha dado lugar a la introducción de nuevas variedades de muchos cultivos como el arroz, el trigo, la cebada, las manzanas, los cítricos, la caña de azúcar y el banano (la base de datos sobre variedades mutantes de la FAO/OIEA contiene más de 2 300 variedades distribuidas oficialmente¹). La aplicación de la mutación inducida al mejoramiento de cultivos ha tenido enormes consecuencias económicas en la agricultura y la producción de alimentos, actualmente valoradas en miles de millones de dólares EE.UU., y se ha traducido en millones de hectáreas de tierra cultivada. Recientemente se ha observado un resurgimiento de las técnicas de mutación, que han trascendido de su utilización directa en el mejoramiento para ser aplicadas en nuevos campos, como el descubrimiento de genes y la genética de reversión.

¹ Puede consultarse en:
<http://www-infocris.iaea.org/MVD/>

deseadas, y puede que esas características no deseadas hayan de ser eliminadas a través de sucesivas generaciones de mejoramiento. En cada generación, los descendientes deben ser sometidos a pruebas para determinar tanto sus rasgos de crecimiento como sus características nutricionales y de elaboración. Puede que sean necesarias muchas generaciones antes de encontrar la combinación deseada de características, y que los intervalos sean muy largos, especialmente en el caso de cultivos de plantas perennes como los árboles y algunas especies de animales. Esa selección basada en el fenotipo es por consiguiente un proceso lento y difícil que requiere mucho tiempo y dinero. La biotecnología puede lograr que la aplicación de métodos convencionales de mejoramiento sea más eficaz.

Genómica

Los avances más importantes en la biotecnología agrícola se han realizado en el ámbito de las investigaciones sobre la estructura de los genomas y los mecanismos genéticos en que se basan diversas características de importancia económica (Recuadro 4). La disciplina de la genómica, en rápido progreso, está proporcionando información sobre la identidad, la localización, los efectos y las funciones de los genes que afectan a esas características, y estos conocimientos impulsarán cada vez más la aplicación de la biotecnología en todos los sectores de la agricultura. La genómica sienta las bases para actividades posteriores, incluidas nuevas disciplinas como la proteómica y la metabolómica, destinadas a generar conocimientos sobre la estructura de los genes y las proteínas, así como sobre sus

CUADRO 1
Cronología de la tecnología agrícola

Tecnología	Era	Intervenciones genéticas
Tradicional	Unos 10 000 años a.C.	Las civilizaciones aprovechan la diversidad biológica natural, domestican plantas y animales, comienzan a seleccionar material vegetal para su propagación y animales para su mejoramiento.
	Unos 3 000 años a.C.	Se fabrica cerveza y queso, se fermenta vino.
Convencional	Final del siglo XIX	Gregor Mendel identifica en 1865 los principios de la herencia, sentando las bases para los métodos clásicos de mejoramiento.
	Decenio de 1930	Se obtienen cultivos híbridos comerciales.
	Decenio de 1940 a decenio de 1960	Se aplica la mutagénesis, el cultivo de tejidos y la regeneración de plantas. Se descubre la transformación y la transducción. Watson y Crick descubren en 1953 la estructura del ADN. Se identifican los transposones (genes que se separan y se mueven).
Moderna	Decenio de 1970	Se inicia la transferencia de genes mediante técnicas de recombinación de ADN. Se recurre al aislamiento y cultivo de embriones y a la fusión protoplasmática en la fitogenética y a la inseminación artificial en la reproducción animal.
	Decenio de 1980	La insulina es el primer producto comercial obtenido mediante transferencia de genes. Se recurre al cultivo de tejidos para la propagación en gran escala de plantas y al trasplante de embriones para la producción animal.
	Decenio de 1990	Se aplica la caracterización genética a una gran variedad de organismos. En 1990 se realizan los primeros ensayos de campo de variedades de plantas obtenidas mediante ingeniería genética, que se distribuyen comercialmente en 1992. Se obtienen vacunas y hormonas mediante ingeniería genética y se clonan animales.
	Decenio de 2000	Aparecen la bioinformática, la genómica, la proteómica y la metabolómica.

Fuente: Adaptación de datos tomados de van der Walt (2000) y FAO (2002a).

RECUADRO 4 El ADN desde el comienzo

Todos los seres vivos están constituidos por células que son programadas por un material genético denominado ácido desoxirribonucleico (ADN). Sólo una pequeña fracción de la cadena del ADN constituye realmente los genes, que a su vez codifican las proteínas, mientras que la porción restante del ADN está formada por secuencias no codificadoras cuyo papel no se conoce aún con exactitud. El material genético se organiza en pares de cromosomas. Por ejemplo, hay cinco pares de cromosomas en la especie de mostaza *Arabidopsis thaliana*, que ha sido objeto de numerosos estudios. El conjunto completo de cromosomas de un organismo se denomina genoma.

El Proyecto de secuenciación del genoma humano ha proporcionado a la comunidad de investigadores agrícolas no sólo muchas tecnologías conexas que pueden ser aplicadas a todos los organismos vivos, sino también un modelo de colaboración internacional para emprender grandes proyectos de secuenciación del genoma de plantas como *Arabidopsis* y el arroz.

Para actualizar los conocimientos sobre el ADN, la genética y la herencia, véase el sitio Web interactivo www.dnafromthebeginning.org, creado por el Laboratorio de Cold Spring Harbor, en los Estados Unidos, donde se ha realizado gran parte de la labor más avanzada en los ámbitos de la genética y la ingeniería genética.

funciones y su interacción. Estas disciplinas intentan comprender de forma sistemática la biología molecular de los organismos con fines prácticos.

También ha progresado rápidamente la elaboración de una gran variedad de tecnologías y equipos para generar y procesar información sobre la estructura y el funcionamiento de los sistemas biológicos. El uso y organización de esa información se denomina bioinformática. Los avances en la bioinformática permiten predecir el funcionamiento de un gen basándose en datos sobre su secuencia: a partir de una lista de los genes de un organismo será

posible construir el marco teórico de su biología. La comparación entre mapas físicos y genéticos y secuencias del ADN de distintos organismos reducirá considerablemente el tiempo necesario para identificar y seleccionar genes potencialmente útiles.

La elaboración de mapas genéticos que indican la localización exacta y las secuencias de los genes ha puesto de manifiesto que incluso genomas relativamente distantes comparten rasgos comunes (Recuadro 5). La genómica comparada ayuda a comprender muchos genomas tomando como base el estudio intensivo de unos pocos de ellos. Por ejemplo, la secuencia del genoma del

RECUADRO 5 La importancia de la sintenia

*Mike Gale*¹

La sintenia es la conservación o coherencia del contenido de genes y su orden en los cromosomas de diferentes genomas de plantas. Hasta bien entrado el decenio de 1980, los científicos suponían que cada planta tenía su propio mapa genético. Sólo cuando estuvieron en condiciones de elaborar los primeros mapas moleculares, utilizando una técnica denominada «polimorfismo de longitud de los fragmentos de restricción» (PLFR), empezaron a percatarse de que las especies afines tenían mapas genéticos notablemente similares. Los primeros experimentos demostraron la conservación, durante millones de años de evolución, de las relaciones de sintenia entre la papa y el tomate por lo que respecta a las plantas latifoliadas y entre los tres genomas del trigo planificable por lo que respecta a las gramíneas. Más tarde los científicos pudieron demostrar la existencia de las mismas similitudes en los genomas del arroz, el trigo y el maíz, que estaban separados por unos 60 millones de años de evolución. El diagrama resume esta investigación y muestra que el 70

por ciento de los alimentos del mundo están vinculados en un único mapa. Los 12 cromosomas del arroz pueden ser alineados con los diez cromosomas del maíz y los siete cromosomas básicos del trigo y la cebada de manera que todo radio que se trace en torno a los círculos pase por diferentes versiones, conocidas como alelos, de los mismos genes.

El descubrimiento de la sintenia ha tenido una enorme repercusión en el modo de concebir la fitogenética. Los estudios evolutivos tienen aplicaciones evidentes; por ejemplo, las flechas blancas en los círculos del trigo y el maíz describen traslocaciones evolutivas de los cromosomas de grupos de gramíneas como *Pooideae* y *Panicoideae*. Hay muchas posibilidades de predecir la presencia y localización de un gen en una especie partiendo de lo que se sabe de otra. Ahora que se dispone de la secuencia completa del ADN del arroz, será posible identificar y aislar los principales genes de especies cuyo genoma plantea problemas, como el trigo y la cebada, prediciendo que los mismos genes estarán presentes en el mismo orden que en el arroz. Recientemente se han aislado de ese modo los principales genes de la resistencia a enfermedades y la tolerancia a suelos ácidos de la

¹ Mike Gale es Vicedirector del Centro John Innes de Norwich (Reino Unido).

arroz es útil para estudiar los genomas de otros cereales con los que comparte rasgos en función de su grado de afinidad, y los genomas del ratón y del paludismo proporcionan modelos para otros animales y algunas de las enfermedades que les afectan. Ahora se dispone de modelos para especies de casi todos los tipos de cultivos, animales y enfermedades, y el conocimiento de sus genomas está aumentando rápidamente.

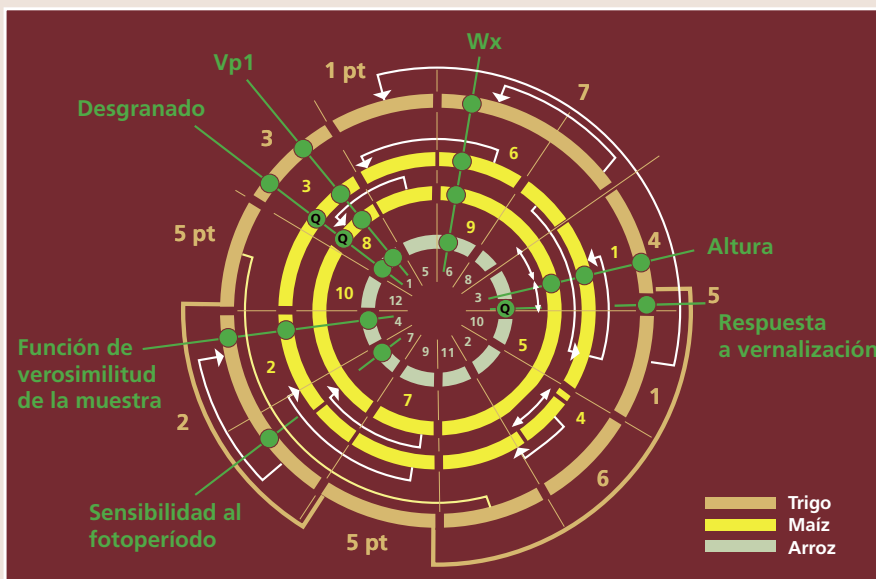
Marcadores moleculares

Una información fiable sobre la distribución de la variación genética es una condición necesaria para que los programas de

selección, mejoramiento y conservación sean eficaces. La variación genética de una especie o población puede ser evaluada sobre el terreno o mediante el estudio de marcadores, moleculares o de otro tipo, en un laboratorio. Si se quiere obtener resultados fiables, hay que combinar los dos métodos. Los marcadores moleculares son secuencias identificables de ADN que se encuentran en determinados lugares del genoma y que están relacionadas con la herencia de una característica o de un gen vinculado a ésta. Se pueden utilizar marcadores moleculares para a) proceder al mejoramiento con ayuda de marcadores, b) conocer y conservar los

cebada y el centeno. El conocimiento de la sintenia permite a quienes practican el fitomejoramiento acceder, por ejemplo, a todos los alelos de todos los cereales, y no sólo de las especies en las que están trabajando. Un buen ejemplo de ello es la transferencia al arroz de los genes del enanismo del trigo que hizo posible la Revolución Verde. En esos experimentos se localizó el gen en el arroz por sintenia y seguidamente se aisló y se modificó mediante la alteración de la secuencia del ADN que caracterizaba a los genes del

trigo antes de sustituir el gen modificado en el arroz. Este método puede aplicarse a cualquier gen de cualquier cereal, incluidos los que, por carecer de interés comercial, no han atraído las mismas inversiones en investigación que se han destinado a los tres principales –el trigo, el arroz y el maíz– en el siglo pasado. Lo más importante es, sin embargo, que actualmente existe la posibilidad de combinar los conocimientos sobre bioquímica, fisiología y genética y transferirlos de un cultivo a otro por medio de la sintenia.



RECUADRO 6

Los marcadores moleculares y la selección con ayuda de marcadores aplicados al mijo perla en la India*Tom Hash¹*

El mijo perla es un cereal destinado al consumo humano y a la obtención de paja que se cultiva en las zonas más cálidas y áridas de África y Asia, donde se practica la agricultura de secano. Su comportamiento genético es similar al del maíz. Las variedades de los agricultores tradicionales se polinizan libremente y mediante exogamia, por lo que cambian continuamente. Se han obtenido variedades híbridas genéticamente uniformes que tienen un rendimiento potencial superior pero son más vulnerables a una enfermedad llamada mildiú. En la India, hay unos 9 millones de hectáreas plantados de mijo perla, y más del 70 por ciento de esta superficie está sembrada con esos cultivares híbridos. Desde que llegaron a los campos de la India los primeros híbridos de mijo perla a finales del decenio de 1960, todas las variedades más difundidas entre los agricultores han acabado por sucumbir a las epidemias

¹Tom Hash es Científico Superior (genética molecular) del ICRISAT, en Patancheru, Andhra Pradesh (India).

de mildiú. Lamentablemente, cuando los agricultores más pobres de una región se deciden a adoptar una determinada variedad, los días de ésta suelen estar contados.

El Instituto Internacional de Investigación de Cultivos para las Zonas Tropicales Semiáridas (ICRISAT) deseaba reducir los riesgos que entrañaba la adopción de híbridos de mijo perla de alto rendimiento y prolongar la vida útil de esas variedades, especialmente para los productores más pobres. La biotecnología ayudó a conseguirlo. Gracias a los instrumentos del Centro John Innes y a la ayuda del Programa de investigación sobre ciencias agrícolas del Departamento para el Desarrollo Internacional, se elaboraron y aplicaron instrumentos basados en la genética molecular para el mijo perla. Se levantó un mapa de las regiones genómicas del mijo perla que controlan la resistencia al mildiú, el rendimiento potencial en paja y el rendimiento en grano y paja en condiciones de sequía. Seguidamente los genetistas utilizaron métodos convencionales de mejoramiento y selección con ayuda de marcadores para

recursos genéticos y c) verificar genotipos. Estas actividades son fundamentales para el mejoramiento genético de cultivos, especies arbóreas forestales, animales y peces.

Mejoramiento con ayuda de marcadores

Se puede recurrir a mapas de los vínculos genéticos para localizar y seleccionar genes que influyen en características de importancia económica en animales o plantas. Las posibles ventajas de la selección con ayuda de marcadores son mayores en el caso de las características que están controladas por muchos genes, como el rendimiento en frutos, la calidad de la madera, la resistencia a enfermedades, la producción de leche y carne o la grasa corporal, y cuya medición es difícil, requiere mucho tiempo o resulta costosa.

También se pueden utilizar marcadores para introducir de manera más rápida o eficaz nuevos genes de una población en otra, por ejemplo cuando se desea introducir en variedades modernas de plantas genes de especies silvestres afines. Cuando la característica deseada se encuentra en la misma especie (como en el caso de dos variedades de mijo; véase el Recuadro 6), es posible transferirla con los métodos tradicionales de mejoramiento, utilizando marcadores moleculares para seguir el rastro del gen deseado.

Medición y conservación de la diversidad genética

La utilización de marcadores moleculares para medir la magnitud de la variación a

transferir varias regiones genómicas que confirieron mayor resistencia al mildiú a las dos líneas parentales endógamas seleccionadas del híbrido popular HHB 67. A continuación se recurrió a la selección con ayuda de marcadores para obtener dos nuevas variedades –ICMR 01004 e ICMR 01007– con dos bloques de genes diferentes de resistencia al mildiú.

Esas variedades han dado resultados iguales o superiores a los de sus líneas parentales en cuanto al rendimiento en grano y paja, y mucho mejores en cuanto a la resistencia al mildiú. También conservan varias características favorables, entre ellas la masa de 1 000 granos, la longitud de la panícula, la altura de la planta y la resistencia a la roya. Recientemente se han realizado ensayos con híbridos basados en cruzamientos de ICMR 01004 e ICMR 01007 en los estados de Gujarat, Rajastán y Haryana, en el marco del Proyecto coordinado panindio de mejoramiento del mijo perla. En 2002 se había llevado a cabo, con resultados satisfactorios, una evaluación de estos híbridos que había demostrado su superioridad marginal en cuanto al rendimiento en grano y su

resistencia al mildiú considerablemente mayor que la del HHB 67, manteniendo al mismo tiempo la maduración temprana que ha contribuido a su amplia aceptación.

Al menos uno de estos dos híbridos podría ser distribuido para sustituir al HHB 67 antes de que éste sucumba a una epidemia de mildiú (como sin duda sucederá). Dado que el cultivo del HHB 67 está muy extendido entre los agricultores pobres de la India, si mediante su sustitución oportuna pudiera evitarse una de esas epidemias al menos un año, el ahorro en pérdidas superaría al valor total de la ayuda del Departamento para el Desarrollo Internacional para financiar la investigación sobre la elaboración y aplicación de las herramientas de genética molecular para el mijo perla (3,1 millones de libras esterlinas hasta la fecha). Todos los beneficios que se obtengan en el futuro de esta investigación del ICRISAT, de sus asociados del Reino Unido que reciben ayuda del Departamento para el Desarrollo Internacional y de sus asociados de la India que colaboran en los programas nacionales podrán entonces considerarse como ganancias para la sociedad.

nivel genético, dentro de las poblaciones y entre ellas, es de gran ayuda para orientar las actividades de conservación genética y crear poblaciones útiles para la reproducción de cultivos, animales, árboles y peces. Estudios realizados aplicando estas técnicas a peces y especies arbóreas forestales han revelado altos niveles de variación genética dentro de las poblaciones y entre ellas. Las especies de animales se caracterizan por un alto grado de variación genética dentro de las poblaciones, mientras que los cultivos muestran un mayor grado de variación entre especies. Los datos obtenidos mediante otros métodos, por ejemplo la observación sobre el terreno, no suelen proporcionar esa información o son sumamente difíciles de recopilar.

Los marcadores moleculares se utilizan

cada vez más para estudiar la distribución y las pautas de la diversidad genética. Por ejemplo, encuestas mundiales indican que el 40 por ciento de las razas de animales domésticos restantes están amenazadas de extinción. La mayoría de esas razas están presentes únicamente en países en desarrollo, y con frecuencia se sabe poco de ellas o de las posibilidades de mejorarlas. Tal vez contengan genes valiosos que confieran capacidad de adaptación o de recuperación frente a condiciones desfavorables, como tolerancia al calor o resistencia a enfermedades, y que puedan ser útiles para las generaciones futuras. Las biotecnologías modernas pueden ayudar a contrarrestar las tendencias a la erosión genética en todos los sectores de la agricultura y la alimentación.

Verificación de genotipos

Los marcadores moleculares han sido ampliamente utilizados para la identificación de genotipos y la caracterización genética de organismos. Se ha recurrido a la caracterización genética en proyectos avanzados de mejoramiento de árboles en los que era esencial la identificación correcta de los clones para programas de propagación en gran escala. Se ha recurrido a los marcadores moleculares para identificar especies marinas amenazadas que son capturadas inadvertidamente durante la pesca o intencionadamente de manera ilegal. La verificación de genotipos es ampliamente utilizada para realizar pruebas de parentesco de animales domésticos y seguir el rastro de productos animales en la cadena alimentaria remontándose hasta la explotación y el animal de origen.

Mejoramiento y reproducción de cultivos y árboles

Además de la selección con ayuda de marcadores, descrita anteriormente, se han utilizado diversas biotecnologías para mejorar y reproducir cultivos y árboles. A menudo estas tecnologías se combinan entre sí y con métodos convencionales de mejoramiento.

Cultivo de células y tejidos y micropropagación

La micropropagación consiste en tomar pequeñas secciones del tejido de una planta o estructuras enteras, como yemas, y cultivarlas en condiciones artificiales para regenerar plantas completas. La micropropagación es especialmente útil para conservar plantas valiosas, mejorar especies en aquellos casos en que es difícil hacerlo por otros medios (como sucede con muchos árboles), acelerar el mejoramiento de plantas y obtener abundante material vegetal para la investigación. Por lo que respecta a los cultivos y especies hortícolas, la micropropagación es actualmente la base de una amplia industria comercial en la que participan cientos de laboratorios en todo el mundo. Además de sus ventajas en cuanto a la rapidez de la multiplicación, la micropropagación puede utilizarse para generar material de plantación libre de enfermedades (Recuadro 7), especialmente si se combina con equipo de diagnóstico para la detección de enfermedades. Ha habido intentos de utilizar más ampliamente la micropropagación en la silvicultura. En comparación con la propagación vegetativa por estacas, la micropropagación ofrece tasas superiores de multiplicación que permiten una difusión más rápida del material de

RECUADRO 7

Micropropagación de bananos libres de enfermedades en Kenya

El banano se cultiva por lo general en países en desarrollo, donde es una fuente de empleo, ingresos y alimentos. La producción de banano está disminuyendo en muchas regiones debido a problemas de plagas y enfermedades que no pueden resolverse satisfactoriamente mediante la lucha agroquímica en razón de su costo y de sus efectos negativos en el medio ambiente. Estos problemas se agravan porque el banano se reproduce por clonación, de manera que el uso de plantas madre enfermas produce vástagos enfermos.

La micropropagación constituye un medio para regenerar plantones de banano libres de enfermedades a partir de tejidos sanos. En Kenya, se ha logrado

cultivar tejido de yemas terminales.

La yema terminal original se somete a un tratamiento térmico para destruir los organismos infecciosos y seguidamente se utiliza a lo largo de muchos ciclos de regeneración para producir plantas hija. Con una sola sección de tejido se pueden producir hasta 1 500 nuevas plantas a lo largo de diez ciclos de regeneración.

La micropropagación del banano ha tenido una enorme repercusión en Kenya y otros muchos países, al contribuir a mejorar la seguridad alimentaria y la generación de ingresos. Tiene la ventaja de ser una tecnología relativamente barata y fácil de aplicar y también la de reportar importantes beneficios para el medio ambiente.

plantación, aunque los costos más altos y la disponibilidad limitada de los clones deseados impiden que se adopte más ampliamente.

Selección *in vitro*

La selección *in vitro* entraña la selección de germoplasma mediante la aplicación de una presión selectiva específica al cultivo de tejidos en condiciones de laboratorio. Muchas publicaciones recientes han dado a conocer la provechosa correlación existente entre las respuestas *in vitro* y la expresión sobre el terreno de las características deseadas, en la mayoría de los casos resistencia a enfermedades, en plantas cultivadas. También se han obtenido resultados satisfactorios por lo que respecta a la tolerancia a herbicidas, metales, salinidad y bajas temperaturas. En cuanto a los criterios de selección más importantes para las especies arbóreas forestales (en particular vigor, forma del tronco y calidad de la madera), la escasa correlación con las respuestas obtenidas sobre el terreno sigue limitando la utilidad de la selección *in vitro*. Sin embargo, este método puede ser de interés en programas forestales de selección previa en función de la resistencia a las enfermedades y la tolerancia a la salinidad, las heladas y la sequía.

Ingeniería genética

Cuando la característica deseada está presente en un organismo que no es sexualmente compatible con el hospedante, puede ser transferida mediante ingeniería genética. Para las plantas, el método al que se recurre con más frecuencia en la ingeniería genética es el que utiliza como vector la bacteria del suelo *Agrobacterium tumefaciens*. Los investigadores insertan el gen o genes deseados en la bacteria y seguidamente infectan a la planta hospedante. Los genes deseados se transmiten a ésta junto con la infección. Este método se utiliza principalmente con especies dicotiledóneas como el tomate y la papa. Algunos cultivos, en particular las especies monocotiledóneas como el trigo y el centeno, no son naturalmente susceptibles de transformación por medio de *A. tumefaciens*, aunque recientemente se ha utilizado con éxito el método para transformar trigo y otros cereales. La técnica

aplicada con más frecuencia a esos cultivos consiste en revestir el gen deseado con partículas de oro o tungsteno y utilizar un «lanzagenes» para conseguir que el gen penetre a gran velocidad en el organismo hospedante.

Existen tres formas de obtener cultivos modificados genéticamente: a) mediante «transferencia entre organismos distantes», en que se transfieren genes entre organismos pertenecientes a diferentes reinos (por ejemplo, de bacterias a plantas); b) mediante «transferencia entre organismos cercanos», en que se transfieren genes de una especie a otra del mismo reino (por ejemplo, de una planta a otra); y c) mediante un «retoque», en que se manipulan genes ya presentes en el genoma del organismo para modificar el nivel o la modalidad de expresión. Una vez transferido el gen, el cultivo debe ser sometido a una prueba para cerciorarse de que el gen se expresa debidamente y se mantiene estable a lo largo de varias generaciones de mejoramiento. Los resultados de esta selección previa suelen ser más satisfactorios que los del cruzamiento convencional, porque se conoce la naturaleza del gen, se dispone de métodos moleculares para determinar su localización en el genoma y se necesitan menos cambios genéticos.

La mayoría de los cultivos transgénicos plantados hasta la fecha sólo incorporan un número muy limitado de genes destinados a conferir resistencia a insectos o tolerancia a herbicidas (para más información sobre los cultivos transgénicos que actualmente son objeto de investigación y de producción comercial, véase el Capítulo 3). Se han obtenido algunos cultivos transgénicos y algunas características de mayor interés potencial para los países en desarrollo, pero todavía no se han distribuido comercialmente. En el Recuadro 8 se describe un proyecto de investigación para mejorar la tolerancia del trigo al aluminio, problema que afecta a los suelos ácidos de gran parte de América Latina y África. Se están realizando actividades similares para mejorar la tolerancia de las plantas a otras condiciones desfavorables, como la sequía, la salinidad del suelo y las temperaturas extremas.

La mejora nutricional de los cultivos puede contribuir de manera significativa a reducir la malnutrición por carencia de micronutrientes

RECUADRO 8

Agricultura en suelos ácidos: mejora de la tolerancia al aluminio en cereales

Miftahudin,^{1,2} M.A. Rodriguez Milla,² K. Ross³ y J.P. Gustafson³

El aluminio presente en suelos ácidos limita el crecimiento de las plantas en más del 30 por ciento de todas las tierras de cultivo, principalmente en los países en desarrollo. Hay dos métodos para aumentar la producción agrícola en suelos ácidos. Se puede añadir cal al suelo para aumentar el pH, pero ésta es una medida costosa y temporal. Otra solución es crear cultivares mejorados genéticamente que sean tolerantes al aluminio. Los cultivares de trigo existentes no contienen una variación genética significativa en lo que respecta a la tolerancia al aluminio. Habrá que mejorar la tolerancia del trigo recurriendo al acervo genético de especies afines más tolerantes. Se ha elaborado un mapa de los vínculos genéticos del trigo utilizando los marcadores disponibles para el gen de la tolerancia al aluminio.

El centeno tiene una tolerancia al aluminio cuatro veces superior a la del trigo. Por consiguiente se caracterizó un gen del centeno que controla la tolerancia al aluminio y se utilizaron marcadores del trigo, la cebada y el arroz para establecer una estrecha vinculación, paralela a la

del gen del centeno, y para construir un mapa genético de alta resolución. Se realizaron estudios de la expresión génica de las raíces en el curso del tiempo que únicamente mostraron esa expresión en las raíces del centeno en presencia de aluminio.

Los estudios centrados en el gen de la tolerancia al aluminio son un buen ejemplo de utilización de métodos basados en problemas para integrar instrumentos de genética molecular y mejoramiento con el fin de aumentar la producción de trigo. La utilización de la relación genética (sintenia) entre cereales para obtener marcadores que permitan identificar y caracterizar rasgos con valor ha dado lugar a la aparición de métodos complementarios para aumentar la producción de trigo. Los genetistas pueden utilizar los marcadores para el gen del centeno en programas de mejoramiento con ayuda de marcadores en zonas donde no se pueden cultivar OMG o donde sólo se dispone de instrumentos convencionales de mejoramiento. Además, los métodos transgénicos de mejoramiento del trigo pueden utilizar esos marcadores en clonaciones basadas en mapas para aislar el gen en cuestión. Por último, la utilización de las relaciones sinténicas es una tecnología que permite manipular muchas características con valor añadido para mejorar cultivos de otras especies.

¹ Departamento de Agronomía, Universidad de Misuri, Columbia (Estados Unidos).

² Departamento de Biología, Universidad Agrícola de Bogor, Bogor (Indonesia).

³ Servicio de Investigación Agrícola del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, Dependencia de Investigación Fitogenética, y Departamento de Agronomía, Universidad de Misuri, Columbia (Estados Unidos).

en los países en desarrollo. La aplicación conjunta de diversas biotecnologías puede impulsar el bioenriquecimiento, es decir la obtención de alimentos con un contenido nutricional mejorado. Son necesarios análisis genómicos y mapas de los vínculos genéticos para identificar los genes responsables de la variación natural del nivel de nutrientes en

alimentos comunes (Cuadro 2). Esos genes pueden ser transferidos seguidamente a cultivares conocidos por medio de técnicas convencionales de mejoramiento y de la selección con ayuda de marcadores o, si no hay suficiente variación natural dentro de una sola especie, por medio de la ingeniería genética. Por ejemplo, se están utilizando

CUADRO 2

Variación genética de las concentraciones de hierro, cinc, beta-caroteno y ácido ascórbico presentes en el germoplasma de cinco alimentos básicos (peso en seco)

	(mg/kg)			
	Hierro	Cinc	Beta-caroteno ¹	Ácido ascórbico
ARROZ				
Pardo	6-25	14-59	0-1	–
Elaborado	1-14	14-38	0	–
YUCA				
Raíz	4-76	3-38	1-24 ²	0-380 ²
Hojas	39-236	15-109	180-960 ²	17-4200 ²
FRIJOLES	34-111 ¹	21-54	0	–
MAÍZ	10-63	12-58	0-10	–
TRIGO	10-99 ³	8-177 ²	0-20	–

¹ La variación es mucho mayor en el caso de los carotenoides totales.

² Peso en fresco.

³ Incluidas las variedades silvestres afines.

Fuente: Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), 2002.

métodos no transgénicos para aumentar el contenido de proteínas en el maíz, de hierro en el arroz y de carotenos en la batata y la yuca.

Se puede recurrir a la ingeniería genética cuando dentro de una especie no existe suficiente variación natural del nutriente deseado. En el Recuadro 9 se describe el debate suscitado por un proyecto para mejorar el contenido de proteína de la papa mediante ingeniería genética. El famoso arroz dorado transgénico contiene tres genes exógenos –dos del narciso y uno de una bacteria– que producen provitamina A (véase el Recuadro 13, pág. 46). Los científicos han avanzado mucho en su intento de obtener arroz transgénico nutricionalmente mejorado que contenga genes productores de provitamina A, hierro y más proteína (Potrykus, 2003). Se están produciendo otros alimentos nutricionalmente mejorados, como aceites con un contenido menor de ácidos grasos perjudiciales. Además, se están modificando alimentos que con frecuencia producen alergias (camarones, maní, soja, arroz, etc.) para reducir su contenido de compuestos alergénicos.

Un importante factor técnico que limita la aplicación de la ingeniería genética a las especies arbóreas forestales es el bajo grado de conocimiento que existe actualmente acerca del control molecular de

las características más interesantes. Uno de los primeros ensayos con especies arbóreas forestales modificadas genéticamente de que se tienen noticias se inició en Bélgica en 1988 utilizando álamos. Desde entonces, se han notificado más de 100 ensayos relativos a al menos 24 especies de árboles, principalmente especies de las que se obtiene madera. Las características para las que se ha contemplado la modificación genética han sido la resistencia a insectos y virus, la tolerancia a herbicidas y el contenido de lignina. La reducción de la lignina es un valioso objetivo en el caso de las especies de las que se obtiene pasta para la industria papelera, porque permite disminuir la utilización de sustancias químicas en el proceso.

Mejoramiento y reproducción de ganado y peces

La biotecnología es desde hace tiempo una fuente de innovación para la producción y elaboración en los sectores de la ganadería y la acuicultura, y ha tenido profundos efectos en ambos. Los rápidos avances en la biotecnología molecular y la evolución ulterior de la biología reproductiva han proporcionado nuevos y eficaces instrumentos para seguir innovando.

RECUADRO 9

El «protato»: ¿ayuda para los pobres o caballo de Troya?

Los investigadores de la Universidad Jawaharlal Nehru de la India han obtenido mediante ingeniería genética una papa con un contenido de proteína entre un 33 y un 50 por ciento superior al habitual, incluidas cantidades considerables de todos los aminoácidos esenciales como la lisina y la metionina. La carencia de proteína está muy extendida en la India y la papa es el alimento básico de las personas más pobres.

Esta papa, conocida como «protato», fue creada por un grupo de instituciones benéficas, científicos, organismos públicos y empresas privadas de la India como parte de una campaña de 15 años de duración contra la mortalidad infantil. El objetivo que persigue la campaña es eliminar la mortalidad infantil proporcionando a los niños agua limpia, vacunas y una alimentación mejor.

El protato incluye un gen del amaranto, gramínea con alto contenido de proteínas que es originaria de América del Sur y que se vende mucho en las tiendas occidentales de alimentos. El protato ha sido sometido a ensayos de campo y pruebas para detectar la presencia de alérgenos y toxinas. Faltan probablemente al menos cinco años para su aprobación definitiva por el Gobierno de la India.

Sus defensores, como Govindarajan Padmanaban, bioquímico del Instituto de Ciencias de la India, argumentan que el protato puede dar un fuerte impulso a la nutrición infantil sin peligro de alergia porque tanto la papa como el amaranto

son ya alimentos de amplio consumo.

Tampoco representa una amenaza para el medio ambiente, porque en la India no hay variedades silvestres afines de la papa ni del amaranto, y el protato no entraña cambios en las prácticas habituales de producción de la papa. Por otra parte, no hay que preocuparse de que la tecnología sea controlada por empresas extranjeras, porque el protato ha sido creado por científicos de centros públicos de la India. Teniendo en cuenta esas ventajas, Padmanaban observaba: «A mi juicio sería moralmente indefendible oponerse a él.» (Coghlan, 2003).

Sus detractores, como Charlie Kronick, de Greenpeace, sostienen que el contenido de proteínas de las papas es muy bajo por naturaleza (un 2 por ciento aproximadamente), por lo que, incluso si se duplicara, sólo contribuiría en ínfima medida a resolver el problema de la malnutrición. Afirma que el esfuerzo realizado para obtener el protato ha estado más orientado a lograr la aceptación de la ingeniería genética por la opinión pública que a solucionar el problema de la malnutrición: «La causa del hambre no es la falta de alimentos. Es la falta de dinero efectivo y de acceso a los alimentos. Esos cultivos modificados genéticamente han sido creados para hacerlos más atractivos cuando de hecho la utilidad de su consumo es muy, muy escasa. Resulta muy difícil comprender en qué modo cambiará esto, por sí solo, la situación de la pobreza.» (Charles, 2003).

Tecnologías como la genómica y los marcadores moleculares, anteriormente descritas, son útiles para comprender, caracterizar y ordenar los recursos genéticos tanto en la ganadería y la pesca como en la agricultura y la silvicultura (Recuadro 10). La ingeniería genética es también importante en la ganadería y la pesca, aunque las técnicas difieren y en estos sectores se dispone de otras tecnologías reproductivas. En la presente sección se describen las biotecnologías reproductivas que son

específicas de los sectores ganadero y pesquero.

El objetivo principal de las biotecnologías reproductivas aplicadas a la ganadería es aumentar la eficiencia reproductiva y las tasas de mejoramiento zoogenético. El mejoramiento genético de las razas adaptadas a las condiciones locales es importante para asegurar sistemas sostenibles de producción en la gran variedad de entornos de producción de los países en desarrollo, y esto se conseguirá

RECUADRO 10

La situación de los recursos zoogenéticos mundiales

La FAO ha recibido de sus Estados Miembros el encargo de elaborar y aplicar la Estrategia Mundial para la Gestión de los Recursos Genéticos de los Animales de Granja. Como parte de esta estrategia impulsada por los países, la FAO invitó a 188 países a participar en la preparación del primer informe sobre la situación de los recursos zoogenéticos mundiales, que habrá de concluirse antes de 2006. Hasta la fecha, 145 países han convenido en presentar informes nacionales, de los que se han recibido y analizado 30 (Cardellino, Hoffmann y Templeman, 2003). Estos informes ponen de manifiesto que la inseminación artificial es la biotecnología más utilizada por los países en desarrollo en el sector ganadero. Muchos países solicitan capacitación para ampliar el recurso a esta tecnología, al tiempo que expresan preocupación por el hecho de que a menudo se introduce sin una debida planificación, por lo que podría representar una amenaza para la

conservación de las razas locales. Aunque se menciona la utilización de la técnica de ovulación múltiple seguida del trasplante de embriones (OMTE) y se expresa el deseo de introducirla o ampliarla, no se tienen claros sus objetivos. Todos los países manifiestan el deseo de introducir y promover técnicas moleculares, a menudo como complemento de la caracterización fenotípica. También consideran prioritaria la crioconservación y recomiendan la creación de bancos de genes, aunque la financiación sigue siendo una limitación importante. Cuando se mencionan los OMG de origen animal, suele ser para indicar la falta de reglamentos y directrices adecuados para su producción, utilización e intercambio en su día. Algunos países expresan su preocupación porque las biotecnologías del sector ganadero deberían ser aplicadas, pero no siempre lo son, como parte integrante de una estrategia global de mejoramiento genético.

probablemente mejor mediante una utilización estratégica de intervenciones genéticas y no genéticas. La biotecnología reproductiva aplicada al sector pesquero ofrece la oportunidad de aumentar las tasas de crecimiento de las especies cultivadas, mejorando su ordenación, y limitar el potencial reproductivo de las especies obtenidas mediante ingeniería genética.

Inseminación artificial y ovulación múltiple/trasplante de embriones

Los avances en la inseminación artificial y la ovulación múltiple seguida del trasplante de embriones (OMTE) han tenido ya una notable repercusión en los programas zoogenéticos de los países desarrollados y de muchos países en desarrollo porque aceleran el proceso de mejoramiento genético, reducen el riesgo de transmisión de enfermedades y aumentan el número de animales que pueden obtenerse de un progenitor superior, que es el macho en el caso de la inseminación artificial y la hembra en el de la OMTE. También ofrecen más

incentivos para la investigación privada en materia de zoogenética y amplían considerablemente el mercado de estirpes progenitoras mejoradas.

En 1998 se realizaron en todo el mundo más de 100 millones de operaciones de inseminación artificial en bovinos (sobre todo ganado lechero, incluidos búfalos), 40 millones en cerdos, 3,3 millones en ovejas y 500 000 en cabras. Estas cifras ponen de manifiesto tanto el mayor rendimiento económico del ganado bovino lechero como el hecho de que el semen de bovinos es mucho más fácil de congelar que el de otros animales. Mientras que en el Asia meridional y sudoriental se efectuaron más de 60 millones de operaciones de inseminación artificial en bovinos, en África se realizaron menos de un millón.

La inseminación artificial sólo es eficaz si las explotaciones agropecuarias tienen acceso a una capacidad técnica, institucional y logística que debe ser mucho mayor que en el caso de que los machos se utilicen directamente con fines reproductivos. Un factor positivo es que

RECUADRO 11

La biotecnología puede librar al mundo de la peste bovina

La peste bovina, que es una de las enfermedades de los animales más devastadoras del mundo, representa una grave amenaza para millones de pequeños ganaderos y pastores que dependen de su ganado para obtener alimentos y medios de subsistencia. Esta enfermedad vírica, que afecta al ganado bovino, incluidos los búfalos, los yaks y las especies silvestres afines, acabó con cerca del 90 por ciento de todos los bovinos del África subsahariana en el decenio de 1890. Entre 1979 y 1983, una epidemia causó la muerte de más de 100 millones de cabezas de ganado en África, más de 500 000 sólo en Nigeria, ocasionando pérdidas estimadas en 1 900 millones de dólares EE.UU. Asia y el Cercano Oriente se han visto también muy afectados por esta enfermedad.

Actualmente, el mundo está prácticamente libre de la peste bovina: se considera que Asia y el Cercano Oriente están libres del virus y se están haciendo denodados esfuerzos para asegurar que no rebrote en su último posible foco: el ecosistema pastoral somalí, que abarca el nordeste de Kenia y el sur de Somalia. El objetivo de un mundo totalmente libre de la peste bovina está a nuestro alcance. La peste bovina sería la segunda enfermedad erradicada en todo el mundo, después de la viruela.

Los avances realizados hasta ahora han supuesto un notable triunfo de la ciencia veterinaria y constituyen un buen ejemplo de lo que puede lograrse cuando la comunidad internacional y los

distintos países, sus servicios veterinarios y sus agricultores cooperan para elaborar y aplicar políticas basadas en resultados y estrategias para sacarlas adelante. La Campaña panafricana contra la peste bovina supervisada por la Unión Africana, y el Programa mundial de erradicación de la peste bovina (PMEPB), supervisado por la FAO, son los principales medios para coordinar la lucha contra esta enfermedad.

La biotecnología ha ocupado un lugar central en este esfuerzo. En primer lugar, permitió elaborar y producir en gran escala las vacunas utilizadas para proteger a muchos millones de animales mediante campañas nacionales de vacunación masiva. La vacuna inicial, creada en Kenia por el Dr. Walter Plowright y sus colegas con apoyo del Reino Unido, se basaba en un virus atenuado mediante sucesivos pasajes por cultivos de tejidos. El Dr. Plowright fue galardonado en 1999 con el Premio mundial de la alimentación por esa labor. Aunque esa vacuna era muy eficaz e inocua, perdía parte de su potencial al ser expuesta al calor. Por ello se realizaron nuevas investigaciones orientadas a crear una vacuna termoestable que pudiera utilizarse en zonas remotas. Ello se consiguió gracias a las investigaciones realizadas en Etiopía por el Dr. Jeffery Mariner con apoyo de la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID).

En segundo lugar, la biotecnología ofreció una plataforma tecnológica

los ganaderos que recurren a la inseminación artificial no deben hacer frente a los costos o los peligros de criar machos reproductores y pueden tener acceso a semen procedente de cualquier lugar del mundo.

A pesar de su uso generalizado en los países desarrollados y en muchos países en desarrollo, inclusive en el marco de los regímenes más avanzados de pequeña propiedad, la inseminación artificial sólo se aplica en las explotaciones que practican la cría intensiva de animales de gran valor.

Evidentemente, esto no se debe a problemas técnicos relacionados con la producción y almacenamiento de semen, ya que la mayoría de los procedimientos están en la actualidad plenamente normalizados y son de eficacia comprobada incluso en las condiciones reinantes en los países en desarrollo tropicales. Se debe más bien a las muchas limitaciones en cuanto a la organización, la logística y la capacitación de los ganaderos, que influyen en la calidad y la eficacia de la tecnología.

(ELISA, sistemas cromatográficos y pruebas moleculares) para detectar e identificar virus y vigilar la eficacia de las campañas de vacunación. Antes de que la FAO y el Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA), con ayuda de la Agencia Sueca de Cooperación Internacional para el Desarrollo (ASDI), elaborasen estas técnicas y las estrategias de muestreo y ensayo necesarias, no era posible distinguir los animales vacunados de los infectados, por lo que los países no podían demostrar que estaban libres de la peste bovina. Como resultado de ello, tenían que realizar indefinidamente costosos programas anuales de vacunación, al tiempo que seguían sufriendo las consecuencias de las restricciones impuestas a los desplazamientos de los animales y al comercio para evitar la propagación de la enfermedad.

Los efectos económicos de esos esfuerzos son ya visibles. Aunque el costo de la vacunación y de las muestras y análisis de sangre ha sido alto para los países desarrollados y en desarrollo, la eficacia de las campañas nacionales y regionales y de la coordinación mundial queda demostrada por el hecho de que los brotes de la enfermedad que se siguen produciendo en el mundo proceden de un único pequeño foco. En cambio, en 1987 la enfermedad estaba presente en 14 países africanos, así como en el Pakistán y en algunos países del Cercano Oriente.

Aunque los costos y beneficios varían considerablemente de un país a otro, las

cifras correspondientes a África revelan la eficacia de la Campaña panafricana contra la peste bovina y del PMEPEB. Los brotes más importantes de peste bovina suelen durar cinco años y causar una mortalidad total del 30 por ciento de los animales afectados. Dado que la cabaña de bovinos del África subsahariana es de 120 millones de animales, esa cifra representa unos 8 millones de cabezas al año. Si el valor de cada animal se estima en 120 dólares EE.UU., el costo de otro brote importante de peste bovina sería de unos 960 millones de dólares. En el marco de la Campaña, se vacunaron unos 45 millones de cabezas al año con un costo de 36 millones de dólares, al que hay que añadir unos 2 millones de gastos en vigilancia serológica y supervisión. Esto representa un coeficiente de rentabilidad de 22:1 aproximadamente y un beneficio económico neto para la región de 920 millones de dólares al año como mínimo.

La Campaña panafricana contra la peste bovina y el PMEPEB han reportado también otros beneficios importantes. Uno de ellos es que, gracias a las políticas, estrategias y disposiciones institucionales adoptadas para luchar contra la peste bovina, que han permitido establecer estrechas relaciones entre los agricultores, el personal de campo y de laboratorio y las autoridades nacionales, los países han tenido la oportunidad de seguir avanzando y hacer frente al desafío de combatir o erradicar otras enfermedades que afectan al ganado y a la seguridad alimentaria mundial.

La OMTE representa un adelanto con respecto a la inseminación artificial, tanto en lo que concierne a los posibles beneficios genéticos como al grado de capacidad técnica y de organización que se necesitan. La OMTE es una de las tecnologías básicas para la aplicación de biotecnologías reproductivas más avanzadas, como la clonación y la transgénica. En 2001 se realizaron en todo el mundo 450 000 trasplantes de embriones de ganado bovino lechero, de los que el 62 por

ciento correspondió a América del Norte y Europa, seguidas de América del Sur (16 por ciento) y Asia (11 por ciento). Cerca del 80 por ciento de los toros utilizados en la inseminación artificial se habían obtenido mediante la OMTE. La principal ventaja de la OMTE para los países en desarrollo reside en la posibilidad de importar embriones congelados en lugar de animales vivos, por ejemplo para el establecimiento de un núcleo de animales reproductores con recursos genéticos adaptados a las

condiciones locales que entrañan un riesgo sanitario menor.

Manipulación de juegos de cromosomas y reversión sexual en peces

El control de la capacidad sexual y reproductiva de los peces puede ser importante por razones comerciales y ambientales. A menudo uno de los sexos es objeto de una preferencia mayor que el otro. Por ejemplo, sólo la hembra del esturión produce caviar y el macho de la tilapia crece más deprisa que la hembra. La esterilidad puede ser deseable cuando la reproducción afecta al sabor del producto (como en el caso de las ostras) o cuando las especies cultivadas (sean o no transgénicas) pueden cruzarse con poblaciones que viven en libertad. La manipulación de juegos de cromosomas y la reversión sexual son técnicas bien consolidadas para controlar estos factores. En la manipulación de juegos de cromosomas, se pueden aplicar choques térmicos, químicos y de presión a huevos de peces para obtener individuos con tres juegos de cromosomas en lugar de los dos habituales. Estos organismos triploides no suelen canalizar la energía hacia la reproducción, por lo que son funcionalmente estériles. La reversión sexual puede efectuarse por diversos métodos, incluido el consistente en administrar las hormonas apropiadas. Por ejemplo, las tilapias genéticamente machos pueden convertirse en hembras mediante tratamientos con estrógenos. Cuando estos machos genéticos se aparean con machos normales producen un grupo de tilapias machos en su totalidad.

Ingeniería genética en ganado y peces

Se puede utilizar la ingeniería genética en animales bien para introducir genes exógenos en el genoma animal, bien para «vaciar» los genes seleccionados. El método más utilizado en la actualidad es la microinyección directa de ADN en los protonúcleos de huevos fertilizados, pero se están logrando avances en nuevos métodos como el trasplante nuclear y la utilización de lentivirus como vectores de ADN. En los primeros experimentos de ingeniería genética con animales de granja, se introdujeron en cerdos genes

responsables del crecimiento para aumentar éste y mejorar la calidad de la canal. Las investigaciones actuales se centran, entre otras cosas, en la resistencia a enfermedades de los animales como la parálisis aviar, la tembladera de los ovinos y la mastitis de las vacas, y a enfermedades que afectan a la salud humana como la salmonelosis en las aves de corral. Otros aspectos investigados son el aumento del contenido de caseína de la leche y la inducción de la producción de sustancias farmacéuticas o industriales en la leche o el semen de animales. Aunque son sencillos en su concepción, los métodos utilizados para modificar genéticamente el ganado requieren un equipo especial y una considerable destreza, y las aplicaciones agrícolas no han dado hasta ahora resultados comerciales satisfactorios. Por consiguiente, es probable que estas aplicaciones se limiten en un futuro próximo a la creación de animales transgénicos destinados a la obtención de productos industriales o farmacéuticos.

En el sector de la acuicultura se están llevando a cabo intensas actividades de investigación y desarrollo relacionadas con la ingeniería genética. Las grandes dimensiones de muchos huevos de peces y su dureza permiten manipularlos con bastante comodidad y facilitan la transferencia de genes por inyección directa de un gen exógeno o mediante electroporación, en la que se transfieren genes con ayuda de un campo eléctrico. Los genes transferidos en los peces suelen ser los que producen la hormona del crecimiento, habiéndose observado que esa transferencia aumenta espectacularmente las tasas de crecimiento en las carpas, los salmones, las tilapias y otras especies. Además, se introdujo en el salmón un gen procedente de la solla roja que produce una proteína anticongelante, con la esperanza de ampliar la zona de distribución de ese pez. El gen no produjo la proteína suficiente para ampliar la zona de distribución del salmón a aguas más frías, pero sí permitió que el salmón siguiera creciendo durante los meses fríos en que el salmón no transgénico no crece. Estas aplicaciones se encuentran todavía en fase de investigación y desarrollo, y actualmente no hay animales acuáticos transgénicos a disposición de los consumidores.

Otras biotecnologías

Diagnóstico y epidemiología

Las enfermedades de las plantas y los animales son difíciles de diagnosticar porque los síntomas pueden inducir a error o estar incluso totalmente ausentes hasta que se producen daños importantes. Pruebas de diagnóstico basadas en biotecnologías avanzadas permiten identificar a los agentes causantes de la enfermedad y vigilar los efectos de los programas para combatirla con un grado de precisión antes inconcebible. La epidemiología molecular caracteriza los patógenos (virus, bacterias, parásitos y hongos) mediante una secuenciación de los nucleótidos que permite rastrear su origen. Esto es especialmente importante en el caso de las enfermedades epidémicas, en las que la posibilidad de localizar la fuente de infección puede contribuir de manera significativa a mejorar la lucha contra ellas. Por ejemplo, el análisis molecular de los virus de la peste bovina ha sido fundamental para determinar los linajes que circulan por el mundo y ha sido de ayuda en el Programa mundial de erradicación de la peste bovina (Recuadro 11, pág. 22). Los ensayos de inmunoabsorción enzimática (ELISA) son actualmente el método habitual de diagnóstico y vigilancia de muchas enfermedades del ganado y de los peces en el mundo, mientras que la técnica de la reacción en cadena de la polimerasa es especialmente útil para diagnosticar enfermedades de las plantas y lo está resultando cada vez más para diagnosticar enfermedades del ganado y los peces. El perfeccionamiento de sondas genéticas que permiten distinguir y detectar determinados patógenos en tejidos, animales enteros e incluso muestras de agua y suelo está aumentando también considerablemente la eficacia de los programas de sanidad vegetal y animal.

Elaboración de vacunas

Gracias a la ingeniería genética se están elaborando vacunas para proteger a los peces y al ganado contra patógenos y parásitos. Aunque las vacunas elaboradas por métodos tradicionales han tenido

una gran repercusión en la lucha contra la fiebre aftosa y las enfermedades transmitidas por garrapatas, la peste bovina y otras enfermedades del ganado, las vacunas recombinantes ofrecen diversas ventajas respecto de las convencionales en cuanto a seguridad, especificidad y estabilidad. Hay que destacar que esas vacunas, acompañadas de las pruebas de diagnóstico adecuadas, permiten distinguir entre animales vacunados e infectados por causas naturales. Esto es importante en los programas de lucha contra enfermedades, porque permite realizar una vacunación continua aun en el momento de pasar de la fase de lucha a la de erradicación. En la actualidad existen por ejemplo vacunas mejoradas para la enfermedad de Newcastle, la fiebre porcina clásica y la peste bovina. Además de las mejoras técnicas, los avances en la biotecnología permitirán producir vacunas más baratas y mejorar por lo tanto su suministro y la disponibilidad para los pequeños productores.

Nutrición animal

Las biotecnologías han producido ya medios auxiliares para la nutrición animal, como enzimas, probióticos, proteínas unicelulares y aditivos antibióticos para piensos que se utilizan ampliamente en sistemas de producción intensiva de todo el mundo para mejorar la disponibilidad de nutrientes en los piensos y aumentar la productividad de la ganadería y la acuicultura. Las tecnologías genéticas son cada vez más utilizadas para mejorar la nutrición animal, modificando o bien los piensos para hacerlos más digeribles o bien los sistemas digestivo y metabólico de los animales para que puedan aprovechar mejor los piensos disponibles. Aunque es probable que este último método avance lentamente, debido a las lagunas existentes en el conocimiento actual de la genética, la fisiología y la bioquímica en que se sustenta, la utilización de somatotropina recombinante, hormona que da lugar a un aumento de la producción de leche en las vacas lecheras y a un crecimiento acelerado y canales más magras en los animales para carne, es un ejemplo de éxito comercial en sistemas con alto coeficiente de insumos y explotación intensiva.

Conclusiones

La biotecnología es un complemento, y no un sustituto, en muchas esferas de la investigación agrícola convencional. Ofrece una variedad de instrumentos para mejorar nuestra comprensión y ordenación de los recursos genéticos para la agricultura y la alimentación. Esos instrumentos están contribuyendo ya a los programas de mejoramiento y conservación y facilitando el diagnóstico, tratamiento y prevención de enfermedades de las plantas y los animales. La aplicación de la biotecnología proporciona al investigador nuevos conocimientos e instrumentos que aumentan la eficacia de su trabajo. De este modo, los programas de investigación basados en la biotecnología pueden ser considerados como una prolongación más precisa de los métodos convencionales (Dreher *et al.*, 2000). Al mismo tiempo, la ingeniería genética puede ser considerada como una desviación radical de las técnicas convencionales de mejoramiento porque confiere a los científicos la capacidad de transferir material genético entre organismos que no podrían obtenerse por los medios clásicos.

La biotecnología agrícola es intersectorial e interdisciplinaria. La mayoría de las técnicas moleculares y sus aplicaciones son comunes a todos los sectores de la agricultura y la alimentación, pero la biotecnología no puede valerse por sí misma. Por ejemplo, la ingeniería genética aplicada a los cultivos no puede avanzar sin los conocimientos derivados de la genómica y es de poca utilidad práctica si no hay un programa eficaz de fitogenética. Todo objetivo de investigación requiere el dominio de una multitud de elementos tecnológicos. La biotecnología debe formar parte de un programa amplio e integrado de investigación agrícola que aproveche la labor realizada en otros programas sectoriales, disciplinarios y nacionales. Esto tiene amplias consecuencias para los países en desarrollo y sus asociados en el desarrollo a la hora de elaborar y aplicar políticas, instituciones y programas nacionales de creación de capacidad en relación con la investigación (véase el Capítulo 8).

La biotecnología agrícola es internacional. Aunque en su mayor parte se están

realizando en países desarrollados (véase el Capítulo 3), las investigaciones básicas sobre biología molecular pueden ser beneficiosas para los países en desarrollo en la medida en que permiten conocer mejor la fisiología de todos los vegetales y animales. Los descubrimientos de los proyectos sobre el genoma humano y el genoma del ratón benefician directamente a los animales de granja, y viceversa, mientras que los estudios sobre el maíz y el arroz presentan paralelismos que pueden aplicarse a cultivos de subsistencia como el sorgo y el tef. Sin embargo, es necesaria una labor específica sobre las razas y especies de importancia para los países en desarrollo. Es en éstos donde se encuentra la mayor biodiversidad agrícola mundial, pero se ha hecho poco por caracterizar esas especies vegetales y animales a nivel molecular con el fin de evaluar su potencial de producción y su capacidad para resistir a las enfermedades y a las condiciones ambientales desfavorables o de garantizar su conservación a largo plazo.

Es probable que la aplicación de las nuevas biotecnologías moleculares y de las nuevas estrategias de mejoramiento a cultivos y razas de especial interés para los pequeños productores de los países en desarrollo sea limitada en un futuro próximo por diversas razones (véanse los Capítulos 3 y 7), tales como la falta de fondos seguros a más largo plazo para la investigación, la insuficiencia de la capacidad técnica y operativa, el escaso valor comercial de los cultivos y razas, la ausencia de programas adecuados de mejoramiento convencional y la necesidad de elegir entre los entornos de producción pertinentes. Sin embargo, los países en desarrollo se enfrentan ya con la necesidad de evaluar cultivos modificados genéticamente (véanse los Capítulos 4 a 6) y en su momento tendrán también que evaluar la posible utilización de árboles, ganado y peces modificados genéticamente. Esas innovaciones podrían ofrecer una oportunidad para aumentar la producción, la productividad, la calidad de los productos y la aptitud para la adaptación, pero sin duda plantearán desafíos a la capacidad de investigación y reglamentación de los países en desarrollo.

3. De la Revolución Verde a la Revolución Genética

La Revolución Verde puso al alcance de millones de pequeños agricultores, inicialmente en Asia y América Latina, pero más tarde también en África, variedades semienanas de trigo y arroz de alto rendimiento, obtenidas con métodos convencionales de mejoramiento. Los aumentos conseguidos durante los primeros decenios de la Revolución Verde se extendieron en los decenios de 1980 y 1990 a otros cultivos y a regiones menos favorecidas (Evenson y Gollin, 2003). A diferencia de las investigaciones que impulsaron la Revolución Verde, la mayoría de las investigaciones sobre biotecnología agrícola y casi todas las actividades de comercialización están siendo realizadas por empresas privadas que tienen su sede en países industrializados.

Esto representa un giro radical con respecto a la Revolución Verde, en la que el sector público desempeñó un importante papel en la investigación y la difusión de las tecnologías. Este cambio de paradigma tiene importantes consecuencias para la índole de la investigación que se realiza, los tipos de tecnologías que se elaboran y el modo en que se divulgan esas tecnologías. El predominio del sector privado en la biotecnología agrícola hace temer que los agricultores de los países en desarrollo, especialmente los agricultores pobres, puedan no sacar provecho de ella, ya sea porque no se pongan a su disposición las innovaciones apropiadas o porque éstas sean demasiado costosas.

La investigación del sector público impulsó la creación de las variedades de trigo y arroz de alto rendimiento que pusieron en marcha la Revolución Verde. Investigadores de entidades públicas nacionales e internacionales insertaron genes del enanismo en cultivares seleccionados de trigo y arroz para que produjeran más grano y tuvieran tallos más cortos que les permitieran responder a mayores niveles de fertilizantes y agua. Estos cultivares semienanos se pusieron libremente a disposición de los

fitogenetistas de países en desarrollo que los adaptaron a las condiciones locales de producción. En algunos países hubo empresas privadas que participaron en la elaboración y comercialización de variedades adaptadas a las condiciones locales, pero el germoplasma mejorado fue facilitado por el sector público y difundido libremente como bien público (Pingali y Raney, 2003).

Los países que pudieron aprovechar en mayor medida las oportunidades que ofrecía la Revolución Verde fueron los que tenían ya, o crearon rápidamente, una amplia capacidad nacional de investigación agrícola. Los investigadores de esos países pudieron realizar las adaptaciones locales necesarias para que las variedades mejoradas satisficieran las necesidades de sus agricultores y consumidores. La capacidad nacional de investigación agrícola determinó de manera decisiva la disponibilidad y accesibilidad de las tecnologías agrícolas de la Revolución Verde, y esto sigue siendo aplicable a las nuevas biotecnologías. La capacidad nacional de investigación aumenta las posibilidades que tiene un país de importar y adaptar tecnologías agrícolas elaboradas en otro lugar, crear aplicaciones que satisfagan las necesidades locales (como en el caso de los cultivos que carecen de interés comercial) y regular debidamente las nuevas tecnologías.

La revolución biotecnológica, por el contrario, está siendo impulsada en gran medida por el sector privado. La investigación pública ha contribuido a establecer los principios científicos básicos en que se basa la biotecnología agrícola, pero la mayor parte de las investigaciones aplicadas y casi todo el aprovechamiento comercial han estado a cargo del sector privado. Tres fuerzas relacionadas entre sí están transformando el modo de suministrar a los agricultores de todo el mundo tecnologías agrícolas mejoradas. La primera es el reforzamiento del marco para proteger la propiedad intelectual de las innovaciones

APORTACIÓN ESPECIAL 1

Alimentar a 10 000 millones de personas: el desafío con que nos enfrentamos en el siglo XXI

Norman E. Borlaug¹

En los últimos 35 años, la producción de cereales se ha duplicado con creces, a un ritmo más veloz que el crecimiento demográfico mundial. La adopción rápida de variedades modernas, la triplicación del consumo de fertilizantes químicos y la duplicación de la superficie regada han sido factores fundamentales que han determinado esta Revolución Verde. Incrementando los rendimientos en las tierras más idóneas para la agricultura, los agricultores del mundo han podido dejar intactas vastas superficies de tierras para destinarlas a otros fines.

La población mundial puede alcanzar los 10 000 millones de habitantes para mediados de este siglo. Durante los próximos 20 años, la demanda mundial de cereales aumentará en un 50 por ciento, por efecto de la utilización rápidamente creciente de piensos y el consumo de carne. Con excepción de las zonas de

suelos ácidos de África y América del Sur, el potencial para ampliar las superficies mundiales de cultivo es limitado. Los aumentos futuros de producción de alimentos deben proceder en gran parte de las tierras ya en uso. Es necesario, por tanto, sostener y mejorar la productividad de esas tierras.

La mayoría de los 842 millones de personas hambrientas del mundo viven en tierras marginales y dependen de la agricultura para su subsistencia. Los hogares expuestos a inseguridad alimentaria en estas zonas rurales de más elevado riesgo se enfrentan con frecuentes situaciones de sequías, tierras degradadas, larga distancia de los mercados e instituciones de mercado deficientes. Para muchas de estas personas, la seguridad alimentaria procederá únicamente del aumento de la producción y los ingresos. Es necesario invertir en la ciencia, la infraestructura y la conservación de los recursos para aumentar la productividad y reducir los riesgos en las tierras marginales. Algunos de los problemas que se plantean en estos ambientes serán demasiado grandes para superarlos. No obstante, es posible lograr mejoras considerables. La biotecnología

¹ Norman Borlaug es Presidente de la Sasakawa Africa Association, Profesor Emérito de Agricultura Internacional, de la Texas A&M University, y ganador del Premio Nóbel de la Paz de 1970. Es conocido como el padre de la Revolución Verde por su labor pionera en el mejoramiento del trigo y su producción.

en las plantas. La segunda es el rápido ritmo de los descubrimientos y la creciente importancia de la biología molecular y la ingeniería genética. Por último, la apertura cada vez mayor del comercio de insumos y productos agrícolas en casi todos los países está ampliando el mercado potencial tanto para las tecnologías nuevas como para las más antiguas. Estas circunstancias han creado incentivos nuevos y eficaces para la investigación privada y están alterando la estructura de las actividades de investigación agrícola pública y privada, especialmente en lo que respecta al fitomejoramiento (Pingali y Traxler, 2002).

A medida que crece la importancia del

sector privado transnacional, aumentan también los costos de transacción con que se enfrentan los países en desarrollo para tener acceso a las tecnologías y poder utilizarlas. Las redes públicas internacionales para intercambiar tecnologías entre países y obtener así los máximos beneficios indirectos están cada vez más amenazadas. Se necesita con urgencia un sistema de circulación de tecnologías que preserve los incentivos para la innovación en el sector privado al tiempo que satisfaga las necesidades de los agricultores pobres en el mundo en desarrollo.

En la primera sección de este capítulo se ofrece una reseña de la organización y los

desempeñará una importante función en la elaboración de nuevo germoplasma que permita una mayor tolerancia a las condiciones de estrés abiótico y biótico y con mayor contenido nutricional. Es necesario continuar el mejoramiento genético de los cultivos alimentarios, utilizando instrumentos de investigación convencionales y la biotecnología, para desplazar la línea de rendimiento a un nivel superior y para aumentar la estabilidad del mismo.

El hombre del Neolítico, o mucho más probablemente la mujer, domesticó prácticamente todas las especies alimentarias y ganaderas en un período relativamente breve, hace 10 000-15 000 años. Posteriormente, varios centenares de generaciones de agricultores determinaron enormes modificaciones genéticas en todas las principales especies de cultivos y animales. Gracias al desarrollo de la ciencia durante los últimos 150 años, se dispone ahora de los conocimientos fitogenéticos y de mejoramiento para realizar intencionadamente lo que la naturaleza ha hecho en el pasado por casualidad o por designio. La modificación genética de los cultivos no es ningún tipo de brujería; más bien, consiste

en aprovechar progresivamente las fuerzas de la naturaleza para alimentar a la especie humana. Por supuesto, la ingeniería genética –el fitomejoramiento a nivel molecular–, no es sino otro paso en la profundización del progreso científico de la humanidad en los genomas vivos. No se trata de una sustitución para un mejoramiento convencional, sino de un instrumento de investigación complementario para identificar los caracteres convenientes de grupos taxonómicos de emparentamiento remoto y transferirlos más rápidamente y con mayor precisión a especies de cultivos de alto rendimiento y de alta calidad.

El mundo dispone de la tecnología (ya en uso o bien en fase de investigación avanzada) para alimentar de forma sostenible a una población de 10 000 millones de personas. No obstante, el acceso a tal tecnología no está asegurado. La gama de posibles obstáculos incluye cuestiones relacionadas con los derechos de propiedad intelectual, la aceptación de la tecnología por la sociedad civil y los gobiernos, y los obstáculos financieros y educativos que mantienen a los agricultores pobres marginados e incapaces de adoptar la nueva tecnología.

efectos de las corrientes de investigación y tecnología agrícolas en el período 1960-90, cuando prevalecía el paradigma de la investigación internacional del sector público característico de la Revolución Verde. En la segunda sección se examina la reorientación hacia un aumento de la privatización de la investigación y desarrollo agrícolas, y sus consecuencias para el acceso de los países en desarrollo a las tecnologías, como lo revelan las últimas tendencias mundiales en la investigación, el desarrollo y la comercialización agrícolas. La sección final plantea diversas preguntas con respecto a la posibilidad de que la Revolución Genética beneficie a los sectores pobres de la

población. Estas preguntas se retoman en los capítulos posteriores del informe.

La Revolución Verde: investigación, desarrollo, acceso y efectos

La Revolución Verde dio origen a un extraordinario crecimiento de la productividad de los cultivos alimentarios en el mundo en desarrollo durante los últimos 40 años (Evenson y Gollin, 2003). Una combinación de altas tasas de inversión en investigación, infraestructura y mejora de los mercados agrícolas y una política adecuada de apoyo impulsaron este avance.

APORTACIÓN ESPECIAL 2 Hacia una revolución siempre verde

M.S. Swaminathan¹

En agosto de 1968, el Gobierno de la India emitió un sello titulado «Revolución del trigo» para sensibilizar al público acerca de los caminos revolucionarios que la India había tomado en relación con el aumento de la producción de trigo. Si bien destacó los progresos respecto del rendimiento de las cosechas de trigo, el Gobierno había emprendido también un programa masivo para desarrollar y difundir variedades de arroz, maíz, sorgo y mijo perlado de alto rendimiento. Estos programas impulsaron la Revolución Verde en la India, que permitieron lograr avances espectaculares en la producción y la productividad, sin aumentar la superficie de cultivo.

Debido a que estas variedades de alto rendimiento requieren insumos como fertilizantes y agua de riego, los sociólogos criticaron las tecnologías de la Revolución Verde por no ser neutrales respecto de los recursos. Los ambientalistas atacaron la Revolución Verde alegando los posibles daños a la productividad a

largo plazo, como consecuencia del uso excesivo de plaguicidas y fertilizantes y de monocultivo. A pesar del éxito de la Revolución Verde en sacar a millones de personas de la miseria, la incidencia de la pobreza, el hambre endémica, las enfermedades contagiosas, las tasas de mortalidad materno-infantil, el reducido peso de los niños al nacer, el retraso del crecimiento y el analfabetismo siguieron siendo elevados.

Las preocupaciones de los sociólogos y los ecologistas así como los restantes problemas urgentes de pobreza y hambre me condujeron a desarrollar el concepto de «revolución siempre verde» para subrayar la necesidad de mejorar la productividad de los cultivos con carácter permanente, sin los daños ecológicos o sociales concomitantes. La revolución siempre verde puede lograrse sólo si prestamos atención a las vías que pueden contribuir a lograr progresos revolucionarios en mejorar la productividad, la calidad y el valor añadido en condiciones de disminución per cápita de tierras cultivables y agua de riego disponible, ampliando las condiciones de estrés biótico y abiótico, y cambiando rápidamente las preferencias de los consumidores y del mercado. Ello requerirá movilizar los mejores recursos tanto de conocimientos y tecnologías

¹ M.S. Swaminathan es el Presidente de la M.S. Swaminathan Research Foundation. Ha trabajado durante los últimos 50 años con científicos y formuladores de políticas en una variedad de problemas relativos a la fitogenética básica y aplicada, así como a la investigación del desarrollo agrícola. Es muy conocido como el padre de la Revolución Verde de la India.

Estos elementos estratégicos de la Revolución Verde mejoraron la productividad a pesar de la creciente escasez y el alto valor de las tierras (Pingali y Heisey, 2001).

Investigación pública y transferencia internacional de tecnologías

La Revolución Verde puso en entredicho el dogma de que la tecnología agrícola no se puede exportar porque es específica de unas condiciones agroclimáticas, como en el caso de la tecnología biológica, o sensible a los precios relativos de los factores, como en el caso de la tecnología

mecánica (Byerlee y Traxler, 2002). La estrategia de la Revolución Verde para promover el crecimiento de la productividad de los cultivos alimentarios se basó explícitamente en la premisa de que, con unos mecanismos institucionales apropiados, se podría conseguir que los beneficios indirectos de la tecnología superasen las fronteras políticas y agroclimáticas. Por esa razón se creó el Grupo Consultivo sobre Investigación Agrícola Internacional (GCAI), expresamente encargado de generar beneficios tecnológicos indirectos, especialmente para los países que no estaban

tradicionales como de la ciencia de frontera. Entre las tecnologías de frontera idóneas para la fase siguiente de la revolución agrícola, la más avanzada es la biotecnología.

Los temores relativos a la genética molecular y la ingeniería genética se encuadran en las siguientes categorías amplias: la ciencia propiamente dicha, el control de la ciencia, el acceso a la ciencia, preocupaciones ambientales, y la salud humana y de los animales. Será importante afrontar el estudio de estas cuestiones separadamente para un análisis riguroso de los riesgos y beneficios. Si dichas cuestiones se afrontan en forma global para todas las aplicaciones de ingeniería genética, ello dará lugar a conclusiones generales poco apropiadas, tales como la condena general de los OMG expresada por las organizaciones no gubernamentales (ONG) en la Cumbre Mundial sobre la Alimentación: cinco años después, celebrada en Roma en 2002.

Los beneficios de las técnicas de mejoramiento molecular, tales como el uso de marcadores moleculares y el mejoramiento de precisión para caracteres específicos mediante tecnologías de ADN recombinante son inmensos. La labor ya realizada en la India ha revelado el potencial de mejoramiento de nuevas variedades de OMG que

poseen la tolerancia a la salinidad y a la sequía, a algunas importantes plagas y enfermedades, junto con una calidad nutritiva mejorada. Se ha entrado en una nueva era de mejoramiento mendeliano y molecular. La revolución siempre verde mezclará estas tecnologías de frontera con la prudencia ecológica de las comunidades tradicionales para crear tecnologías que se basan en la ordenación integrada de recursos naturales y que se aplican en modo específico según el lugar, debido a que se desarrollan mediante la experimentación participativa con las familias de agricultores.

Esta es la única manera en que podemos afrontar los desafíos del futuro, particularmente en el contexto de la escasez de agua de riego y la urgente necesidad de mejorar la productividad en las zonas agrícolas semiáridas y áridas. El progreso agrícola acelerado es la mejor red de seguridad contra el hambre y la pobreza, porque en la mayoría de los países en desarrollo más del 70 por ciento de la población depende de la agricultura para sus medios de vida. Negándonos a nosotros mismos la fuerza de la nueva genética negaremos un gran servicio tanto a las familias de agricultores que carecen de recursos como a la construcción de un sistema alimentario y nutricional nacional sostenible.

en condiciones de obtener pleno provecho de sus inversiones en investigación. ¿Qué sucede con los beneficios indirectos de la investigación y desarrollo agrícolas en unas condiciones de creciente integración mundial de los sistemas de suministro de alimentos?

Los avances más importantes en el rendimiento potencial que impulsaron la Revolución Verde a finales del decenio de 1960 procedieron de métodos fitogenéticos tradicionales que inicialmente se centraron en el aumento del rendimiento potencial de los principales cultivos cerealeros. Este rendimiento ha seguido aumentando

a un ritmo constante después de los espectaculares progresos iniciales logrados en el decenio de 1960 para el arroz y el trigo. Por ejemplo, el rendimiento potencial del trigo de regadío ha aumentado a un ritmo del 1 por ciento anual durante los tres últimos decenios, lo que representa unos 100 kg por hectárea y año (Pingali y Rajaram, 1999). Durante los primeros decenios de la Revolución Verde prácticamente no se realizaron investigaciones ni se dispuso de germoplasma seleccionado para muchos de los productos cultivados por los agricultores pobres en las zonas agroecológicas menos

favorecidas (como el sorgo, el mijo, la cebada, la yuca y las legumbres), pero a partir del decenio de 1980 se obtuvieron variedades modernas de esos cultivos y se aumentó su rendimiento potencial (Evenson y Gollin, 2003). Además de sus esfuerzos para aumentar el rendimiento de los cultivos de cereales, los fitogenetistas siguieron cosechando éxitos en las esferas menos llamativas pero igualmente importantes de la investigación aplicada. Entre ellos figuran la obtención de plantas con resistencia duradera a una gran variedad de insectos y enfermedades, plantas con mayor tolerancia a diversas condiciones físicas desfavorables, plantas que requieren un número mucho menor de días de cultivo y cereales con mejor sabor y calidad nutricional.

Antes de 1960, no había ningún sistema oficial que ofreciera a los fitogenetistas acceso al germoplasma disponible fuera de sus fronteras. Desde entonces, el sector público internacional (es decir, el sistema del GCIAI) ha sido la fuente principal de suministro de germoplasma mejorado obtenido a partir de métodos convencionales, especialmente para cultivos autógamos como el arroz y el trigo y para el maíz de polinización libre. Estas redes administradas por el GCIAI evolucionaron en los decenios de 1970 y 1980, cuando se ampliaron los recursos financieros para la investigación agrícola pública y las leyes de propiedad intelectual sobre las plantas eran escasas o inexistentes. El intercambio de germoplasma entre fitogenetistas se basa en un sistema no estructurado que por lo general es libre y gratuito. Los obtentores pueden aportar su material a los viveros y sentirse orgullosos de que se adopten en cualquier lugar del mundo, y al mismo tiempo tienen plena libertad de tomar material procedente de ensayos para uso propio.

La circulación internacional de germoplasma ha tenido una importante repercusión en la velocidad y el costo de los programas de obtención de cultivos de los sistemas nacionales de investigaciones agronómicas (SNIA), lo que ha aumentado enormemente su eficacia (Evenson y Gollin, 2003). Traxler y Pingali (1999) han afirmado que la existencia de un sistema de intercambio de germoplasma libre y sin trabas, capaz de atraer los mejores

materiales internacionales, permite a los países tomar decisiones estratégicas sobre las cantidades que deben invertir en capacidad fitogenética. Incluso los SNIA con programas avanzados de investigación agrícola, como los del Brasil, China y la India, acuden con frecuencia a los cultivares de esos viveros para obtener material de preselección y variedades acabadas (Evenson y Gollin, 2003). Los pequeños países con un comportamiento racional optan por beneficiarse gratuitamente del sistema internacional en lugar de invertir en una infraestructura fitogenética propia en gran escala (Maredia, Byerlee y Eicher, 2004).

Evenson y Gollin (2003) informan de que, incluso en el decenio de 1990, el GCIAI contenía un gran número de variedades modernas de casi todos los cultivos alimentarios; el 35 por ciento de todas las variedades distribuidas se basaban en cruzamientos del GCIAI y otro 22 por ciento tenía progenitores u otros antepasados obtenidos mediante esos cruzamientos. Evenson y Gollin señalan que las aportaciones de germoplasma de centros internacionales permitieron a los países en desarrollo obtener beneficios indirectos de inversiones en fitomejoramiento realizadas fuera de sus fronteras y conseguir aumentos de productividad que habrían sido más costosos o incluso habrían resultado imposibles para ellos si se hubieran visto obligados a trabajar únicamente con los recursos genéticos que estaban a su disposición al comienzo del período.

Efectos de la tecnología de mejoramiento de los cultivos alimentarios

Existen datos sustanciales sobre los efectos de la agronomía moderna y de la circulación internacional de variedades modernas de cultivos alimentarios en la producción, la productividad, los ingresos y el bienestar. Evenson y Gollin (2003) ofrecen información detallada sobre la magnitud de la adopción y los efectos de la utilización de variedades modernas de todos los cultivos alimentarios importantes. La adopción de variedades modernas aumentó rápidamente durante los decenios de la Revolución Verde, y aún más deprisa en los decenios posteriores, pasando (como promedio para todos los cultivos) del 9 por ciento en 1970 al 29 por ciento en 1980, al 46 por ciento en 1990 y al

63 por ciento en 1998. Además, en muchas zonas y muchos cultivos, las variedades modernas de la primera generación han sido sustituidas por otras de la segunda y tercera generaciones (Evenson y Gollin, 2003).

Gran parte del aumento de la producción agrícola registrado en los últimos 40 años se ha debido a un incremento del rendimiento por hectárea, y no a una ampliación de la superficie cultivada. Por ejemplo, los datos de que dispone la FAO indican que, en el conjunto de los países en desarrollo, el rendimiento del trigo aumentó un 208 por ciento entre 1960 y 2000, el del arroz un 109 por ciento, el del maíz un 157 por ciento, el de la papa un 78 por ciento y el de la yuca un 36 por ciento (FAO, 2003). Las tendencias de la productividad total de los factores están en consonancia con indicadores parciales de la productividad, como la tasa de crecimiento del rendimiento (Pingali y Heisey, 2001).

Varios economistas han calculado cuidadosamente la rentabilidad de las inversiones en germoplasma moderno de alto rendimiento realizadas en los últimos decenios. Diversos informes recientes han examinado y analizado los datos de centenares de estudios efectuados en los últimos 30 años para calcular la tasa de rentabilidad social de las inversiones en investigación agrícola. En esos estudios se examinaban las inversiones de instituciones públicas nacionales e internacionales de África, Asia, América Latina y de los países de la Organización de Cooperación y Desarrollo Económicos (OCDE), así como del sector privado (Alston *et al.*, 2000; Evenson y Gollin, 2003). Aunque en su realización se habían utilizado diferentes métodos, estos estudios mostraban una notable concordancia al señalar una tasa de rentabilidad social de las inversiones públicas en investigación agrícola del 40-50 por ciento aproximadamente. También llegaban a la conclusión de que las investigaciones del sector privado habían generado una tasa similar de rentabilidad social.

El efecto principal de la investigación agrícola en la población pobre que no vive de la agricultura, así como en las personas pobres de las zonas rurales que son compradores netos de alimentos, consiste en un descenso de los precios de éstos. La adopción generalizada de la tecnología moderna basada en el uso de semillas y

fertilizantes se tradujo en un importante desplazamiento de la oferta alimentaria que aumentó la producción y contribuyó a que bajaran los precios reales de los alimentos:

Los efectos de la investigación agrícola en la mejora del poder adquisitivo de las personas pobres –al aumentar sus ingresos y reducir los precios de los productos alimenticios básicos– son probablemente la causa principal de las mejoras nutricionales relacionadas con dicha investigación. Sólo las personas pobres pasan hambre. Dado que una parte relativamente grande de cualquier aumento de sus ingresos se destina a la alimentación, los efectos de los desplazamientos de la oferta inducidos por la investigación pueden tener importantes repercusiones nutricionales, especialmente si esos desplazamientos son el resultado de unas tecnologías orientadas a los productores más pobres.

(Alston, Norton y Pardey, 1995)

Estudios realizados por economistas han justificado empíricamente la afirmación de que el crecimiento del sector agrícola repercute en toda la economía. Hayami *et al.* (1978) demostraron que el rápido crecimiento de la producción de arroz en las aldeas había estimulado la demanda y los precios de la tierra, la mano de obra y los bienes y servicios no agrícolas. Hazell y Haggblade (1993); Delgado, Hopkins y Kelly (1998) y Fan, Hazell y Thorat (1998) corroboraron para todo el sector la afirmación de que la agricultura actúa de hecho como motor del crecimiento económico global.

Una vez adoptadas las variedades modernas, el conjunto de tecnologías que más contribuye a reducir los costos de producción es el que comprende, entre otras cosas, la maquinaria, las prácticas de gestión de la tierra (a menudo en combinación con la utilización de herbicidas), la aplicación de fertilizantes, el manejo integrado de plagas y (más recientemente) las prácticas mejoradas de ordenación de los recursos hídricos. Aunque muchas de las tecnologías de la Revolución Verde fueron elaboradas y difundidas globalmente (por ejemplo, nuevas obtenciones vegetales con tasas recomendadas de fertilizantes, plaguicidas y herbicidas, acompañadas de medidas para regular el agua), muchos componentes

de esas tecnologías fueron adoptados de manera fraccionada y a menudo gradualmente (Byerlee y Hesse de Polanco, 1986). La secuencia de la adopción está determinada por la escasez de los factores y las posibles economías de costos. Herdt (1987) realizó una evaluación detallada de la adopción sucesiva de tecnologías para la ordenación de los cultivos de arroz en Filipinas. Traxler y Byerlee (1992) aportaron datos similares sobre la adopción sucesiva de tecnologías para la ordenación de los cultivos de trigo en Sonora, en el noroeste de México.

Aunque los entornos favorables y de alto potencial fueron los que más se beneficiaron de la Revolución Verde en cuanto a crecimiento de la productividad, los menos favorecidos también sacaron provecho de ella gracias a los beneficios indirectos de la tecnología y la migración de mano de obra a entornos más productivos. Según David y Otsuka (1994), la igualación de salarios entre entornos favorables y desfavorables fue uno de los medios fundamentales de redistribución de las mejoras derivadas del cambio tecnológico. Renkow (1993) obtuvo resultados similares con respecto al trigo cultivado en entornos de alto y bajo potencial en el Pakistán. Byerlee y Moya (1993), en su evaluación mundial de la adopción de variedades modernas de trigo, observaron que, con el tiempo, la adopción de esas variedades en condiciones desfavorables se situó al nivel alcanzado en condiciones más favorables, especialmente cuando el germoplasma creado para entornos de alto potencial se adaptó a otros más marginales. En el caso del trigo, la tasa de crecimiento del rendimiento potencial en zonas propensas a la sequía fue del 2,5 por ciento al año aproximadamente en los decenios de 1980 y 1990 (Lantican y Pingali, 2003). Al principio, el crecimiento del rendimiento potencial en entornos marginales provino de los beneficios indirectos de la tecnología, al adaptarse a ellos variedades creadas para entornos de alto potencial. Sin embargo, durante el decenio de 1990 se lograron nuevos aumentos del rendimiento potencial gracias a actividades de mejoramiento expresamente concebidas para entornos marginales.

La Revolución Genética: cambio de paradigma en la investigación y desarrollo agrícolas

En los decenios de 1960, 1970 y 1980, la inversión del sector privado en investigaciones fitogenéticas fue limitada, especialmente en el mundo en desarrollo, debido a la falta de mecanismos eficaces para proteger los derechos de propiedad sobre los productos mejorados (Recuadro 12). Esta situación cambió en el decenio de 1990 con la aparición de híbridos para cultivos alógamos como el maíz. La viabilidad económica de los híbridos dio origen a una industria de las semillas en el mundo en desarrollo, iniciada por empresas transnacionales de países desarrollados y seguida de la creación de empresas nacionales (Morris, 1998). A pesar del rápido crecimiento de la industria de las semillas en los países en desarrollo, hasta ahora su actividad ha sido limitada y muchos mercados han quedado desatendidos.

Los incentivos para la investigación agrícola privada aumentaron aún más cuando los Estados Unidos y otros países industrializados permitieron patentar genes construidos por medios artificiales y plantas modificadas genéticamente. Esta protección nacional se reforzó gracias al Acuerdo sobre los Aspectos de los Derechos de Propiedad Intelectual relacionados con el Comercio (ADPIC), establecido en 1995 por la Organización Mundial del Comercio (OMC), que obliga a los miembros de ésta a otorgar protección a las invenciones biotecnológicas (ya se trate de productos o procedimientos) mediante patentes y a las obtenciones vegetales mediante patentes o mediante un sistema *sui generis*. Estas formas de protección de la propiedad ofrecieron al sector privado los incentivos necesarios para participar en la investigación sobre biotecnología agrícola (Recuadro 12).

Las grandes empresas agroquímicas transnacionales fueron las primeras en invertir en la obtención de cultivos transgénicos, aunque gran parte de la investigación científica en que se basaron había sido realizada por el sector público y puesta a disposición de las empresas privadas mediante licencias exclusivas. Una de las razones por las que las empresas

RECUADRO 12

Bienes públicos y derechos de propiedad intelectual

Se entiende por bienes públicos los que generan beneficios para la sociedad además de los rendimientos que a título privado pueden obtener las personas que los crean. En ocasiones se trata de beneficios indirectos. Los bienes públicos no tienen competidores ni son exclusivos. El hecho de no tener competidores implica que los bienes están a disposición de todos por igual, es decir que su consumo por una persona no reduce la cantidad disponible para su consumo por otra. El hecho de no ser exclusivos significa que no se puede impedir utilizarlos a quienes no pagan por ellos. Estas características hacen que los innovadores privados no puedan percibir el beneficio social íntegro de su creación a no ser que se encuentre algún medio para impedir su utilización no autorizada. Dado que no querrán invertir en un nivel de investigación socialmente óptimo, las empresas privadas no pueden beneficiarse plenamente de la investigación mediante la que se producen bienes públicos (Ruttan, 2001).

Gran parte de los resultados de la investigación agrícola, incluida la biotecnológica, presenta al menos una de las características de los bienes públicos. Por ejemplo, cualquier científico puede utilizar los conocimientos sobre la estructura del genoma del arroz sin reducir la cantidad de conocimientos que está a disposición de otros científicos, y una vez que esos conocimientos se publican en una revista científica o

en Internet, es difícil evitar que otras personas los utilicen. Una obtención vegetal transgénica, por el contrario, puede tener hasta cierto punto las características de un bien público (por ejemplo, es difícil evitar por completo su utilización no autorizada), pero no es un bien público puro porque las semillas pueden agotarse y porque se puede impedir, al menos en parte, su utilización no autorizada.

Hay dos formas de impedir la utilización no autorizada de obtenciones vegetales, una biológica y otra jurídica. Las semillas híbridas pueden ser reservadas, reproducidas y replantadas, pero a costa de una importante pérdida de rendimiento y calidad, por lo que la hibridación ofrece una protección biológica a las innovaciones de los genetistas. Las tecnologías genéticas de restricción del uso constituyen otra forma de protección biológica de la propiedad intelectual que ha sido propuesta para los cultivos transgénicos. Estas tecnologías producirían semillas estériles o semillas que necesitarían la aplicación de una sustancia química especial para activar la característica innovadora. La oposición de la opinión pública al método de las semillas estériles ha inducido a la empresa privada Monsanto a abandonar su creación. También se puede recurrir a la protección jurídica por medio de patentes, marcas de fábrica o de comercio y contratos para proteger la propiedad intelectual, pero la protección que ofrece este método suele ser parcial.

agroquímicas se interesaron por las actividades de investigación y desarrollo de cultivos transgénicos fue que preveían el declive del mercado de plaguicidas y estaban buscando nuevos productos (Conway, 2000).

Las empresas químicas comenzaron rápidamente a desarrollar sus actividades comerciales en el sector de la fitogenética comprando empresas de semillas ya existentes, primero en países industrializados y seguidamente en

países en desarrollo. Esas fusiones entre empresas nacionales de semillas y empresas multinacionales eran convenientes desde el punto de vista económico porque unas y otras estaban especializadas en aspectos diferentes del proceso de obtención y distribución de variedades de semillas (Pingali y Traxler, 2002). Se trata de un proceso continuo que empieza con la adquisición de conocimientos sobre los genes útiles (genómica) y la obtención de plantas transgénicas y continúa hasta llegar

al proceso más adaptado a las condiciones locales de incorporación de los transgenes a líneas comerciales y distribución de las semillas a los agricultores. Los productos de las actividades iniciales son aplicables a cultivos y entornos agroecológicos de todo el mundo. Por el contrario, los cultivos y variedades modificados genéticamente suelen ser aplicables a nichos agroecológicos específicos. Dicho de otro modo, los beneficios indirectos y las economías de escala disminuyen a medida que se llega al final del proceso continuo más adaptado a las condiciones locales. Análogamente, los costos y la complejidad de la investigación disminuyen conforme se avanza hacia las actividades finales. Así pues, ha surgido una clara división de tareas en la obtención y distribución de los productos obtenidos por medios biotecnológicos, mediante la cual la empresa transnacional se encarga de la investigación inicial sobre biotecnología y la empresa nacional de las variedades de cultivos con características agronómicas comercialmente deseables (Pingali y Traxler, 2002).

No están tan claras las posibilidades que tienen los sistemas públicos de investigación de beneficiarse de la labor desarrollada por las empresas mundiales. Los programas de investigación del sector público se establecen por lo general de manera que se ajusten a las fronteras políticas estatales o nacionales, y hasta ahora la transferencia directa de tecnologías entre países ha sido limitada (Pingali y Traxler, 2002). El estricto respecto de los límites territoriales reduce considerablemente los beneficios indirectos de las innovaciones tecnológicas entre zonas agroclimáticas similares. El sistema de intercambio de germoplasma del GCIAl ha atenuado el problema en el caso de varios cultivos importantes, pero no está claro si funcionará también para los productos obtenidos por medios biotecnológicos y los cultivos transgénicos, teniendo en cuenta los derechos de propiedad a que están sujetas las tecnologías.

Inversión en investigaciones sobre biotecnología

Para comprender la magnitud de la inversión actual del sector privado en investigaciones biotecnológicas agrícolas, no hay más que examinar su presupuesto

anual para investigación y compararlo con la investigación pública centrada en la agricultura de los países en desarrollo (Pray y Naseem, 2003a). El gasto conjunto anual en investigación y desarrollo agrícolas de las diez empresas transnacionales de ciencias biológicas más importantes del mundo se cifra en unos 3 000 millones de dólares EE.UU. A título de comparación, el GCIAl, que es el mayor proveedor internacional de tecnologías agrícolas del sector público, tiene un presupuesto anual inferior a 300 millones de dólares EE.UU. para investigación y desarrollo en el ámbito de la fitogenética. Los mayores programas de investigación agrícola del sector público en el mundo en desarrollo, que son los del Brasil, China y la India, tienen presupuestos anuales inferiores a 500 millones de dólares EE.UU. cada uno (Byerlee y Fischer, 2002).

Un examen del gasto en investigación sobre biotecnología agrícola revela una profunda divergencia entre países desarrollados y en desarrollo (Cuadro 3). Los países desarrollados gastan en investigación pública sobre biotecnología cuatro veces más que los países en desarrollo, aun si en el caso de éstos se incluyen todas las fuentes de financiación, es decir fondos nacionales, donantes y centros del GCIAl. Pocos países en desarrollo o instituciones públicas internacionales disponen de los recursos necesarios para crear una fuente independiente de innovaciones biotecnológicas (Byerlee y Fischer, 2002).

No se dispone de datos globales sobre la investigación en biotecnología del sector privado en los países en desarrollo, pero parece ser que la mayor parte de la investigación está a cargo de empresas transnacionales que realizan ensayos de variedades transgénicas. Las instituciones nacionales de investigación realizan ciertas actividades (por ejemplo, instituciones nacionales privadas que se ocupan de la caña de azúcar ejecutan programas de investigación sobre biotecnología bastante amplios en el Brasil y Sudáfrica), mientras que en la India varias empresas nacionales de semillas (en particular, la Empresa de Semillas Híbridas Maharashtra [Mahyco]), llevan a cabo programas de investigación sobre biotecnología. No se conoce la suma total invertida en estas actividades privadas, pero indudablemente es inferior a la que

CUADRO 3
Gasto estimado en investigación sobre biotecnología agrícola

	(Millones de \$EE.UU. al año)	(Porcentaje)
	Investigación y desarrollo en materia de biotecnología	Proporción de la biotecnología en la investigación y desarrollo
PAÍSES INDUSTRIALIZADOS	1 900-2 500	
Sector privado ¹	1 000-1 500	40
Sector público	900-1 000	16
PAÍSES EN DESARROLLO	165-250	
Sector público (recursos propios)	100-150	5-10
Sector público (ayuda exterior)	40-50	...
Centros del GICAI	25-50	8
Sector privado	...	...
TOTAL MUNDIAL	2 065-2 730	

¹ Incluye una cantidad indeterminada para investigación y desarrollo de países en desarrollo.
Fuente: Byerlee y Fischer, 2002.

está invirtiendo el sector público de los países en desarrollo en investigación sobre biotecnología (Pray y Naseem, 2003a).

La investigación sobre cultivos transgénicos medida por los ensayos de campo

Aunque el gasto total en investigación sobre biotecnología se divide bastante equitativamente entre los sectores público y privado, la producción de nuevas tecnologías está casi íntegramente en manos del sector privado¹. Todos los cultivos modificados genéticamente que se han comercializado hasta ahora en el mundo, a excepción de los obtenidos en China, han sido creados por el sector privado (véase el Capítulo 4). El predominio del sector privado en la obtención de variedades modificadas genéticamente parece indicar que los cultivos y los factores que limitan la producción especialmente importantes para las personas pobres son dejados de lado porque es probable que los mercados para esas semillas sean muy pequeños.

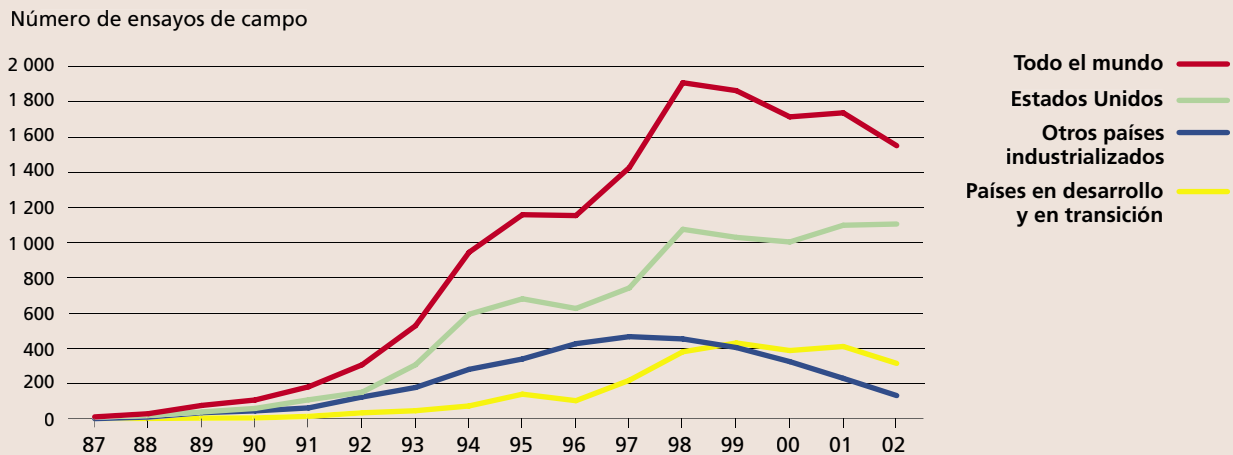
Desde 1987, año en que se aprobaron los primeros ensayos, se han realizado más de 11 000 ensayos de campo con más de 81 cultivos transgénicos diferentes (Figura 1 y Cuadro 4), pero sólo el 15 por ciento de ellos han tenido lugar en países en desarrollo o en transición². Esto se debe a la supuesta falta de potencial comercial de esos mercados y a las dificultades de sus gobiernos para establecer un sistema de reglamentación en materia de bioseguridad. El número de ensayos realizados en los países desarrollados y en transición ha aumentado en los últimos años, y para 2000 al menos 58 países habían notificado ensayos de campo con cultivos transgénicos (Pray, Courtmanche y Govindasamy, 2002). Algunos países han interrumpido los ensayos de campo durante cierto tiempo para reevaluar su sistema de bioseguridad.

Los datos relativos a los ensayos de campo (Cuadro 4 y Figuras 2 y 3) justifican el temor a que cultivos y características importantes para los países en desarrollo puedan ser

¹ No se dispone de datos detallados sobre ensayos de campo para todas las biotecnologías agrícolas. Esta sección se refiere únicamente a los ensayos con cultivos transgénicos.

² Esta fuente cuenta cada prueba realizada en una parcela como un ensayo independiente, por lo que un mismo organismo modificado genéticamente puede haber sido objeto de múltiples ensayos en un determinado país.

FIGURA 1
Ensayos de campo con cultivos transgénicos, por grupos de países



Fuente: Pray, Courtmanche y Govindasamy, 2002.

dejados de lado. Los cultivos de los que se obtienen alimentos básicos han sido objeto de pocas investigaciones aplicadas en materia de biotecnología, aunque en los últimos años han aumentado los ensayos de campo para el trigo y el arroz, que son los cultivos alimentarios más importantes en los países en desarrollo, y en 2000 se realizaron por vez primera ensayos con una variedad de yuca transgénica. También se han aprobado ensayos de campo para otros cultivos alimentarios básicos, como el banano, la batata, las lentejas y los altramuces, en uno o más países.

Casi dos tercios de los ensayos de campo que se realizan en los países industrializados y tres cuartos de los que se realizan en los países en desarrollo se centran en dos características, la tolerancia a herbicidas y la resistencia a insectos, o en una combinación de ambas (Figuras 2 y 3). Aunque la resistencia a insectos es una característica importante para los países en desarrollo, la resistencia a herbicidas puede que tenga menos interés en las zonas donde abunda la mano de obra agrícola. Por el contrario, características agronómicas de especial importancia para los países en desarrollo y las zonas de producción marginal, como el rendimiento potencial y la tolerancia a condiciones abióticas desfavorables (por ejemplo, la sequía y la salinidad) son objeto de muy pocos ensayos de campo en los países

industrializados y aún menos en los países en desarrollo.

Comercialización de cultivos transgénicos

En 2003 se producían cultivos transgénicos con fines comerciales en un total de 67,7 millones de hectáreas en 18 países, lo que representa un aumento con respecto a los 2,8 millones de hectáreas cultivadas en 1996 (Figura 4). Esta tasa de difusión global de la biotecnología resulta impresionante, pero su distribución ha sido muy desigual. Seis países, cuatro cultivos y dos características representan el 99 por ciento de la producción mundial de cultivos transgénicos (Figuras 5-7) (James, 2003).

Casi dos tercios de los cultivos transgénicos que se producen en el mundo se encuentran en los Estados Unidos. Aunque la superficie plantada de cultivos transgénicos en este país sigue creciendo, su proporción de la superficie mundial ha disminuido rápidamente, al haber incrementado Argentina, Brasil, Canadá, China y Sudáfrica sus plantaciones. Los otros 12 países donde se producían cultivos transgénicos en 2003 representaban conjuntamente menos del 1 por ciento del total mundial.

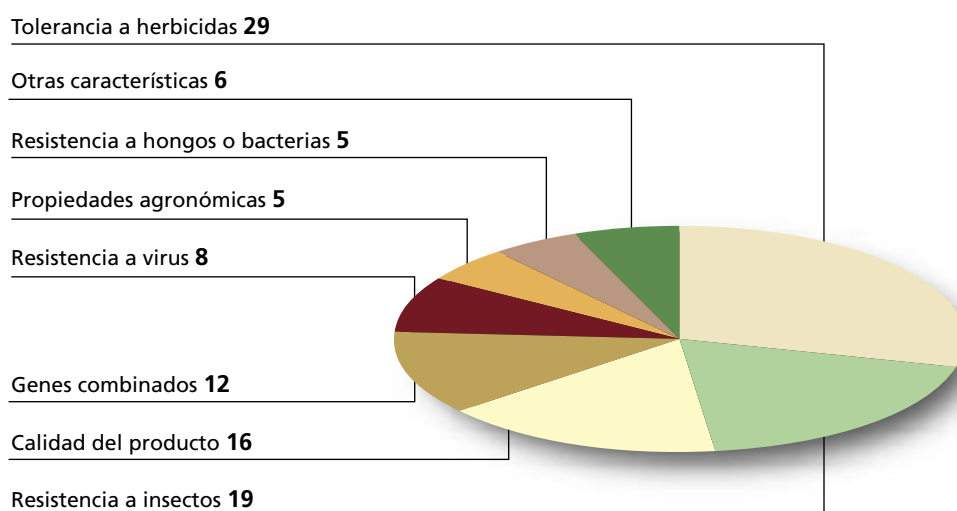
Los cultivos transgénicos más difundidos son la soja, el maíz, el algodón y la nabina. Las características más comunes son la tolerancia a herbicidas y la resistencia a

CUADRO 4
Ensayos de campo, por cultivos y regiones

	Maíz	Nabina	Papa	Soja	Algodón	Tomate	Remo- lacha	Tabaco	Trigo	Arroz	Otros cultivos	Total
NÚMERO TOTAL DE ENSAYOS	3 881	1 242	1 088	782	723	654	394	308	232	189	1 610	11 105
Estados Unidos y Canadá	2 749	826	770	552	407	494	118	194	190	102	1 087	7 489
Europa/ Nueva Zelandia/ Australia/Japón	452	366	227	20	72	89	237	61	23	36	316	1 901
Economías en transición	61	17	27	7	2	2	33	6	1	0	9	1 550
Países en desarrollo	619	33	64	203	242	69	6	47	18	51	198	1 550
PORCENTAJE DE TODOS LOS CULTIVOS	35	11	10	7	7	6	4	3	2	2	14	100
Estados Unidos y Canadá	37	11	10	7	5	7	2	3	3	1	15	100
Europa/ Nueva Zelandia/ Australia/Japón	24	19	12	1	4	5	13	3	1	2	17	100
Economías en transición	37	10	16	4	1	1	20	4	1	0	6	100
Países en desarrollo	40	2	4	13	16	5	0	3	1	3	13	100

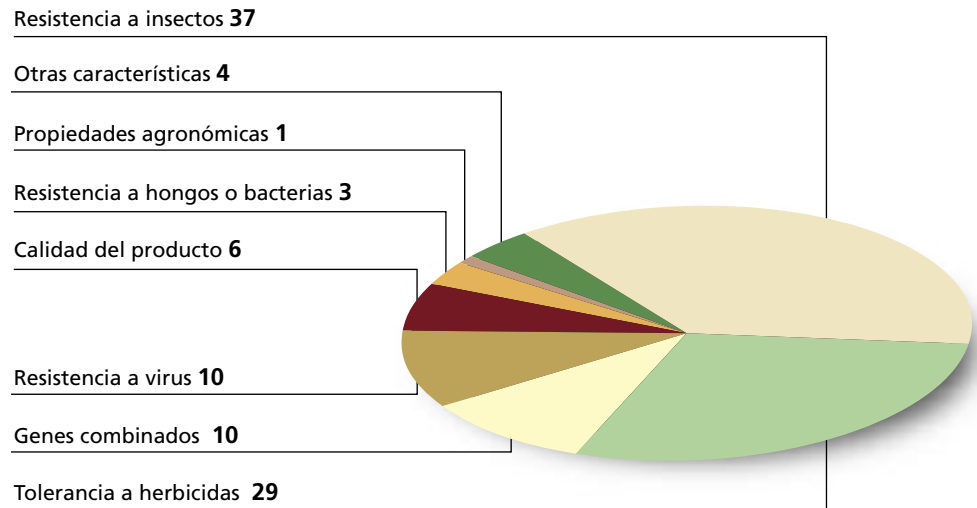
Fuente: Pray, Courtmanche y Govindasamy, 2002.

FIGURA 2
Características de los cultivos modificados genéticamente sometidas a ensayos en los países industrializados, 1987-2000 (porcentaje)



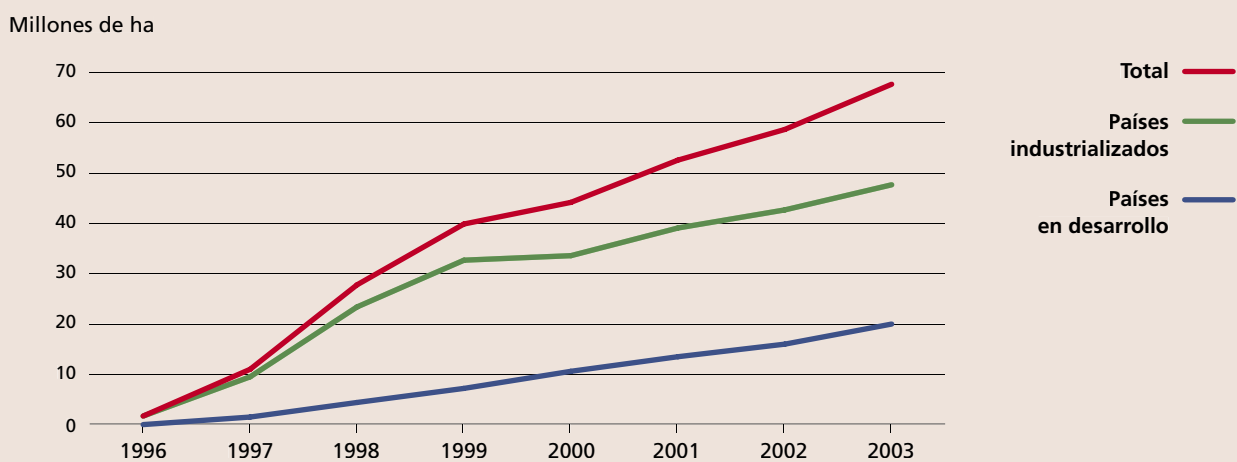
Fuente: Pray, Courtmanche y Govindasamy, 2002.

FIGURA 3
Características de los cultivos modificados genéticamente sometidas a ensayos en los países menos adelantados, 1987-2000 (porcentaje)



Fuente: Pray, Courtmanche y Govindasamy, 2002.

FIGURA 4
Superficie mundial plantada de cultivos transgénicos

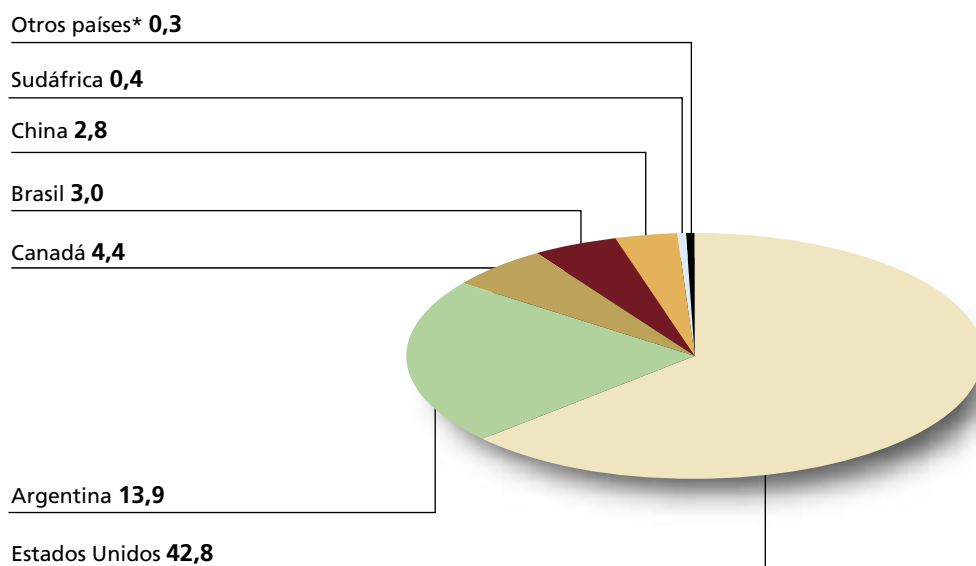


Fuente: James, 2003.

insectos. La soja y la nabina tolerantes a herbicidas ocupan actualmente el 55 por ciento y el 16 por ciento, respectivamente, de la superficie mundial plantada de esos productos. Las variedades transgénicas de

algodón y maíz actualmente cultivadas con fines comerciales incluyen características de resistencia a insectos y tolerancia a herbicidas, o una combinación de ambas, y representan el 21 y el 11 por ciento,

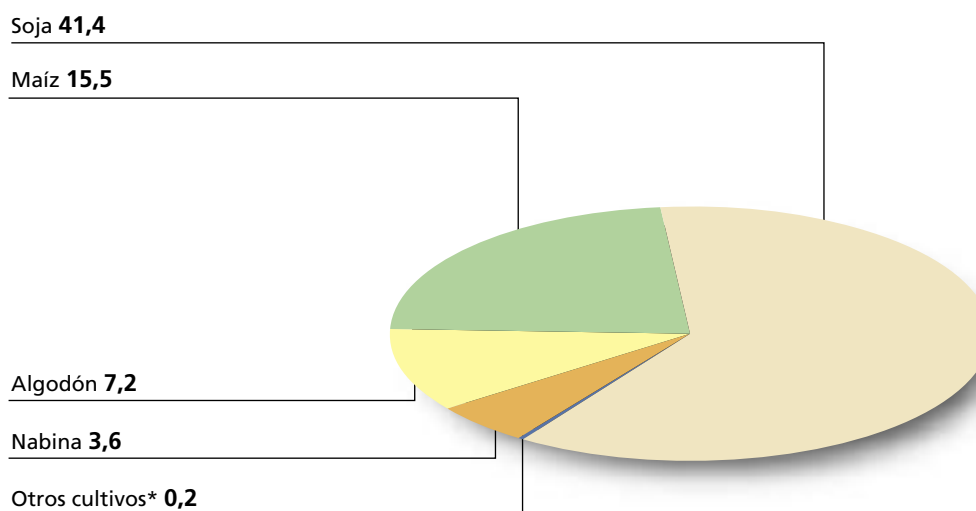
FIGURA 5
Superficie mundial plantada de cultivos transgénicos en 2002, por países
 (millones de ha)



* Alemania, Australia, Bulgaria, Colombia, España, Honduras, India, Indonesia, México, Rumania y Uruguay.

Fuente: James, 2003.

FIGURA 6
Superficie mundial plantada de cultivos transgénicos en 2002, por cultivos
 (millones de ha)

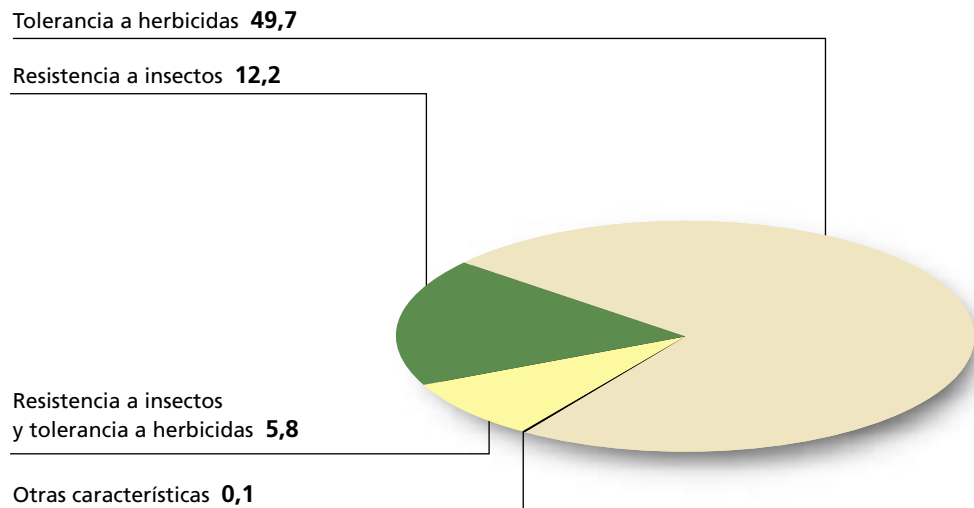


* Incluye la calabaza y la papaya.

Fuente: James, 2003.

FIGURA 7

Superficie mundial plantada de cultivos transgénicos en 2002, por características (millones de ha)



Fuente: James, 2003.

respectivamente, de la superficie total destinada a estos cultivos (James, 2003). También se cultivan con fines comerciales pequeñas cantidades de papayas y calabazas transgénicas resistentes a virus. En la actualidad no se producen comercialmente en ningún lugar del mundo variedades transgénicas de trigo o arroz, que son los principales cereales alimentarios.

Conclusiones

El desplazamiento de la investigación agrícola del sector público al sector privado transnacional ha tenido consecuencias importantes para los tipos de productos que se crean y comercializan. La investigación del sector privado se centra naturalmente en los cultivos y características de interés comercial para los agricultores de los países de ingresos más altos, con unos mercados de insumos agrícolas desarrollados y rentables. Los bienes públicos agrícolas, incluidos los cultivos y características de importancia para la agricultura de subsistencia en zonas marginales, revisten poco interés para las

grandes empresas transnacionales. ¿Podrán aprovecharse los países en desarrollo de los beneficios económicos indirectos que se derivan de los cultivos transgénicos creados y comercializados por el sector privado? ¿Qué prioridades deberían establecerse en la investigación para beneficiar más directamente a las personas pobres?

Una de las enseñanzas de la Revolución Verde fue que la tecnología agrícola podía ser transferida internacionalmente, en especial a los países que tenían suficiente capacidad nacional de investigación agrícola para adaptar los cultivares importados de alto rendimiento a las condiciones locales de producción. ¿Qué tipo de capacidad de investigación necesitan los países en desarrollo para beneficiarse de la Revolución Genética? Teniendo en cuenta la disminución progresiva de los fondos destinados a la investigación pública, ¿cómo se podrían movilizar más recursos para una investigación que favorezca a las personas pobres? ¿Cómo se podrían estructurar las asociaciones entre los sectores público y privado para aprovechar las ventajas de cada uno de ellos?

A diferencia de las variedades de alto rendimiento difundidas por la Revolución

Verde, los productos de la Revolución Genética están suscitando preocupación entre la opinión pública y tropezando con importantes obstáculos en el ámbito de la reglamentación y los mercados. ¿Cómo influyen estas cuestiones en la transferencia internacional de nuevas tecnologías? ¿Qué medidas normativas han de adoptarse para facilitar la circulación internacional de tecnologías?

Las variedades mejoradas que dieron origen a la Revolución Verde se difundieron libremente como bienes públicos internacionales. Muchas de las innovaciones de la Revolución Genética, por el contrario, están sujetas a patentes o licencias exclusivas. Aunque estas formas de protección de la propiedad intelectual han estimulado

enormemente la investigación privada en los países desarrollados, dicha protección puede limitar el acceso de otros investigadores a los instrumentos de la investigación. ¿Qué mecanismos institucionales se necesitan para promover la participación en la propiedad intelectual en el caso de la investigación de bienes públicos?

En la siguiente sección se retoman estas preguntas y se examinan los datos disponibles sobre cuestiones económicas (Capítulo 4) y científicas (Capítulo 5) relacionadas con los cultivos transgénicos y las preocupaciones de la opinión pública con respecto a su utilización (Capítulo 6). En la última sección se analizan medios para poner la biotecnología al servicio de las personas pobres.



Sección B: Datos disponibles hasta ahora

4. Repercusiones económicas de los cultivos transgénicos

Como toda innovación tecnológica en la agricultura, la de los cultivos transgénicos tendrá efectos económicos para los agricultores, los consumidores y el conjunto de la sociedad. En este capítulo se analizan los datos económicos que van apareciendo con respecto a las repercusiones que, en el ámbito de las explotaciones agrícolas y de toda la economía, está teniendo el cultivo transgénico que más se ha adoptado en los países en desarrollo: el algodón resistente a los insectos. Se reseñan también los estudios económicos examinados por especialistas de que se dispone acerca de la cuantía y distribución de los beneficios económicos derivados de la adopción del algodón resistente a los insectos en los Estados Unidos y en los cinco países en desarrollo donde se aprobó su producción comercial (Argentina, China, India, México y Sudáfrica). En otro estudio aparte se calculan las posibles consecuencias económicas del algodón transgénico para los agricultores de cinco países del África occidental en los que todavía no se ha aprobado (véase el Recuadro 16, pág. 62). Además de los estudios específicos sobre el algodón, se incluye en el capítulo un breve análisis de las repercusiones de carácter económico general de la soja tolerante a los herbicidas en la Argentina y los Estados Unidos, que son los mayores productores de dicho cultivo. En el Recuadro 13 se presenta un análisis preliminar de los posibles beneficios del «arroz dorado» para los consumidores.

Fuentes de las repercusiones económicas

Las repercusiones económicas generales de los cultivos transgénicos dependerán de una amplia gama de factores, tales como los efectos de la tecnología en las prácticas agronómicas y los rendimientos, el deseo de los consumidores de comprar alimentos y otros productos derivados de cultivos transgénicos, y los requisitos reglamentarios y costos correspondientes. A largo plazo, otros factores, como la concentración industrial en la producción y comercialización de la tecnología de cultivos transgénicos, podrán influir también en la medida y distribución de los beneficios económicos.

Es posible que los agricultores que adoptan la nueva tecnología, especialmente quienes la adoptaron antes, hayan conseguido beneficios gracias a la reducción de los costos de producción y al aumento de la producción. Otros agricultores podrían verse en desventaja competitiva según evolucionen las preferencias de los consumidores y los regímenes reglamentarios (véase el Capítulo 6). Si los consumidores aceptan en general los cultivos transgénicos y los requisitos reglamentarios no son demasiado onerosos, los agricultores que los adopten saldrán ganando y quienes no lo hagan perderán. En cambio, si crece la oposición de los consumidores, los agricultores que no los adopten podrían obtener de ello una ventaja

RECUADRO 13

Proyecciones sobre las repercusiones económicas del «arroz dorado» en Filipinas

El arroz dorado es un producto de ingeniería genética para obtener beta-caroteno, sustancia precursora de la vitamina A. El arroz dorado fue puesto a punto por investigadores de universidades de Alemania y Suiza (Ye *et al.*, 2000). Los propietarios de las patentes, que intervinieron en la ideación del arroz dorado, las han donado para fines humanitarios, lo que significa que los agricultores de países en desarrollo (cuyas ventas no alcancen el valor de 10 000 dólares EE.UU.) podrían cultivar y reproducir este arroz sin pagar derechos de tecnología.

La carencia de vitamina A afecta a más de 200 millones de personas en todo el mundo y se calcula que es la causa de 2,8 millones de casos de ceguera en niños menores de cinco años (FAO, 2000a). Se ha propuesto el arroz dorado para las poblaciones cuya dieta consiste fundamentalmente en arroz. Se aduce como crítica que se trata una solución costosa de alta tecnología a un problema que debería resolverse con la diversificación de la dieta y complementos alimenticios. Sus partidarios están de acuerdo en que lo ideal sería la diversificación de la dieta, pero aducen que esta meta es inalcanzable para los millones de personas que no pueden conseguir más que una dieta de subsistencia. ¿Es el arroz dorado un mecanismo económicamente eficiente para proporcionar a los pobres vitamina A?

Zimmermann y Qaim (2002) realizaron el primer estudio de las repercusiones económicas potenciales del arroz dorado en Filipinas. Se está adaptando actualmente ese producto a las condiciones de cultivo locales en el Instituto Internacional de Investigación sobre el Arroz (IRRI), con sede en Filipinas. Los autores estiman que el costo financiero inicial necesario para

crear el arroz dorado fue de unos 3 millones de dólares y que se necesitarán otros 10 millones para completar las investigaciones de adaptación en Filipinas y realizar las necesarias pruebas de seguridad. Por otra parte, consideran que con el consumo de este arroz se podrían evitar casi 9 000 nuevos casos de ceguera y 950 muertes al año solamente en Filipinas. Aplicando el índice de pérdidas económicas debidas a la salud y muerte prematura, elaborado por el Banco Mundial, los autores calculan en unos 137 millones de dólares los beneficios económicos potenciales en Filipinas. Esto representa un beneficio de 10 a 1 en relación con los costos totales de puesta a punto del arroz dorado y de 13 a 1, en relación con los costos marginales de la adaptación y prueba del producto específicamente para Filipinas.

Los autores reconocen que estas estimaciones dependen de una serie de parámetros que no se conocen con certeza, tales como el nivel de beta-caroteno producido en el arroz dorado, la cantidad de beta-caroteno que la gente podrá absorber de él, la eficacia de una dosis adicional de vitamina A para prevenir la enfermedad y el número de personas que podrían consumir el arroz dorado. Aún suponiendo cifras pesimistas para cada uno de estos factores, los autores estiman que los beneficios serían más que el doble que los costos de la adaptación y prueba del producto para el mercado filipino. Según los autores, el costo de otros tratamientos de la carencia de vitamina A en Filipinas asciende a unos 25 millones de dólares al año (complementos alimenticios y enriquecimiento con vitaminas), mientras que el arroz dorado no entrañaría costos recurrentes. Concluyen que este producto es una alternativa sostenible y de bajo costo a otros tratamientos.

competitiva y exigir un sobreprecio para los productos no modificados genéticamente.

Los consumidores se benefician en general de las innovaciones tecnológicas en la agricultura ya que bajan los precios y/o aumenta la calidad de los productos que compran. La cuestión relativa a los cultivos transgénicos es más complicada, al menos, por dos razones. En primer lugar, los requisitos reglamentarios, como el etiquetado obligatorio y la segregación en el mercado, podrían elevar los costos de producción y comercialización de los cultivos transgénicos e impedir que bajen los precios para el consumidor. Por otra parte, algunos consumidores se oponen fuertemente a la tecnología y podrían experimentar una pérdida de bienestar si se vieran obligados a consumir productos derivados de cultivos transgénicos o a comprar productos orgánicos más caros para evitarlos.

El efecto económico neto de los cultivos transgénicos en la sociedad es, por lo tanto, un concepto muy complejo y dinámico que no se mide fácilmente. En primer lugar, los cultivos transgénicos se adoptarán de forma generalizada solamente si proporcionan beneficios económicos a los agricultores. En los países en desarrollo, en particular, hay varios factores económicos e institucionales que influyen en la rentabilidad de los cultivos transgénicos para las explotaciones agrícolas, además de sus meras características agronómicas. Las investigaciones económicas empiezan a mostrar que los cultivos transgénicos pueden generar beneficios para la explotación agrícola en los casos en que resuelvan graves problemas de producción y los agricultores tengan acceso a nuevas tecnologías. Sin embargo, hasta ahora, estas condiciones se dan sólo en unos pocos países, que han podido aprovechar las innovaciones desarrolladas por el sector privado para los cultivos de climas templados del Norte. Además, tales países tienen todos ellos sistemas de investigación agraria, procedimientos reglamentarios sobre bioseguridad, regímenes de derechos de propiedad intelectual y mercados locales de insumos bien desarrollados en el ámbito nacional. Es posible que los países en los que no se dan estas condiciones queden excluidos de la revolución genética.

La literatura disponible sobre los efectos de los cultivos transgénicos en los países

en desarrollo es bastante limitada, sobre todo porque se producen sólo desde hace pocos años y en unos pocos países. Raramente se dispone de datos de más de dos o tres años y la mayoría de los estudios abarcan un número relativamente reducido de agricultores. Tamaños de muestra tan pequeños hacen que resulte especialmente difícil aislar el impacto de un cultivo transgénico de otras muchas variables que influyen en el rendimiento de los cultivos, tales como las condiciones meteorológicas, la calidad de la semilla y los plaguicidas, la densidad de las plagas y los conocimientos técnicos de los agricultores. Además, es posible que los agricultores necesiten varios años de experiencia con una nueva tecnología, como la del algodón resistente a los insectos, para poder utilizarla eficientemente. Un problema más al tratar de sacar conclusiones sólidas de estos primeros datos es que los primeros en adoptar cualquier tecnología agrícola suelen beneficiarse más que quienes la adoptan más tarde. Esto se debe a que los primeros consiguen una ventaja de costos con respecto a los demás, lo que supone una prima por su innovación. A medida que aumenta el número de los agricultores que adopta la tecnología, la reducción de los costos llega a traducirse en una reducción del precio del producto que beneficia a los consumidores, pero hace bajar los beneficios para los agricultores. Un tercer peligro en relación con los cultivos transgénicos es que, en su mayor parte, están controlados por unas pocas grandes empresas. Aunque tales empresas no parecen estar obteniendo beneficios de monopolio de las ventas de sus productos, al no haber una competencia ni una reglamentación eficaz, no hay ninguna garantía de que sigan haciéndolo en el futuro.

El algodón transgénico se cultiva ahora en un número suficientemente grande de países, en distintas condiciones institucionales y de mercado y por diferentes tipos de agricultores, lo que permite extraer conclusiones provisionales sobre los beneficios y problemas potenciales derivados del uso de cultivos transgénicos en los países en desarrollo. Aunque es arriesgado extrapolar los resultados de un país o cultivo a otros, los primeros datos relativos al algodón transgénico indican

RECUADRO 14

¿Qué es el algodón Bt y por qué se cultiva?

Se han introducido genes de la bacteria común del suelo *Bacillus thuringiensis* (Bt) en plantas de algodón, lo que las hace producir una proteína que es tóxica para determinados insectos. El algodón Bt es muy eficaz para combatir plagas de orugas, como la rosada del algodnero (*Pectinophora gossypiella*) y la de la cápsula del algodnero (*Helicoverpa zea*), y es parcialmente eficaz para combatir la oruga del brote del tabaco (*Heliothis virescens*) y la oruga negra (*Spodoptera frugiperda*). Estas plagas constituyen un problema importante en muchas zonas algodneras, pero hay otras plagas del algodón, como el gorgojo del algodnero, que no son susceptibles a la Bt y se siguen necesitando plaguicidas químicos para combatirlos (James, 2002b). Como consecuencia de ello, el efecto de la introducción del algodón Bt en la utilización de plaguicidas varía de una región a otra según las poblaciones de plagas locales.

Las primeras variedades de algodón Bt se introdujeron comercialmente por medio de un acuerdo de concesión de licencias entre el descubridor del gen, Monsanto, y la principal empresa americana de germoplasma del algodón, Delta and Pine Land Company (D&PL). Estas variedades contienen el gen *Cry1Ac* y se comercializan con el nombre comercial de Bollgard®. En 1997 se introdujeron en los Estados Unidos variedades con transgenes que proporcionan juntamente resistencia a los insectos y tolerancia a los herbicidas (Bt/TH). Monsanto recibió recientemente la aprobación reglamentaria en algunos mercados para un nuevo producto que

incorpora dos genes Bt, *Cry1Ac* y *Cry2Ab2*. Este producto denominado Bollgard II®, se comercializó en 2003. Se espera que la incorporación de dos genes Bt mejore la eficacia del producto y retrase el desarrollo de plagas resistentes.

Se hallan en el mercado de los Estados Unidos más de 35 variedades diferentes de algodón Bt y Bt/TH (datos del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos). Estas variedades y la mayoría de las variedades Bt existentes en todo el mundo contienen genes con licencia de Monsanto. China es una excepción, ya que se dispone de una fuente independiente de protección de Bt. La Academia China de Ciencias Agronómicas desarrolló un gen Bt modificado que es una fusión de los genes *Cry1Ac* y *Cry1Ab*. Además, dicha Academia aisló un gen del caupí, el *CpTi*, que produce resistencia a los insectos por medio de un mecanismo diferente. Ha unido también el gen *CpTi* con el gen de fusión Bt y los ha incorporado en más de 22 variedades localmente adaptadas para su distribución en las provincias de China. Se espera que las variedades con unión de genes, producidas por la Academia, retrasen el desarrollo de plagas resistentes. El gen *Cry1Ac* de Monsanto está también disponible en China a través de, al menos, cinco variedades producidas por D&PL (Pray *et al.*, 2002). En Argentina, México, Sudáfrica y otros países, todas las variedades de algodón Bt contienen el gen *Cry1Ac* de Monsanto, en muchos casos en variedades puestas a punto inicialmente para el mercado de los Estados Unidos.

La producción de algodón convencional

que los pequeños productores con escasez de recursos de los países en desarrollo pueden obtener notables beneficios de la adopción de los cultivos transgénicos en términos de rendimientos efectivos más elevados y más estables, menor gasto en plaguicidas y reducción de los riesgos para la salud derivados de la exposición a los plaguicidas químicos. Para confirmar

estos resultados preliminares, se necesitan estudios de larga duración, que evalúen cuidadosamente la densidad de las plagas, el rendimiento de los cultivos, el comportamiento de los agricultores y los beneficios económicos. Los estudios de casos que se presentan a continuación indican que los factores más importantes para asegurar que los agricultores tengan acceso

depende decisivamente de los plaguicidas químicos para combatir las orugas y otras clases de insectos. Se estima que la producción algodoneira consume alrededor del 25 por ciento de los plaguicidas agrícolas utilizados en todo el mundo, incluyendo algunos de los más tóxicos. Hidrocarburos clorados (como el DDT) se utilizaron ampliamente en la producción algodoneira hasta su prohibición en los decenios de 1970 y 1980 por razones sanitarias y ambientales. Los productores de algodón sustituyeron entonces el DDT con organofosfatos, muchos de los cuales son también muy tóxicos. En muchas regiones las plagas crearon rápidamente resistencia a los organofosfatos, lo que hizo que en los decenios de 1980 y 1990 se generalizara el uso de piretroides que son menos tóxicos que los organofosfatos. Las plagas no tardaron en ofrecer resistencia a los piretroides, y la resistencia múltiple a los productos químicos llegó a ser un grave problema en muchas regiones productoras. En zonas donde la oruga de la cápsula del algodón es la principal plaga y se plantea el problema de su resistencia a los productos químicos, las variedades de algodón Bt han contribuido a reducir espectacularmente el empleo de plaguicidas.

Una importante ventaja del Bt con respecto a la lucha química contra las plagas, desde el punto de vista de la producción, es que la lucha mediante el Bt está siempre en acto en la planta. Dado que los agricultores aplican los métodos químicos sólo después de observar la presencia de plagas en las

plantas del algodón, para cuando los apliquen habrán ocurrido ya algunos daños. La eficacia de los insecticidas químicos, a diferencia del Bt transgénico, depende también de las condiciones meteorológicas, ya que la lluvia puede arrastrar el producto. El algodón Bt ofrece a los agricultores una certeza mayor de combatir las plagas ya que es eficaz contra insectos que han creado resistencia a los plaguicidas químicos disponibles. Por ello, las variedades Bt tienen rendimientos superiores en una amplia gama de condiciones de cultivo (Fernández-Cornejo y McBride, 2000). La diferencia de rendimientos estimada entre el algodón Bt y el convencional varía mucho en el tiempo y el espacio debido a que las infestaciones de insectos son muy diversas. El mayor rendimiento relativo del algodón Bt se obtiene en condiciones en que la presión de las plagas es más fuerte y se ha generalizado la resistencia a los plaguicidas químicos.

La principal preocupación con respecto a la utilización de algodón Bt es la posibilidad de que las plagas manifiesten resistencia al Bt, lo mismo que a los plaguicidas químicos. Esto constituiría un grave problema para los productores de algodón orgánico que utilicen exclusivamente el Bt para combatir las plagas. La generalización de la resistencia al Bt reduciría la eficacia de esta opción. La gestión de la resistencia a las plagas es una parte importante del proceso de aprobación reglamentaria del algodón transgénico. Se trata más en detalle esta cuestión en el Capítulo 5.

a los cultivos transgénicos en condiciones económicas favorables y con una supervisión reglamentaria apropiada, son:

- suficiente capacidad nacional de investigación para evaluar y adaptar las innovaciones;
- sistemas activos, públicos y/o privados, de entrega de insumos;
- procedimientos fiables y transparentes de bioseguridad, y

- políticas equilibradas de derechos de propiedad intelectual.

Adopción mundial del algodón resistente a los insectos

El algodón transgénico, que contiene un gen de la bacteria *Bacillus thuringiensis* (Bt) resistente a determinadas plagas de insectos

CUADRO 5
Superficie cultivada con algodón Bt y Bt/TH en 2001

País	(miles de ha) Superficie
Estados Unidos	2 400
China	1 500
Australia	165
México	28
Argentina	9
Indonesia	4
Sudáfrica	30
Total	4 300 ¹

¹ El total no corresponde a la suma de las cifras de los países porque se han redondeado éstas y se han hecho estimaciones.

Fuente: James, 2002b.

(Recuadro 14), se cultivó por primera vez en Australia, México y los Estados Unidos en 1996 y, posteriormente, se ha introducido comercialmente en otros seis países: Argentina, China, Colombia, India, Indonesia y Sudáfrica (Cuadro 5). La superficie total sembrada con variedades de algodón Bt y variedades que son a la vez Bt y tolerantes a los herbicidas (Bt/TH) aumentó de menos de 1 millón de ha en 1996 a 4,6 millones en 2002 (en 2002 se cultivó algodón tolerante a los herbicidas en otros 2,2 millones de ha). Las variedades de algodón Bt y Bt/TH se cultivaron aproximadamente en un 15 por ciento de la superficie dedicada al algodón en todo el mundo en 2002, frente a solamente el 2 por ciento en 1996.

La adopción del algodón Bt es muy distinta en las diversas regiones productoras de China, México, los Estados Unidos y otros lugares, según los problemas particulares de cada una de ellas en la lucha contra las plagas. Las variedades de algodón Bt han sido aceptadas rápidamente por los agricultores en zonas donde la oruga de la cápsula es el problema principal, especialmente cuando la resistencia a los plaguicidas químicos es elevada. Cuando hay densas poblaciones de otras plagas, los agricultores utilizan una mezcla de productos químicos de amplio espectro que sirven también para combatir las orugas, lo que reduce el valor de la lucha con el Bt.

Repercusiones económicas del algodón transgénico

Las principales consecuencias económicas de los actuales cultivos transgénicos para las explotaciones agrícolas son el resultado de los cambios en la utilización de insumos y en los daños causados por las plagas. Si las nuevas semillas reducen la necesidad de pulverizaciones con productos químicos, como puede ocurrir con los cultivos resistentes a las plagas, es posible que los agricultores gasten menos dinero en productos químicos y dediquen menos tiempo y esfuerzos a aplicarlos. Si las nuevas semillas proporcionan una protección más eficaz contra las malezas y las plagas, los rendimientos efectivos de los cultivos serán mayores³. Estos ahorros en gastos y aumentos de producción pueden traducirse en mayores beneficios netos en la explotación agrícola. Las ganancias económicas en la explotación dependen de los costos y rendimientos de la nueva tecnología en comparación con los de otras prácticas posibles.

La consideración de las repercusiones en toda la economía y en la distribución de los beneficios causadas por la introducción de variedades transgénicas debe incluir también el hecho de que los agricultores pueden acrecentar la producción debido a que la nueva tecnología reduce su costo. Esta respuesta de la oferta puede presionar a la baja de los precios, lo que beneficiaría a los consumidores que, en tal caso, aumentarían su demanda del producto. A medida que cambian las compras de semillas y otros insumos que realizan los agricultores, pueden cambiar también los precios de tales artículos, especialmente si el suministrador de los mismos ejerce un monopolio en el mercado. Estas fuerzas de toda la economía influirán en la medida general de los beneficios económicos y en la distribución de los mismos entre los agricultores, los consumidores y la industria.

³ Cuando en este capítulo se habla de rendimientos, se trata de rendimientos reales o efectivos en oposición a rendimientos agronómicos potenciales. El rendimiento real o efectivo tiene en cuenta las pérdidas causadas por las plagas.

CUADRO 6
Adopción del algodón Bt por los agricultores de los Estados Unidos,
por estados, 1998-2001

	(Porcentaje)			
	1998	1999	2000	2001
Alabama	61	76	65	63
Arizona	57	57	56	60
Arkansas	14	21	60	60
California	5	9	6	6
Carolina del Norte	4	45	41	52
Carolina del Sur	17	85	70	79
Florida	80	73	75	72
Georgia	47	56	47	43
Luisiana	71	67	81	84
Misisipi	60	66	75	80
Misuri	0	2	5	22
Nuevo México	38	32	39	32
Oklahoma	2	51	54	58
Tennessee	7	60	76	85
Texas	7	13	10	13
Virginia	1	17	41	30

Fuente: USDA-AMS, varios años.

Repercusiones económicas en los Estados Unidos

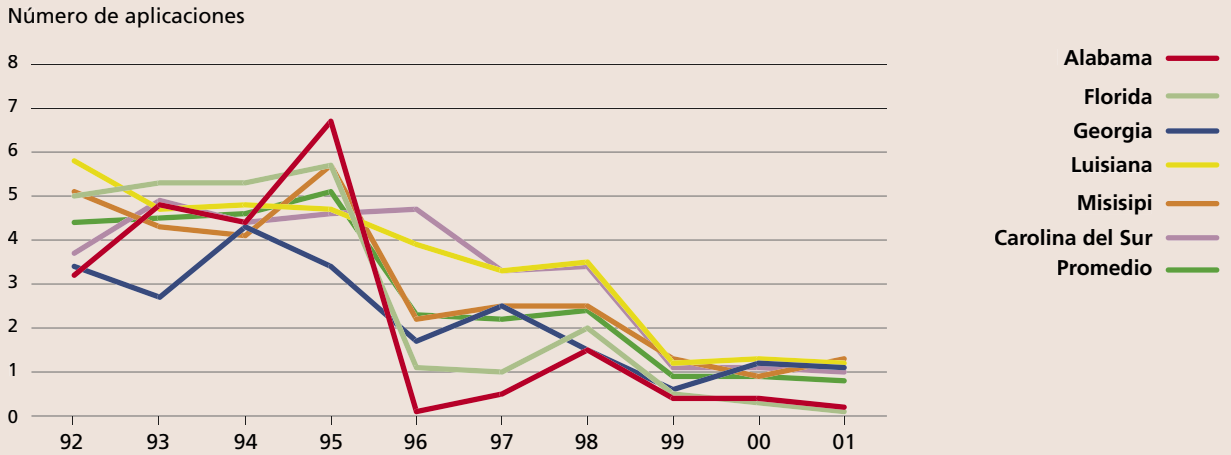
En el primer año en que se dispuso comercialmente en los Estados Unidos del algodón Bt, éste se sembró en unas 850 000 ha o el 15 por ciento de la superficie total dedicada al producto en el país. En 2001, se sembró con variedades de algodón Bt y Bt/TH un 42 por ciento de la superficie algodонера (USDA-AMS, varios años). Estados Unidos sigue siendo el mayor productor de algodón Bt y Bt/TH, pero el porcentaje de la superficie mundial cultivada con algodón transgénico correspondiente a este país disminuyó del 95 por ciento en 1996 al 55 por ciento en 2001, al aumentar su cultivo en otros países.

Los agricultores estadounidenses adoptaron muy rápidamente el algodón Bt, especialmente en los estados del sur donde la presión de las plagas es elevada y donde más acentuada es la resistencia a los plaguicidas químicos (Cuadro 6). La adopción del

algodón Bt ha tenido grandes repercusiones en el uso de plaguicidas en los Estados Unidos. El promedio de aplicaciones de plaguicidas contra las orugas de la cápsula ha disminuido de 4,6 en 1992-95 a 0,8 en 1999-2001 (Figura 8). Carpenter y Gianessi (2001) y Gianessi *et al.* (2002) estiman que la utilización media anual de plaguicidas en el algodón en los Estados Unidos ha disminuido en aproximadamente 1 000 toneladas de ingrediente activo.

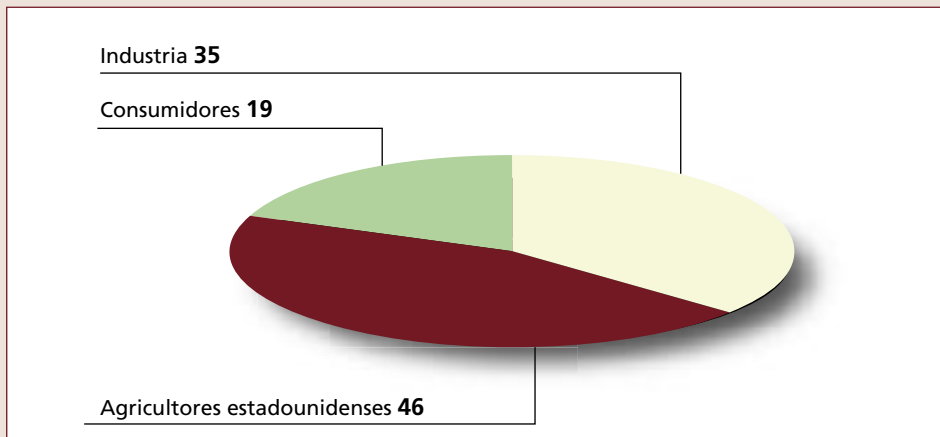
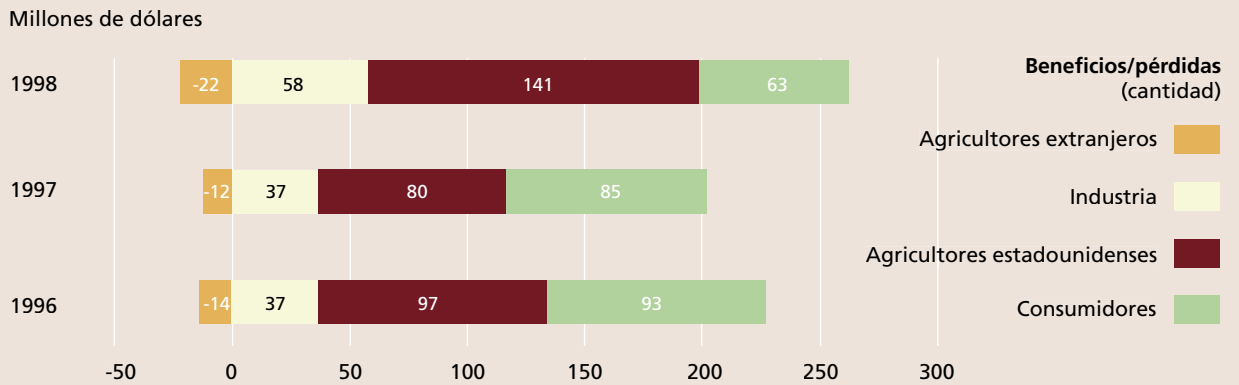
Falck-Zepeda, Traxler y Nelson (1999, 2000a, 2000b) calcularon los efectos anuales de la adopción del algodón Bt en los Estados Unidos por los productores, consumidores, suministradores de germoplasma estadounidenses y extranjeros de algodón en el período 1996-98 utilizando un modelo uniforme de excedente económico (Alston, Norton y Pardey, 1995). La cantidad y distribución estimadas de los beneficios de la introducción del algodón Bt varían de un año a otro; por ello también se indican en la

FIGURA 8
Aplicaciones de plaguicidas para combatir a la vez la oruga del brote y la oruga de la cápsula en determinados estados de los Estados Unidos, 1992-2001



Fuente: Falck-Zepeda, Traxler y Nelson, 1999.

FIGURA 9
Distribución de los beneficios de la adopción de algodón Bt en los Estados Unidos, 1996-98



Fuente: Falck-Zepeda, Traxler y Nelson, 1999, 2000a, 2000b.

Figura 9 promedios del período 1996-98. Los ingresos netos de los productores algodoneros de los Estados Unidos aumentaron en total unos 105 millones de dólares EE.UU. al año como consecuencia de la adopción del Bt, que redujo sus costos de producción y elevó los rendimientos efectivos. La industria –principalmente Monsanto y D&PL– ganó unos 80 millones de dólares gracias a las ventas de la tecnología Bt. El aumento de la producción de algodón redujo los precios al consumidor, dando lugar a beneficios de unos 45 millones de dólares al año para los consumidores de los Estados Unidos y otros lugares. Los agricultores de otros países perdieron alrededor de 15 millones de dólares debido al descenso de los precios de producción del algodón. El total de los beneficios anuales netos fue en promedio de unos 215 millones de dólares, que se repartieron de la forma siguiente: un 46 por ciento para los agricultores estadounidenses, un 35 por ciento para la industria y un 19 por ciento para los consumidores de algodón. Las pérdidas para los productores extranjeros fueron inferiores al 1 por ciento del beneficio total neto generado por la adopción del algodón Bt en los Estados Unidos.

Repercusiones económicas del algodón transgénico en los países en desarrollo

Se han realizado estudios de campo sobre el rendimiento del algodón Bt en cinco países en desarrollo durante períodos de uno a tres años: Argentina (Qaim y de Janvry, 2003), China (Pray *et al.*, 2002), India (Qaim y Zilberman, 2003), México (Traxler *et al.*, 2003) y Sudáfrica (Bennett, Morse e Ismael, 2003). Los resultados de estos estudios se resumen en el Cuadro 7 y se examinan a continuación. Si bien las variedades de algodón Bt dieron mayores rendimientos medios, tales variedades permitieron reducir el uso de plaguicidas y proporcionaron beneficios netos superiores en relación con sus homólogos convencionales en todos los países en desarrollo en los que se hicieron estudios; en estos países los rendimientos tanto del algodón Bt como del convencional están sujetos a un grado elevado de variabilidad estacional y entre distintos terrenos. Por ello, no es posible extraer conclusiones sólidas basándose en datos de dos o tres años y de unos pocos centenares

de agricultores. Aunque los datos disponibles y la rapidez con que los agricultores están adoptando el algodón Bt indican que obtienen beneficios de él, es demasiado pronto para evaluar de forma concluyente la cuantía y estabilidad de los rendimientos de las variedades Bt en comparación con las convencionales, ya que dependen, entre otras cosas, de las infestaciones de plagas y las prácticas agronómicas, las cuales varían ampliamente.

Se han estudiado las repercusiones en la distribución de los beneficios del algodón Bt en Argentina (Qaim y de Janvry, 2003), China (Pray y Huang, 2003), México (Traxler *et al.*, 2003) y Sudáfrica (Kirsten y Gouse, 2003). Los datos disponibles indican que las variedades de algodón transgénico son indiferentes a la escala de las operaciones tanto en lo que respecta a la rapidez de la adopción como a los beneficios por hectárea. En otras palabras, los pequeños agricultores tienen una probabilidad igual o mayor que los grandes de beneficiarse del algodón Bt. Esto no es sorprendente debido a la forma en que las variedades de algodón Bt simplifican la labor de los agricultores. Qaim y Zilberman (2003) sostienen que es probable que el rendimiento relativo del algodón Bt sea mayor cuando lo utilizan los pequeños agricultores de países en desarrollo donde la presión de las plagas es elevada y hay menos posibilidad de combatirlas con medios químicos, debido a que estos agricultores suelen sufrir grandes pérdidas causadas por las plagas. Apoyan esta idea los datos internacionales disponibles hasta la fecha, que muestran que los mayores aumentos de rendimientos se han obtenido en Argentina, China y la India.

Argentina

Qaim y de Janvry (2003) estudiaron la cuestión del algodón Bt en Argentina durante dos temporadas de cultivo, 1999/2000 y 2000/01. El algodón Bt fue homologado por primera vez en Argentina en 1998 por la CDM Mandiyú SRL, empresa mixta privada compuesta por Monsanto, Delta and Pine Land Company (D&PL) y la empresa argentina Ciagro. Las variedades Bt comercializadas en Argentina se habían creado en un principio para el mercado de los Estados Unidos. La tecnología del algodón Bt está patentada en Argentina y los agricultores tienen que

RECUADRO 15

Soja tolerante a los herbicidas en Argentina y los Estados Unidos

Los cultivos tolerantes a los herbicidas obtenidos por ingeniería genética tienen un gen procedente de la bacteria del suelo *Agrobacterium tumefaciens*, que los hace tolerantes a una amplia gama del glifosato herbicida. Mediante esta tecnología flogenética se puede facilitar la gestión de las malas hierbas en los campos de los agricultores y reducir los costos de producción sustituyendo con el glifosato otros herbicidas más caros (y más tóxicos). Se simplifica la periodicidad y la elección de los herbicidas para los cultivos tolerantes a los herbicidas debido a que el glifosato combate eficazmente tanto las malas hierbas de hoja ancha como las gramíneas y puede aplicarse oportunamente en muchos momentos. La tolerancia al herbicida para distintos cultivos fue puesta a punto por Monsanto con el nombre de RoundupReady® (RR).

La soja RR se distribuyó comercialmente en Argentina y los Estados Unidos en 1996. La venta y utilización de la tecnología RR están protegidas en los Estados Unidos por patentes y por un contrato de venta con los agricultores, pero no se aplica ninguna de estas formas de protección de la propiedad intelectual en Argentina. Por ello, en este país, la soja RR puede

conseguirse fácilmente de fuentes distintas de Monsanto, y los agricultores pueden utilizar legalmente semillas reservadas en su explotación. Así pues, los agricultores argentinos pagan un sobreprecio relativamente pequeño, del 30 por ciento aproximadamente, por la tecnología RR, mientras que los estadounidenses pagan por término medio un 43 por ciento más (datos de la General Accounting Office de los Estados Unidos, 2000). La adopción procedió rápidamente en ambos países. Se estima que, en 2002, se cultivaron con semillas RR el 99 y el 75 por ciento, respectivamente, de la superficie dedicada a la soja en Argentina y los Estados Unidos (James, 2002a).

Los rendimientos de la soja RR no son muy diferentes de los obtenidos con la convencional tanto en Argentina como en los Estados Unidos, pero la reducción de los costos de los herbicidas y la escarda genera beneficios en la explotación agrícola. Muchos agricultores empezaron a utilizar prácticas de poco o incluso ningún laboreo gracias a la adopción de la soja RR, lo que redujo también los costos en maquinaria y mano de obra y contribuyó a mejorar la conservación de los suelos. También los costos de la recolección son inferiores debido a la

pagar derechos por aplicarla. Según la ley argentina, los agricultores pueden reservar y reproducir semillas para otra campaña antes de que se les exija comprar material nuevo certificado. Sin embargo, Mandiyú exige a los agricultores firmar contratos especiales de compra que les prohíben utilizar semillas reservadas en la explotación para el algodón Bt. A diferencia de otros países (o de lo que ocurre con la soja TH en Argentina), la adopción del algodón Bt ha sido lenta y, en 2001, se cultivó con él un 5 por ciento solamente de la superficie algodonera total del país.

Los rendimientos del algodón Bt en Argentina fueron en promedio 531 kg/ha (33 por ciento) más altos que los de las variedades convencionales. Qaim y de

Janvry (2003) señalan que las variedades convencionales cultivadas en Argentina están de hecho mejor adaptadas a las condiciones locales y tienen rendimientos potenciales agronómicos más altos que las Bt, por lo que la diferencia en los rendimientos, atribuible a que las Bt sufrieron menos daños de plagas, sería incluso mayor que el 33 por ciento. Como hubo pocas diferencias entre los precios de mercado del algodón Bt y del no Bt, el aumento de los rendimientos de las variedades Bt dio lugar a un incremento medio del 34 por ciento en los ingresos brutos. El número de aplicaciones de plaguicidas fue menor y los gastos en plaguicidas se redujeron casi a la mitad. En cambio, los gastos en semillas fueron seis veces superiores para las variedades Bt

menor incidencia de malezas verdes (Qaim y Traxler, 2004).

En Argentina, el costo variable total de producción es un 8 por ciento (21 dólares/ha) menor con la soja RR que con la convencional. Los resultados son menos claros en los Estados Unidos. Moschini, Lapan y Sobolevsky (2000) calcularon una ventaja en cuanto al costo de 20 dólares/ha en 2000 para los Estados Unidos en conjunto, y Duffy (2001) determinó reducciones insignificantes de los costos en Iowa en 1998 y 2000. Tomando el promedio de todas estas fuentes, resulta que la reducción de los costos en los Estados Unidos es semejante a la obtenida en Argentina.

Qaim y Traxler (2004) calcularon que la soja RR aportó beneficios económicos por valor de más de 1 200 millones de dólares en 2001, es decir, alrededor del 4 por ciento del valor de la cosecha mundial de soja. Los consumidores de soja de todo el mundo obtuvieron un beneficio de 652 millones de dólares (53 por ciento de los beneficios totales) como consecuencia de la reducción de los precios. Las empresas de semillas recibieron 421 millones de dólares (34 por ciento) como ingresos por tecnología¹, en su mayor parte procedentes del mercado

de los Estados Unidos. Los productores de soja de Argentina y los Estados Unidos obtuvieron beneficios de más de 300 y 145 millones de dólares, respectivamente, mientras que los productores de países donde no se dispone de la tecnología RR se enfrentaron con pérdidas de 291 millones de dólares en 2001, debido al descenso inducido en los precios del mercado mundial, que fue del 2 por ciento aproximadamente (4,06 dólares por tonelada). Los agricultores, en conjunto, obtuvieron un beneficio de 158 millones de dólares, el 13 por ciento de las ganancias económicas totales producidas por el uso de la tecnología.

¹ Lo mismo que en los estudios sobre el algodón, se utilizaron los ingresos brutos aportados por la tecnología como medida del rendimiento del monopolio. No se dedujo ningún costo de investigación, comercialización o administración. Si se supone, por ejemplo, que estos últimos costos representan un 33 por ciento de los ingresos de los derechos de la tecnología, el rendimiento del monopolio descendería a unos 280 millones de dólares (26 por ciento del excedente total).

que para las convencionales, por lo que los costos variables fueron un 35 por ciento más elevados. Los ingresos netos fueron mayores para las variedades Bt que para las no Bt, pero por un valor absoluto bastante pequeño y con un margen notablemente menor que en otros países.

Qaim y de Janvry (2003) concluyen que los costos elevados de las semillas son la razón principal de que sean relativamente bajos los márgenes de beneficio para la explotación agrícola que produce el Bt en Argentina, lo que, a su vez, explica la baja tasa de adopción de este algodón en comparación con la rápida adopción de la soja TH en este país (Recuadro 15). Dichos autores utilizan un método de valoración contingente para estimar que el precio que los agricultores

argentinos desearían pagar por las semillas Bt es inferior a la mitad del actual. Con ese precio, los ingresos netos de los agricultores aumentarían notablemente, pero serían también mayores los ingresos de la empresa debido a que los agricultores comprarían más semillas. Esta conclusión plantea una cuestión importante con respecto a la razón por la que Mandiyú pone precios más altos que el nivel de máximo beneficio. Los autores conjeturan que es posible que la empresa reciba presiones para mantener los precios de la tecnología del algodón Bt en niveles comparables a los de los Estados Unidos. Se plantean también preocupaciones con respecto a que los monopolios privados puedan seguir extrayendo beneficios excesivos de los agricultores durante mucho

CUADRO 7
Diferentes rendimientos del algodón Bt y el convencional

	Argentina	China	India	México	Sudáfrica
RENDIMIENTO EN FIBRA					
(kg/ha)	531	523	699	165	237
(Porcentaje)	33	19	80	11	65
PULVERIZACIONES QUÍMICAS (núm.)	-2,4	...	-3,0	-2,2	...
INGRESO BRUTO					
(\$EE.UU./ha)	121	262	...	248	59
(Porcentaje)	34	23	...	9	65
LUCHA CONTRA LAS PLAGAS					
(\$EE.UU./ha)	-18	-230	-30	-106	-26
(Porcentaje)	-47	-67	...	-77	-58
COSTOS DE SEMILLAS					
(\$EE.UU./ha)	87	32	...	58	14
(Porcentaje)	530	95	...	165	89
COSTOS TOTALES					
(\$EE.UU./ha)	99	-208	...	-47	2
(Porcentaje)	35	-16	...	-27	3
BENEFICIO					
(\$EE.UU./ha)	23	470	...	295	65
(Porcentaje)	31	340	...	12	299

Fuentes:

Argentina: Qaim y de Janvry, 2003. Los datos se basan en una encuesta sobre 299 agricultores de dos de las principales provincias productoras, con promedios de dos campañas de cultivo, 1999/2000 y 2000/01.

China: Pray *et al.* (2002). Los datos se basan en encuestas sobre explotaciones en todas las provincias productoras de algodón donde se dispuso de variedades Bt, con promedios de tres temporadas de cultivo, 1999-2001. El número de parcelas cultivadas con algodón Bt y no Bt fue de 337 y 45, respectivamente, en 1999, de 494 y 122 en 2000, y de 542 y 176 en 2001.

India: Qaim y Zilberman, 2003. Los datos se basan en ensayos de campo realizados en siete estados indios durante la temporada de cultivo, 2001. Los ensayos incluían 157 parcelas de algodón Bt y otras tantas del convencional no Bt.

México: Traxler *et al.*, 2003. Los datos se basan en encuestas sobre explotaciones agrícolas en la Comarca Lagunera, con promedios de dos temporadas de cultivo, 1997 y 1998.

Sudáfrica: Bennett, Morse e Ismael, 2003. Los datos se basan en registros y encuestas de explotaciones agrícolas en las llanuras de Makhathini, con promedios de tres temporadas de cultivo, 1998/99-2000/01. Se examinaron registros de 1 283 explotaciones (89 por ciento de todas las de la zona) en 1998/99, 441 en 1999/2000 y 499 en 2000/01.

tiempo a falta de una competencia o de limitaciones normativas apropiadas al monopolio.

China

En China más de 4 millones de pequeños agricultores cultivan el algodón Bt en un 30 por ciento de la superficie algodонера total. La parte correspondiente a China de la superficie cultivada con algodón Bt en todo el mundo ha aumentado considerablemente desde que comenzó a comercializarse la variedad en 1997, ascendiendo a más del

35 por ciento en 2001. Pray *et al.* (2002) encuestaron a los productores de algodón de China durante tres temporadas, de 1999 a 2001. Se realizaron las encuestas en las principales provincias algodoneras, en las que se disponía tanto de variedades Bt, como no Bt. En la encuesta inicial se incluyó a agricultores de las provincias de Hebei y Shandong. La adopción ha avanzado rápidamente en estas provincias debido a que la oruga de la cápsula es la plaga principal y se ha generalizado una grave resistencia a los plaguicidas químicos.

CUADRO 8

Distribución de los beneficios de la adopción del algodón Bt, por tamaño de la explotación o categoría de ingresos, en China, 1999

	Bt en porcentaje de las observaciones	(kg/ha)	(\$EE.UU./ha)	(\$EE.UU./ha)
		Aumento de rendimientos	Cambio en el costo total	Cambio en los ingresos netos
TAMAÑO DE LA EXPLOTACIÓN				
0,0-0,47 ha	86	410	-162	401
0,47-1 ha	85	-134	-534	466
Más de 1 ha	87	-124	-182	185
INGRESOS DEL HOGAR (\$EE.UU.)				
1-1 200	85	170	-302	380
Más de 1 200	91	65	-54	157
INGRESOS PER CÁPITA (\$EE.UU.)				
1-180	85	456	-215	446
180-360	83	8	-284	303
Más de 360	97	-60	1	-15

Nota: Todos los valores monetarios se han convertido de yuan renminbi en dólares EE.UU., al tipo de cambio oficial de: 1,00 dólar EE.UU. = 8,3 ¥RMB.

Fuente: Pray and Huang, 2003.

La adopción asciende al 100 por ciento en Hebei y supera el 80 por ciento en Shandong. En 2000 se incluyó en la encuesta la provincia de Henan. En ella la adopción se ha limitado a un 30 por ciento aproximadamente, pese a los graves daños causados por la oruga de la cápsula, debido, al parecer, a que los agricultores no tienen acceso a las mejores variedades Bt. En 2001 se introdujeron en el estudio las provincias de Anhui y Jiangsu, en las cuales la adopción había comenzado más tarde y más lentamente debido en parte a que en ellas es más grave el problema de la araña roja (que no es susceptible al Bt).

En China, el aumento de los rendimientos del algodón Bt fue por término medio de 523 kg/ha o del 19 por ciento, en comparación con las variedades convencionales, en el período de tres años de 1999 a 2001. Esto se tradujo en un aumento medio de los ingresos del 23 por ciento. Los costos de las semillas de las variedades Bt eran casi el doble de los de las variedades convencionales. Sin embargo, en comparación con lo que ocurre en Argentina, este sobrepeso es bastante bajo, lo que, según Pray et al. (2002), se debe a la

presencia de una fuerte competencia en el mercado entre las variedades de la Academia China de las Ciencias Agrarias, creadas por el sector público, y las obtenidas de Monsanto. Contrarrestó el sobrepeso de las semillas la disminución de un 67 por ciento del gasto en plaguicidas, con lo que los costos totales fueron un 16 por ciento menores que para el algodón convencional. Por término medio, los beneficios totales fueron de 470 dólares más por hectárea para los productores de variedades Bt que para los de variedades no Bt, los cuales perdieron de hecho dinero en cada uno de los tres años.

Pray et al. (2002) estiman que los productores de algodón Bt de China utilizaron en promedio 43,8 kg/ha de plaguicidas químicos menos que los productores de algodón convencional. Las mayores reducciones se registraron en las provincias de Hebei y Shandong, donde la plaga principal son las orugas. La reducción del uso de plaguicidas se tradujo en un gasto menor en productos químicos y mano de obra para la pulverización, pero se determinaron también otros beneficios para el medio ambiente y la salud humana.

Se estima que el cultivo del algodón Bt permitió utilizar en China 78 000 toneladas menos de plaguicidas en 2001, cifra equivalente a un cuarto de la cantidad total de plaguicidas químicos utilizados en el país en un año normal. Como los productos químicos se suelen aplicar en China con pulverizadores de mochila y los agricultores raramente utilizan ropa protectora, éstos quedan expuestos frecuentemente a niveles peligrosos de plaguicidas. Los productores de algodón Bt experimentaron una incidencia mucho menor de envenenamiento por plaguicidas que los productores de variedades convencionales (5-8 por ciento frente a 12-29 por ciento).

Pray y Huang (2003) estudiaron la distribución de los beneficios económicos en China por tamaños de explotaciones agrícolas y categorías de ingresos. Determinaron que las explotaciones de menos de 1 ha habían obtenido un aumento neto de sus ingresos por hectárea doble que el de las de más de 1 ha (Cuadro 8). Los hogares y personas más pobres obtuvieron también aumentos netos de los ingresos por hectárea mucho mayores que los ricos. Estos resultados indican que el algodón Bt da lugar a grandes aumentos de los ingresos netos de los pobres en China.

India

La comercialización del algodón Bt se aprobó en la India solamente en 2003, por lo que no se dispone todavía de estudios basados en el mercado. Qaim y Zilberman (2003) analizaron datos de ensayos de campo realizados en la India en 2001 y señalaron cambios en los rendimientos de los cultivos y en la utilización de plaguicidas entre el algodón convencional y el Bt. Inició los ensayos la empresa india, Maharashtra Hybrid Seed Company (Mahyco), en 395 explotaciones de siete estados indios. Tales ensayos fueron supervisados por las autoridades normativas y fueron realizados por los agricultores utilizando las prácticas habituales. Se comparó el rendimiento y el uso de productos químicos de un híbrido Bt, el mismo híbrido sin el gen Bt y una variedad popular no Bt, cultivándolas en parcelas adyacentes de 646 m². El análisis se basó en los resultados de 157 explotaciones representativas en las que se mantuvieron registros completos. En el Cuadro 7 (pág. 56), se ha ofrecido una comparación entre el

híbrido Bt y el mismo híbrido sin el gen Bt.

Los rendimientos efectivos medios del híbrido Bt fueron superiores a los del híbrido no Bt en un 80 por ciento, lo que se debe a la elevada presión de las plagas durante la temporada de cultivo y a la falta de otros medios para combatirlas. Esta diferencia de rendimientos es mucho mayor que la encontrada en China, México y los Estados Unidos. Qaim y Zilberman (2003) señalan que la diferencia de rendimientos del algodón Bt es mayor en la India que en otros lugares porque la presión de las plagas es elevada y los agricultores no tienen acceso a plaguicidas eficaces y baratos. Sostienen asimismo que los rendimientos del híbrido no Bt son tan malos como los de las variedades populares, lo que indica que el potencial de rendimiento no influye en la diferencia de rendimientos entre los híbridos Bt no Bt. Los autores reconocen que los resultados de un único año pueden no ser representativos y citan datos de ensayos de campo más limitados realizados por Mahyco, que muestran un aumento medio de los rendimientos del 60 por ciento en el período de cuatro años de 1998-2001. Otros estudios basados en ensayos de campo en la India han determinado aumentos de rendimientos del algodón Bt que varían del 24 al 56 por ciento (promedio del 39 por ciento) en los años 1998/99 y 2000/01 (James, 1999; Naik, 2001).

Qaim y Zilberman (2003) señalan que la resistencia a los insecticidas está muy difundida en la India, de manera que cada año hay que pulverizar cantidades cada vez mayores de plaguicidas. Los resultados de su estudio de 2001 indican que el número de pulverizaciones químicas contra las orugas disminuyó por término medio de 3,68 a 0,62 por temporada, si bien el número de pulverizaciones contra otros insectos no varió sensiblemente. La cantidad total de plaguicidas utilizados disminuyó un 69 por ciento, y toda la reducción se produjo en productos altamente peligrosos como los organofosfatos, carbamatos y piretroides, que pertenecen a las clases internacionales de toxicidad I y II.

México

La cantidad de algodón que se cultiva en México varía mucho de un año a otro según las políticas gubernamentales, los tipos de cambio, los precios mundiales y

CUADRO 9

Adopción del algodón Bt y distribución geográfica de los problemas de plagas en las principales zonas algodoneras de México, 1997-98

Plaga	Eficacia del Bt	Otras plantas huéspedes	Gravedad del problema ¹					
			Comarca Lagunera	Tamaulipas	Norte de Chihuahua	Sur de Chihuahua	Sonora	Baja California
Gusano rosado	Total	Ninguna	Altísima	Ninguna	Menor	Media	Media	Media
Oruga de la cápsula	Alta	Maíz, tomate	Alta	Alta	Media	Media	Menor	Menor
Oruga del brote del tabaco	Parcial	Maíz, tomate	Media	Alta	Media	Media	Media	Menor
Oruga gregaria	Parcial	Muchas	Menor	Alta	Media	Media	Menor	Menor
Gorgojo del algodonerero	Ninguna	Ninguna	Erradicada	Altísima	Menor	Altísima	Menor	Ninguna
Mosca blanca	Ninguna	Muchas	Menor	None	Ninguna	Ninguna	Altísima	Altísima
Adopción de Bt en 2000 (porcentaje)			96	37	38	33	6	1

¹ Altísima: exige múltiples aplicaciones anualmente, daños potencialmente graves para los cultivos; alta: se necesitan 2 ó 3 aplicaciones la mayoría de los años, algunos daños al cultivo; media: se necesitan 1 ó 2 aplicaciones la mayoría de los años, daños menores a los cultivos; menor: no se necesitan pulverizaciones la mayoría de los años, algunos daños al cultivo.

Fuente: Traxler *et al.*, 2003.

la disponibilidad de agua para el riego. La superficie dedicada al algodón disminuyó de unas 250 000 ha a mediados del decenio de 1990 a unas 80 000 ha en 2000, mientras que la proporción dedicada a variedades Bt aumentó del 5 al 33 por ciento aproximadamente.

La adopción de variedades Bt en las distintas regiones de México ha dependido del grado de la infestación de plagas y las consiguientes pérdidas económicas (Cuadro 9). Donde más rápida fue la adopción es en la Comarca Lagunera, región que comprende partes de los estados de Coahuila y Durango, y es la más gravemente afectada por las orugas de la cápsula. En las demás regiones algodoneras de México se padecen plagas de dichas orugas y otras plagas no susceptibles al Bt, por lo que deben emplearse métodos químicos. La adopción del Bt es, por lo tanto, baja en estas regiones. El algodón Bt no se cultiva en los estados sureños de Chiapas y Yucatán, donde existen especies silvestres de *Gossypium hirsutum*, un pariente nativo del algodón (Traxler *et al.*, 2003).

Las variedades de algodón Bt cultivadas en México fueron creadas inicialmente para el mercado de los Estados Unidos, por D&PL en cooperación con Monsanto. Monsanto exige que los agricultores mexicanos firmen

un contrato que les prohíbe reservar semillas y les exige desmotar el algodón sólo en las plantas autorizadas por Monsanto. Les exige también seguir una estrategia específica de gestión de la resistencia y que permitan a los agentes de Monsanto inspeccionar sus campos para ver si cumplen las restricciones relativas a refugios y reserva de semillas (Traxler *et al.*, 2003).

Se suele clasificar a los productores algodonereros de la Comarca Lagunera en uno de estos tres grupos: ejidos, pequeños productores y productores independientes. Los ejidos tienen superficies de 2 a 10 ha; los pequeños productores, de 30 a 40 ha; y los independientes poseen superficies un poco mayores pero normalmente menores de 100 ha. Los ejidos y los pequeños propietarios están organizados en asociaciones de agricultores con el fin de obtener créditos y asistencia técnica. Cada grupo de agricultores tiene un consultor técnico que trabaja para la asociación. Traxler *et al.* (2003) hicieron una encuesta sobre los productores de algodón de la Comarca Lagunera en las temporadas de cultivo de 1997 y 1998, sirviéndose de consultores técnicos de la asociación SEREASA, que es una de las mayores de la Comarca Lagunera y, durante el período del estudio, incluía 638 agricultores que poseían

CUADRO 10
Estimaciones de la distribución de los beneficios económicos, región de la Comarca Lagunera de México, 1997 y 1998

	1997	1998	Promedio
A Costo por hectárea para producir semillas Bt (\$EE.UU.)	30,94	30,94	30,94
B Ingresos de Monsanto/D&PL por hectárea (\$EE.UU.)	101,03	86,60	93,82
C = B - A Ingresos netos de Monsanto/D&PL por hectárea ¹ (\$EE.UU.)	70,09	55,66	62,88
D Cambio en los beneficios de la explotación por hectárea (\$EE.UU.)	7,74	582,01	294,88
E Superficie con Bt en la Comarca Lagunera (ha)	4 500	8 000	6 250
F = C × E Ingresos netos totales de Monsanto/D&PL ¹ (\$EE.UU.)	315 405	445 280	380 342
G = D × E Beneficios totales de los agricultores (\$EE.UU.)	34 830	4 656 080	2 345 455
H = F + G Beneficios ¹ totales producidos (\$EE.UU.)	350 235	5 101 360	2 725 798
I = F/H Participación de Monsanto/D&PL en los beneficios ¹ totales (porcentaje)	90	9	14
J = G/H Participación de los productores en los beneficios totales (porcentaje)	10	91	86

¹ El beneficio neto de Monsanto/D&PL se calculó sin incluir gastos administrativos y de ventas ni cualquier compensación a los agentes mexicanos de distribución de semillas.

Fuente: Traxler *et al.*, 2003.

casi 5 000 ha de tierra. De esta superficie total, entre 2 000 y 2 500 ha estaban dedicadas al algodón, lo que representaba alrededor del 12 por ciento de la superficie aldonera de la Comarca Lagunera. En 1997 se sembraron variedades Bt en el 52 por ciento de la superficie aldonera de la Comarca y, en 1998, en un 72 por ciento. Según los autores, el grupo de muestra era bastante representativo de los productores pequeños-medianos, pero probablemente estaban infrarrepresentados los grandes productores.

La diferencia entre los promedios de los rendimientos efectivos del algodón Bt y del convencional era de 165 kg/ha o el 11 por ciento aproximadamente, la cual es considerablemente inferior a la registrada en los demás países que figuran en el Cuadro 7. La diferencia de rendimientos varió mucho entre las dos temporadas de cultivo incluidas en la encuesta, de casi cero en 1997 a un 20 por ciento en 1998. Los autores observaron que 1997 fue un año de baja presión de plagas en la Comarca Lagunera. Los gastos en plaguicidas fueron un 77 por ciento más bajos para el algodón Bt que para el convencional y se hicieron menos pulverizaciones químicas. Los gastos

en semillas fueron casi tres veces más altos para el algodón Bt, lo que refleja un sobreprecio bastante alto por la tecnología. Por consiguiente, la diferencia media entre los beneficios de los dos años fue de 295 dólares /ha, pero varió de menos de 8 dólares en 1997 a 582 en 1998.

Traxler *et al.* (2003) calcularon la distribución de los beneficios económicos derivados del algodón Bt en la Comarca Lagunera entre los agricultores de la región y las empresas abastecedoras de dichas variedades, Monsanto y D&PL. En los años del estudio, los agricultores obtuvieron por término medio el 86 por ciento del beneficio total, frente al 14 por ciento que correspondió a los suministradores de germoplasma (Cuadro 10). Como se ha señalado ya, el aumento de los beneficios de los agricultores por hectárea fue muy diverso en los dos años, ya que varió de menos de 35 000 a casi 5 millones de dólares. Durante los dos años, se estima que se produjeron beneficios de casi 5,5 millones de dólares, la mayoría de ellos en el segundo año y que correspondieron en su mayor parte a los agricultores. En este cálculo, toda la cantidad atribuida a Monsanto y D&PL no puede considerarse realmente

un beneficio neto para las empresas, ya que no se incluyeron costos como los de distribución de semillas, administración y comercialización. Un beneficio de 1,5 millones de dólares obtenido de las ventas de semillas no es una gran suma para una empresa como Monsanto, que tiene unos beneficios anuales del orden de 5 490 millones de dólares. Las grandes fluctuaciones anuales se debieron sobre todo a la variabilidad en la infestación por plagas; en los años de fuerte presión de plagas, el algodón Bt presenta una notable ventaja con respecto a las variedades convencionales. Como México produce una pequeña parte del algodón mundial, no se registran efectos económicos generales en los precios y el bienestar del consumidor.

Sudáfrica

El algodón Bt fue el primer cultivo transgénico que se distribuyó comercialmente en el África subsahariana después de la entrada en vigor, en 1999, de la Ley sobre la modificación genética de los organismos de 1997. En 2002 se sembraron en Sudáfrica unas 30 000 ha de algodón Bt, 5 700 de las cuales en la zona de las llanuras de Makhathini de la provincia KwaZulu-Natal. Bennett, Morse e Ismael (2003) examinaron la experiencia de los pequeños productores algodoneiros con escasos recursos de las llanuras de Makhathini.

Vunisa Cotton es una empresa privada de las llanuras de Makhathini que suministra a los agricultores insumos para el cultivo del algodón (semillas, plaguicidas y créditos) y compra su producción. Bennett, Morse e Ismael (2003) utilizaron los registros de los distintos agricultores, mantenidos por Vunisa Cotton, para recoger datos sobre empleo de insumos, rendimientos, características de las explotaciones y otra información correspondientes a tres temporadas de cultivo a partir de la de 1998/99. Además, se hicieron entrevistas personales con una muestra aleatoria de pequeños productores en 1998/99 y 1999/2000, mientras que en 2000/01 se realizaron 32 entrevistas monográficas detalladas.

Los autores señalan que quienes adoptaron el algodón Bt se beneficiaron de unos rendimientos más altos (como consecuencia de la reducción de los daños causados por plagas), menor uso de plaguicidas y

menos empleo de mano de obra para las aplicaciones de éstos. Sus rendimientos fueron por término medio 264 kg/ha (65 por ciento) más elevados. La diferencia en los rendimientos fue particularmente grande en la mala temporada de la estación húmeda de 1999/2000, en la que ascendió al 85 por ciento. Quienes lo adoptaron utilizaron menos semillas por hectárea que quienes no lo hicieron, pero, al ser más altos los precios de las semillas Bt, sus gastos totales en semillas fueron un 89 por ciento más elevados. Se compensó esto con la reducción de los gastos en plaguicidas y mano de obra, por lo que los costos totales fueron sólo un 3 por ciento más altos por término medio para el algodón Bt. El aumento de los rendimientos con costos casi iguales hizo que los cultivadores del Bt alcanzaran beneficios netos 3 a 4 veces superiores a los productores convencionales en todas las temporadas de cultivo, siendo la diferencia especialmente grande en 1999/2000, en la que los productores convencionales perdieron dinero.

Los autores examinaron la dinámica de la adopción del Bt y la distribución de los beneficios según los tamaños de las explotaciones. En 1997/98, Vunisa Cotton centró intencionadamente la distribución del algodón Bt en unos pocos agricultores relativamente grandes. En 1998/99, primera temporada de cultivo de este estudio, aproximadamente el 10 por ciento de los pequeños productores de Makhathini habían adoptado el algodón Bt, mientras que en el segundo año fue el 25 por ciento y en el tercero, el 50 por ciento. Para la cuarta temporada, la de 2001/02, que no se incluyó en el análisis por limitaciones de datos, se estima que el 92 por ciento de los pequeños productores de algodón de la región habían adoptado la variedad Bt. Los autores señalan que, en la primera campaña, los productores mayores, más ancianos, varones y más ricos estuvieron más dispuestos a adoptar la variedad Bt, pero para la segunda y tercera, la cultivaron también agricultores menores de distintas edades y de ambos sexos. El análisis mostró que, con el algodón Bt, los márgenes de beneficio bruto por hectárea eran realmente mayores para los pequeños productores que para los mayores terratenientes.

RECUADRO 16

Costos de la no adopción del algodón Bt en el África occidental

En un estudio sobre cinco países productores de algodón del África occidental, Cabanilla, Abdoulaye y Sanders (2003) examinaron los beneficios económicos que podrían obtener los productores algodoneeros si se introducía la variedad Bt en la región. El algodón es una importante fuente de ingresos de exportación en estos países –Malí, Burkina Faso, Benin, Côte d'Ivoire y Senegal– y fuente de ingresos en metálico para millones de agricultores con escasos recursos. Dependiendo de la tasa de adopción y del aumento real de los rendimientos, los beneficios potenciales para el conjunto de estos países podrían variar de 21 a 205 millones de dólares EE.UU.

El análisis de Cabanilla, Abdoulaye y Sanders (2003) se basó en las semejanzas de estos países, en cuanto a poblaciones de plagas y utilización de productos químicos, con otros países en desarrollo en los que se ha introducido el algodón Bt. Las principales plagas de insectos en el África occidental son las orugas de la cápsula, que actualmente se combaten pulverizando hasta siete veces por campaña con insecticidas de amplio espectro, consistentes normalmente en una combinación de organofosfatos y piretroides. Como en otras regiones en las que se utilizan estos plaguicidas, se ha señalado resistencia de las plagas.

Dadas las condiciones actuales, los autores concluyen que el algodón Bt probablemente sería muy eficaz para combatir las plagas existentes en la región.

Los autores utilizaron la experiencia de otros países en desarrollo para indicar la gama de aumentos de rendimientos y reducciones de costos que podría entrañar la adopción del algodón Bt. Se utilizaron después estas hipótesis para calcular una gama de efectos económicos potenciales en los cinco países en distintas situaciones de adopción del Bt. En la situación hipotética más optimista (aumento de rendimientos del 45 por ciento y adopción del 100 por ciento), los beneficios netos de los agricultores de los cinco países aumentarían en 205 millones de dólares: Malí 67 millones, Burkina Faso 41 millones, Benin 52 millones, Côte d'Ivoire 38 millones y Senegal 7 millones. En la situación hipotética más pesimista (aumento de rendimientos del 10 por ciento y adopción del 30 por ciento), los beneficios totales se reducirían a 21 millones de dólares, distribuidos entre los cinco países en la misma proporción que en la situación anterior. Estos resultados equivalen a aumentos del 50-200 por ciento de los ingresos por hectárea en las explotaciones.

En 2003, el Gobierno de Burkina Faso emprendió la evaluación del algodón Bt en cooperación con Monsanto.

Conclusiones

Se ha examinado en este capítulo la experiencia obtenida hasta la fecha en la utilización de variedades de cultivos transgénicos, especialmente el algodón Bt, en países en desarrollo. Se han obtenido los datos de estudios sobre las repercusiones económicas de la difusión del algodón Bt en Argentina, China, India, México y Sudáfrica, así como en los Estados Unidos. Se han examinado también otros datos sobre las repercusiones de la adopción de la soja TH en Argentina y los Estados Unidos. Del examen

de tales cultivos surgen algunas conclusiones generales, si bien hay que actuar con cautela al extrapolar de un cultivo o país a otro, de un plazo breve a otro largo y de una pequeña muestra de agricultores a todo un sector.

Los cultivos transgénicos han aportado grandes beneficios económicos a los agricultores en algunas zonas del mundo durante los últimos siete años. En varios casos, los ahorros por hectárea, especialmente gracias al algodón Bt, han sido notables en comparación con casi todas las demás innovaciones tecnológicas introducidas en los últimos decenios. Sin

embargo, incluso en los países en los que se ha dispuesto de productos transgénicos, las tasas de adopción han variado mucho según los entornos de producción, dependiendo de los condicionamientos específicos para la producción existentes en cada zona y de la disponibilidad de cultivares adecuados. Los cultivos transgénicos pueden ser útiles en determinadas circunstancias, pero no son la solución a todos los problemas.

La disponibilidad de cultivares transgénicos adecuados depende de la capacidad de investigación nacional y su accesibilidad para los pequeños agricultores depende siempre de la existencia de un sistema eficaz de entrega de insumos. Los agricultores de algunos países han podido aprovechar las innovaciones y las variedades de cultivos creadas para el mercado de América del Norte, pero, para gran parte del resto del mundo, será esencial el desarrollo de cultivares ecológicamente específicos y adaptados localmente. En todos los países en que los pequeños agricultores han adoptado el algodón transgénico, se dispone de un mecanismo de entrega de semillas que, en algunos casos, ha estado orientado específicamente a los pequeños agricultores. En la mayoría de los países han cumplido esta función las empresas nacionales de semillas en cooperación con una empresa transnacional y, en muchos casos, con el apoyo del gobierno nacional y de organizaciones de agricultores.

Las repercusiones económicas del algodón Bt dependen del marco reglamentario en que se introduce. En todos los casos estudiados, los países cuentan con un proceso de bioseguridad que aprueba la siembra comercial del algodón Bt. Es posible que los países que carecen de protocolos de bioseguridad o de la capacidad para aplicarlos de forma transparente, previsible y fiable no tengan acceso a las nuevas tecnologías. Un problema conexo es la posibilidad de que los agricultores de algunos países siembren cultivos transgénicos que no han sido evaluados ni aprobados por medio de procedimientos nacionales adecuados de bioseguridad. Es posible que tales cultivos hayan sido aprobados en un país vecino o sean variedades no autorizadas de un cultivo aprobado. En los casos en que un cultivo no haya sido aprobado por medio de una evaluación de

riesgos de bioseguridad que tenga en cuenta las condiciones agroecológicas locales, puede haber un riesgo mayor de perjuicios ambientales (véase el Capítulo 5). Además, es posible que las variedades no autorizadas no proporcionen a los agricultores la eficacia esperada en la lucha contra las plagas, lo que hará que se sigan necesitando plaguicidas químicos y exista un riesgo mayor de desarrollo de resistencia de las plagas (Pemsl, Waibel y Gutierrez, 2003).

Aunque en la mayoría de los casos los cultivos transgénicos se han distribuido por medio del sector privado, sus beneficios se han repartido ampliamente entre la industria, los agricultores y los consumidores finales. Esto indica que la posición de monopolio creada por la protección de la propiedad intelectual no conduce automáticamente a beneficios excesivos de la industria. Sin embargo, de los resultados del algodón Bt registrados en Argentina, se deduce que el equilibrio entre los derechos de propiedad intelectual de los suministradores de la tecnología y los medios financieros de los agricultores influye decisivamente en la adopción de los productos y, por lo tanto, en la cuantía y distribución de los beneficios. El caso de China demuestra que la intervención del sector público en la investigación y desarrollo y en la entrega del algodón transgénico puede contribuir a garantizar que los agricultores pobres tengan acceso a las nuevas tecnologías y participen debidamente de sus beneficios económicos.

Los efectos ambientales del algodón Bt han sido positivos. Prácticamente en todos los casos, el uso de insecticidas en el algodón Bt ha sido notablemente menor que en las variedades convencionales. Además, en lo relativo a la soja TH, el glifosato ha sustituido a herbicidas más tóxicos y persistentes y, en muchos casos, se ha reducido el laboreo en el cultivo de la soja TH y del algodón. Hasta la fecha no se han documentado consecuencias ambientales negativas en ningún entorno en el que se han generalizado cultivos transgénicos, si bien hace falta un seguimiento continuo.

Los datos de China (Pray y Huang, 2003), Argentina (Qaim y de Janvry, 2003), México (Traxler *et al.*, 2003) y Sudáfrica (Bennett, Morse e Ismael, 2003) indican que los pequeños agricultores no tienen más

dificultades que los grandes en la adopción de las nuevas tecnologías. En algunos casos, parece que los cultivos transgénicos simplifican los procesos de gestión lo que favorece a los agricultores menores.

Por lo tanto, la cuestión que se plantea no es si la biotecnología es capaz de beneficiar a los pequeños agricultores con escasos recursos, sino más bien cómo se puede aprovechar este potencial científico

para resolver los problemas agrícolas de los agricultores de países en desarrollo. La biotecnología entraña una gran promesa como nuevo instrumento científico para crear tecnologías agrícolas aplicadas. La tarea que debe realizarse actualmente es la de proyectar un sistema de información que centre este potencial en los problemas de los países en desarrollo.

5. Repercusiones de los cultivos transgénicos en la salud y el medio ambiente

Todavía no se dispone más que de los primeros datos científicos acerca de las repercusiones de la ingeniería genética en el medio ambiente y la salud. En este capítulo se hace un resumen del estado actual de los conocimientos científicos sobre los posibles riesgos para la salud y el medio ambiente (Recuadro 17) derivados de la ingeniería genética en la agricultura y la alimentación, al que sigue un examen de la función de los órganos internacionales de normalización en la armonización de los procedimientos de análisis de riesgos para estos productos (Recuadro 18). Los datos científicos presentados en este capítulo se basan en gran parte en un informe reciente del Consejo Internacional de Uniones Científicas (CIUC) (2003)⁴. El informe del CIUC se basa en 50 evaluaciones científicas independientes realizadas por grupos autorizados de distintas partes del mundo, entre los que figuran la Comisión del Codex Alimentarius FAO/OMS, la Comisión Europea, la OCDE y las academias nacionales de ciencias de muchos países, como Australia, Brasil, China, Francia, India, los Estados Unidos y el Reino Unido. Además, este capítulo se basa en evaluaciones científicas realizadas recientemente por el Nuffield Council on Bioethics (2003 – al que se llamará en adelante Nuffield Council)⁵, el grupo de examen de la ciencia de la modificación

genética del Reino Unido, GM Science Review Panel (2003⁶ y la Royal Society (2003)⁷. Estas evaluaciones no estaban disponibles cuando se preparó el informe del CIUC. Existe un consenso sustancial dentro de la comunidad científica sobre muchas de las principales cuestiones de seguridad relacionadas con los productos transgénicos, pero los científicos no están de acuerdo en algunos problemas y sigue habiendo lagunas en los conocimientos.

Repercusiones relacionadas con la inocuidad de los alimentos

Los cultivos transgénicos actualmente disponibles y los alimentos de ellos derivados han sido considerados seguros para su consumo y los métodos utilizados para probar su inocuidad se han considerado apropiados. Estas conclusiones representan el consenso resultante de las pruebas científicas examinadas por el CIUC (2003) y están en consonancia con las opiniones de la OMS (2002). Para determinar si estos alimentos aumentan los riesgos para la salud humana, varias instituciones nacionales de normalización (entre otras, las de Argentina, Brasil, Canadá, China, Estados Unidos y el Reino Unido) los han evaluado utilizando sus procedimientos nacionales de inocuidad de los alimentos (CIUC). Hasta la fecha no se han descubierto en ninguna parte del mundo efectos tóxicos

⁴ El Consejo Internacional de Uniones Científicas (CIUC) es una organización no gubernamental que representa a la comunidad científica internacional. Incluye como miembros a academias nacionales de las ciencias (101 miembros) y uniones científicas internacionales (27 miembros). Como el CIUC está en contacto con cientos de miles de científicos de todo el mundo, se le convoca frecuentemente para representar a la comunidad científica mundial.

⁵ El Nuffield Council on Bioethics es una organización británica sin fines de lucro financiada por el Medical Research Council, la fundación Nuffield y Wellcome Trust.

⁶ El GM Science Review Panel es un grupo establecido por el Gobierno del Reino Unido para realizar un examen imparcial y completo de los datos científicos relacionados con los cultivos modificados genéticamente.

⁷ La Royal Society es una academia científica independiente del Reino Unido, dedicada a promover la excelencia en la ciencia.

RECUADRO 17

Naturaleza del riesgo y análisis de riesgos

El riesgo es parte integrante de la vida cotidiana. Ninguna actividad está exenta de riesgos. En algunos casos el no actuar entraña también riesgos. La agricultura, en todas sus formas, plantea riesgos para los agricultores, los consumidores y el medio ambiente. El análisis de riesgos consiste en tres etapas: evaluación del riesgo, gestión del riesgo y comunicación del riesgo. La evaluación del riesgo valora y compara las pruebas científicas sobre los riesgos en cuestión con los de otras actividades posibles. La gestión del riesgo –que elabora estrategias para prevenir y controlar los riesgos dentro de límites aceptables– se basa en la evaluación del riesgo y tiene en cuenta varios factores, como valores sociales y la economía. La comunicación del riesgo entraña un diálogo continuo entre los órganos normativos y el público acerca del riesgo y de las opciones para su gestión, a fin de que puedan adoptarse las decisiones apropiadas.

El riesgo suele definirse como «la probabilidad de un peligro». Un peligro, en cambio, es todo lo que cabe pensar que pueda causar perjuicio. El peligro no constituye un riesgo por sí mismo. Por ello, la evaluación del riesgo implica responder a las tres preguntas siguientes: ¿Qué podría ir mal? ¿Qué probabilidad hay de que ocurra? ¿Cuáles son las consecuencias? El riesgo asociado con cualquier acción depende de los tres elementos de la ecuación:

$$\text{Riesgo} = \text{peligro} \times \text{probabilidad} \times \text{consecuencias}$$

El concepto aparentemente sencillo de evaluación de riesgos es, de hecho, bastante complejo y se basa en un juicio, además de la ciencia. Se puede infraestimar el riesgo si no se identifican y caracterizan adecuadamente algunos peligros, si la probabilidad de que ocurra el peligro es mayor de lo previsto o si sus consecuencias son más graves que lo previsto. La probabilidad asociada con un peligro depende también, en parte, de la estrategia de gestión que se utiliza para controlarlo.

En la vida diaria, el riesgo significa cosas diferentes para personas diferentes, según sus características sociales, culturales y económicas. Es posible que las personas que luchan por sobrevivir acepten más riesgos que las que viven bien, si creen que con ello pueden mejorar su vida. Por otra parte, muchos agricultores pobres eligen sólo tecnologías de bajo riesgo porque trabajan en los límites de la supervivencia y no pueden permitirse afrontar riesgos. El riesgo significa también cosas diferentes para la misma persona en distintos momentos, según la situación y el problema concretos. Es más probable que una persona acepte los riesgos relacionados con actividades conocidas y elegidas libremente, incluso aunque sean grandes. En el análisis de riesgos, hay que tener en cuenta las siguientes preguntas: ¿Quién corre el riesgo y quién se beneficia? ¿Quién evalúa el peligro? ¿Quién decide qué riesgos son aceptables?

perjudiciales o nutricionalmente nocivos verificables resultantes del consumo de alimentos derivados de cultivos modificados genéticamente (GM Science Review Panel). Muchos millones de personas han consumido derivados de plantas modificadas genéticamente –principalmente maíz, soja y colza– sin que se hayan observado efectos adversos (CIUC).

Sin embargo, la falta de pruebas de efectos negativos no significa que los

nuevos alimentos transgénicos no entrañen ningún riesgo (CIUC, GM Science Review Panel). Los científicos reconocen que no se sabe lo suficiente sobre los efectos a largo plazo de tales alimentos (ni de la mayoría de los tradicionales). Será difícil detectar efectos a largo plazo porque hay muchos factores que desconciertan, tales como la variedad genética existente en los alimentos y problemas para evaluar los efectos de los alimentos enteros. Además, es posible que

RECUADRO 18

Normas internacionales para facilitar el comercio

Las oportunidades para el comercio agrícola han aumentado considerablemente durante los últimos años como consecuencia de las reformas del comercio internacional realizadas en el ámbito de la Organización Mundial del Comercio (OMC). Estas reformas se centraron en gran medida en la reducción de los aranceles y las subvenciones en varios sectores. El Acuerdo sobre la Aplicación de Medidas Sanitarias y Fitosanitarias (Acuerdo MSF) se adoptó también en el ámbito de la OMC en 1994 y entró en vigor en 1995. En él se establece que los países mantienen su derecho a asegurar que los alimentos y productos animales y vegetales que importan son inocuos y, al mismo tiempo, estipula que los países no deben utilizar sin necesidad medidas rigurosas como obstáculos al comercio encubiertos.

El Acuerdo MSF se ocupa especialmente de proteger la salud y la vida de los animales o preservar los vegetales de los riesgos resultantes de la entrada, radicación o propagación de plagas, enfermedades y organismos patógenos o portadores de enfermedades; proteger la vida y la salud de las personas y de los animales de los riesgos resultantes de la presencia de aditivos, contaminantes, toxinas u organismos patógenos en los productos alimenticios, las bebidas o los piensos; proteger la vida y la salud de las personas de los riesgos resultantes de

enfermedades propagadas por animales, vegetales o productos de ellos derivados, o de la entrada, radicación o propagación de plagas; y prevenir o limitar otros perjuicios resultantes de la entrada, radicación o propagación de plagas.

El Acuerdo MSF establece que los países deberán utilizar normas internacionales acordadas al establecer sus requisitos relativos a medidas sanitarias y fitosanitarias. Para alcanzar este objetivo, se señalan tres organismos internacionales de normalización: la Comisión del Codex Alimentarius en materia de inocuidad de los alimentos, la Oficina Internacional de Epizootias (OIE)¹ en materia de sanidad animal y la Convención Internacional de Protección Fitosanitaria (CIPF) en materia de preservación de los vegetales. Utilizando las normas de esos organismos, los países pueden alcanzar el grado de protección necesario para salvaguardar la vida o la salud de las personas, los animales o las plantas. Los países pueden adoptar también medidas diferentes de las normas pero, en tales casos, dichas medidas deberán estar justificadas tecnológicamente y basadas en la evaluación de riesgos.

¹ Recibió después el nombre de Organización Mundial de Sanidad Animal, si bien se mantuvo la sigla OIE.

resulte más difícil evaluar otros alimentos transformados genéticamente que son más complejos y más nuevos y que con mayor probabilidad causan efectos no deseados. Los nuevos instrumentos de caracterización genética pueden ser útiles para examinar alimentos enteros a fin de determinar si se producen cambios no deseados en su composición (CIUC).

Las principales preocupaciones relativas a la inocuidad de los productos transgénicos y los alimentos de ellos derivados consisten en la posibilidad de un aumento de alérgenos, toxinas u otros compuestos

nocivos; la transferencia horizontal de genes, especialmente de genes resistentes a los antibióticos; y otros efectos no deseados (FAO/OMS, 2000). Muchas de estas preocupaciones se aplican también a variedades de plantas desarrolladas utilizando métodos convencionales de mejoramiento genético y cultivadas con prácticas agrícolas tradicionales (CIUC). Además de estas preocupaciones, hay beneficios directos e indirectos para la salud relacionados con los alimentos transgénicos que deberían evaluarse de forma más completa.

RECUADRO 19

Preocupaciones relativas a la salud y el medio ambiente en el fitomejoramiento convencional

Antes de la llegada de la ingeniería genética, el fitomejoramiento no era objeto de una notable reglamentación. Las normas sobre certificación de semillas garantizan la pureza y calidad de las mismas, pero se ha prestado poca atención a los posibles efectos sobre la inocuidad de los alimentos o el medio ambiente que pueden causar las nuevas variedades de plantas derivadas del mejoramiento convencional.

El fitomejoramiento convencional difiere considerablemente de la selección natural. Ésta crea sistemas biológicos con capacidad de adaptación; asegura el desarrollo de un organismo que contiene propiedades que lo adaptan a una diversidad de condiciones ambientales y garantizan la continuación de la especie. La selección artificial y el fitomejoramiento convencional rompen precisamente estos sistemas con capacidad de adaptación, creando combinaciones de genes que difícilmente sobrevivirían en la naturaleza.

El mejoramiento genético ha sido la causa de unos pocos casos de efectos negativos en la salud humana. En un caso se encontró que un cultivar de papas tenía niveles excesivos de toxinas naturalmente presentes; en otro, un cultivar de apio mejorado de forma convencional para aumentar su resistencia a los insectos causaba erupciones cutáneas

si se cosechaba sin guantes. Asimismo, los efectos que cultivos mejorados convencionalmente pueden causar en el medio ambiente o en variedades tradicionales de los agricultores no han dado lugar en general a controles reglamentarios, si bien algunas de las preocupaciones relacionadas con los cultivos transformados genéticamente son también aplicables a los convencionales.

La mayoría de los principales cultivos alimentarios del mundo no son originarios de sus principales zonas de producción, sino que proceden de unos pocos «centros de origen» distintos y han sido trasladados a nuevas zonas de producción por medio de la migración y el comercio. En todo el mundo se cultivan plantas muy domesticadas y la migración fuera de las zonas de cultivo sólo raramente ha causado algún problema grave. Incluso cuando se cultivan en su centro de origen, como las papas en América del Sur o el maíz en México, no se han establecido permanentemente híbridos entre especies cultivadas y silvestres. Hay varios informes sobre el flujo de genes entre plantas cultivadas y sus parientes silvestres, pero en general no se ha considerado que representen un problema.

Fuente: DANIDA, 2002.

Alérgenos y toxinas

La tecnología genética –lo mismo que el mejoramiento tradicional– puede incrementar o reducir la cantidad tanto de proteínas como de toxinas u otros compuestos nocivos presentes naturalmente en los alimentos. Los alimentos elaborados tradicionalmente no se suelen examinar para determinar estas sustancias, si bien se hallan en muchos casos naturalmente presentes y pueden resultar afectadas por el mejoramiento tradicional. Se desaconseja la utilización de genes de fuentes alérgicas conocidas en experimentos

de transformación y, si se encuentra que un producto transformado plantea un mayor riesgo de alergenidad, deberá interrumpirse su producción. Los alimentos modificados genéticamente que se hallan normalmente en el mercado han sido examinados para determinar si tienen niveles mayores de alérgenos y toxinas conocidas y no se ha encontrado ninguno que los tenga (CIUC). Los científicos están de acuerdo en que estos ensayos normalizados deben evaluarse y mejorarse continuamente y de que hay que actuar con cautela al evaluar todos los alimentos nuevos, incluidos los

derivados de cultivos transgénicos (CIUC, GM Science Review Panel).

Resistencia a los antibióticos

La transferencia horizontal de genes y la resistencia a los antibióticos son una preocupación relacionada con la inocuidad de los alimentos porque muchos cultivos modificados genéticamente de la primera generación se crearon utilizando genes marcadores resistentes a los antibióticos. Si estos genes pudieran transferirse de un producto alimenticio a las células del cuerpo o a las bacterias del tracto gastrointestinal, se podrían desarrollar cepas de bacterias resistentes a los antibióticos, con consecuencias perjudiciales para la salud. Aunque los científicos creen que la probabilidad de la transferencia es extremadamente baja (GM Science Review Panel), un grupo de expertos de la FAO y la OMS (2000) y otros organismos han desaconsejado la utilización de genes resistentes a los antibióticos. Los investigadores han diseñado métodos para eliminar los marcadores resistentes a los antibióticos de las plantas sometidas a ingeniería genética (Recuadro 20).

Otros cambios no intencionados

Es posible que se produzcan otros cambios no intencionados en la composición de los alimentos durante la mejora genética por medio del mejoramiento tradicional y/o la tecnología genética. Para determinar los cambios en nutrientes y toxicantes conocidos introducidos en los productos modificados genéticamente de forma programada, se utiliza el análisis químico. Pero los científicos reconocen que pueden necesitarse ensayos adicionales, ya que unas modificaciones genéticas más amplias, que entrañen transgenes múltiples, pueden acrecentar la probabilidad de otros efectos no deseados (CIUC, GM Science Review Panel).

Beneficios potenciales de los alimentos transgénicos para a salud

Los científicos están de acuerdo en general en que la ingeniería genética puede ofrecer beneficios directos e indirectos para la salud de los consumidores (ICSU). Los beneficios directos pueden derivarse de la mejora de la calidad nutricional de los alimentos (por ejemplo, arroz dorado), la reducción de

la presencia de compuestos tóxicos (por ejemplo, mandioca con menos cianuro) y la disminución de alérgenos en determinados alimentos (por ejemplo, maní y trigo). No obstante, es necesario demostrar que, en los nuevos alimentos, están genéticamente expresados y nutricionalmente disponibles niveles nutricionalmente significativos de vitaminas y otros nutrientes y que no hay efectos no deseados (CIUC). Los beneficios indirectos para la salud pueden derivarse del menor uso de plaguicidas, la menor presencia de micotoxinas (causadas por insectos o enfermedades), la mayor disponibilidad de alimentos accesibles y la eliminación de compuestos tóxicos del suelo. Es preciso documentar mejor estos beneficios directos e indirectos (CIUC, GM Science Review Panel).

Normas internacionales sobre el análisis de la inocuidad de los alimentos

La Comisión del Codex Alimentarius, en su 26° período de sesiones celebrado del 30 de junio al 7 de julio de 2003, adoptó acuerdos decisivos sobre principios para la evaluación de alimentos obtenidos por medios biotecnológicos modernos (FAO/OMS, 2003a) y sobre directrices para la realización de la evaluación de la inocuidad de los alimentos derivados de plantas de ADN recombinante (FAO/OMS, 2003b) y de alimentos producidos utilizando microorganismos de ADN recombinante (FAO/OMS, 2003c). Se halla en examen un cuarto documento sobre el etiquetado.

Estas directrices del Codex indican que el proceso de evaluación de la inocuidad de un alimento transgénico debe realizarse comparándolo con su homólogo convencional, que generalmente se considera inocuo debido al largo historial de su uso, centrándose en la determinación de similitudes y diferencias entre ambos. Cuando se identifique un problema de inocuidad, debe caracterizarse el riesgo asociado al mismo a fin de determinar su relevancia para la salud humana. Se comienza esto con la descripción de los organismos huésped y donante y la caracterización de la modificación genética. La evaluación subsiguiente de la inocuidad

RECUADRO 20

Transformación de «genes limpios» en el CIMMYT

Alessandro Pellegrineschi y David Hoisington¹

Desde la introducción de los cultivos modificados genéticamente, una parte de la sociedad civil ha expresado preocupación por los genes con resistencia a los antibióticos y a los herbicidas que se utilizan como marcadores seleccionables en el desarrollo de plantas transgénicas. Aducen los peligros potenciales ecológicos y para la salud, específicamente la evolución de «supermalezas» a partir de la resistencia a los herbicidas y la creación de resistencia a los antibióticos en los patógenos humanos. Aunque la mayoría de los científicos consideran que estas preocupaciones son en gran parte infundadas y ningún peligro se ha materializado realmente, el desarrollo de transgénicos exentos de genes marcadores ayudaría a eliminar tales preocupaciones y podría contribuir a la aceptación pública de cultivos transgénicos (Zuo *et al.*, 2002).

Se han publicado varios métodos para crear plantas transformadas que no lleven genes marcadores, por ejemplo, la cotransformación (Stahl *et al.*, 2002), elementos transponibles (Rommens *et al.*, 1992), recombinación específica del lugar (Corneille *et al.*, 2001) y recombinación intracromosomal (De Vetten *et al.*, 2003). El Centro internacional de mejoramiento de maíz y trigo (CIMMYT) se dedica a proporcionar a los agricultores con pocos recursos de países en desarrollo las mejores opciones para aplicar sistemas sostenibles de producción de maíz y trigo. El CIMMYT considera que, aunque los cultivos modificados genéticamente no resolverán todos los problemas de los

agricultores, la tecnología tiene un gran potencial y debería evaluarse.

Científicos del CIMMYT han puesto a punto y adaptado una técnica de transformación para el maíz y el trigo que permite producir plantas modificadas genéticamente que no llevan genes marcadores seleccionables. Con esta técnica, se introducen y se integran separadamente en el genoma dos fragmentos de ADN, uno de los cuales contiene un gen marcador seleccionable y el otro, el gen que interesa. Durante el proceso de selección, estos genes se separan el uno del otro, permitiendo seleccionar plantas que tengan sólo el gen que interesa. Científicos del CIMMYT ensayaron esta técnica sencilla utilizando el gen seleccionable *bar* y los genes *Bt*, *Cry1Ab* y *Cry1Ba*, y consiguieron con éxito plantas sin gen marcador seleccionable, pero con el gen *Bt* y que expresaban altos niveles de toxina *Bt*. Las plantas transgénicas no se podían distinguir morfológicamente de las no transformadas y el rasgo introducido se heredaba de forma estable en las generaciones siguientes.

En colaboración con el Kenya National Agricultural Institute y la Syngenta Foundation for Sustainable Agriculture, se está intentando ahora transferir estos «elementos limpios» a variedades locales de maíz de Kenya, para proporcionar a los agricultores con pocos recursos otra posibilidad de combatir los insectos de la forma que mejor conocen, la semilla que siembran. Se está empleando un método semejante para fortalecer otros rasgos importantes, como la tolerancia al estrés abiótico y el contenido de micronutrientes. La mejora de la tolerancia al estrés, especialmente al de la sequía, beneficiaría directamente a los agricultores y las plantas bioenriquecidas podrían ejercer un efecto importante en la salud de los niños de países en desarrollo.

¹ Los autores son, respectivamente, Biólogo celular y Director del Centro de Biotecnología Aplicada del CIMMYT en México.

deberá tener en cuenta factores como la toxicidad, las tendencias a provocar una reacción alérgica (alergenicidad), los efectos del cambio en la composición de nutrientes (antinutrientes) fundamentales y metabolitos, la estabilidad del gen insertado y la modificación nutricional asociada con la modificación genética. Si, después de una evaluación completa de estos factores, se concluye que el alimento modificado genéticamente en cuestión es tan inocuo como su homólogo convencional, se considera que es adecuado para el consumo.

Las críticas de este método comparativo consisten en que se necesitan métodos no orientados específicamente que analicen el contenido de los alimentos completos para evaluar tanto los efectos intencionales como los no intencionales (CIUC). Los científicos están de acuerdo en general en que los alimentos transgénicos deben evaluarse caso por caso, centrándose en el producto en sí y no en el proceso mediante el cual fue creado. Están también de acuerdo en que es preciso evaluar la inocuidad de los alimentos modificados genéticamente antes de que salgan al mercado, debido a que el seguimiento posterior en el mercado será probablemente difícil, costoso y tal vez no produzca datos útiles a causa de la composición compleja de las dietas y la variabilidad genética de las poblaciones (CIUC).

Principios para el análisis de riesgos de alimentos obtenidos por medios biotecnológicos modernos

En los Principios se toma la definición de biotecnología moderna del Protocolo de Cartagena sobre Seguridad de la Biotecnología del Convenio sobre la Diversidad Biológica, y se incluyen principios sobre la evaluación de riesgos, gestión de riesgos y comunicación de riesgos. Se reconoce en ellos que los métodos de análisis de riesgos, utilizados para abordar peligros químicos relacionados con sustancias como residuos de plaguicidas, contaminantes, aditivos alimentarios y coadyuvantes de elaboración, son difíciles de aplicar a los alimentos enteros. Se aclara que el análisis de riesgos incluye una evaluación de la inocuidad para determinar si existe un peligro o preocupación nutricional de otra índole en cuanto a la inocuidad y, en caso

afirmativo, reunir información sobre su carácter y gravedad. Se refleja en ellos el concepto de equivalencia sustancial en virtud del cual la evaluación de la inocuidad debe incluir una comparación entre el alimento obtenido por medios biotecnológicos modernos y su homólogo convencional, pero no limitarse a ella. La comparación debe determinar similitudes y diferencias entre ambos. La evaluación de la inocuidad debe a) tomar en consideración tanto los efectos intencionales como los no intencionales, b) identificar los peligros nuevos o alterados y c) identificar los cambios de interés para la salud humana que se producen en los nutrientes claves. La evaluación de la inocuidad deberá realizarse caso por caso.

Las medidas de gestión de riesgos deben ser proporcionales al riesgo. Deberán tener en cuenta, cuando sea pertinente, «otros factores legítimos» de conformidad con las decisiones generales de la Comisión del Codex y los Principios de aplicación práctica del Codex para el análisis de riesgos (FAO/OMS, 2003d). Diferentes medidas de gestión de riesgos pueden permitir alcanzar el mismo objetivo. Los encargados de la gestión de riesgos deben tener en cuenta las incertidumbres identificadas en la evaluación de éstos y tomar medidas apropiadas para controlarlas. Las medidas de gestión de riesgos pueden incluir el etiquetado de alimentos, las condiciones para aprobar su comercialización, la vigilancia tras la puesta en el mercado y la elaboración de métodos para detectar o identificar alimentos obtenidos por medios biotecnológicos modernos. El rastreo de los productos puede ser también útil para la buena aplicación de las medidas de gestión de riesgos.

Los principios sobre comunicación de riesgos se basan en la premisa de que una comunicación de riesgos eficaz es esencial en todas las fases de la evaluación y gestión de los riesgos. Se trata de un proceso interactivo que estimula el asesoramiento y la participación de todas las partes interesadas. Los procesos deben ser transparentes, completamente documentados y abiertos a la opinión pública, respetando a la vez las preocupaciones legítimas por salvaguardar el carácter confidencial de la información comercial e industrial. Los informes sobre evaluaciones de inocuidad y otros aspectos del proceso de adopción de decisiones deben

RECUADRO 21

Cultivos modificados genéticamente para la alimentación de animales

Se utilizan como piensos muchos cultivos modificados genéticamente, productos derivados de ellos y enzimas derivadas de microorganismos modificados genéticamente. Se estima que el volumen del mercado mundial de piensos asciende a unos 600 millones de toneladas. Se utilizan piensos compuestos principalmente para las aves de corral, cerdos y vacas lecheras y se preparan con una amplia gama de materias primas, como maíz y otros cereales, y semillas oleaginosas como soja y nabina. Se estima que actualmente se cultiva con variedades modificadas genéticamente el 51 por ciento de la superficie mundial dedicada a la soja, el 12 por ciento de la dedicada a la nabina y el 9 por ciento de la dedicada al maíz (utilizado como maíz entero y subproductos como el pienso de gluten de maíz) (James, 2002a).

Las evaluaciones de la inocuidad de los nuevos piensos para el ganado que se realizan en Canadá, los Estados Unidos y otros lugares estudian las características moleculares, de composición, toxicológicas y nutricionales de estos productos en comparación con sus homólogos convencionales. Se tienen en cuenta, entre otras cosas, los efectos en el animal que ingiere el pienso, en los consumidores que comen el producto pecuario resultante, la seguridad del trabajador y otros aspectos ambientales de la utilización de los piensos. Además, en muchos estudios se han hecho comparaciones de la composición nutricional y la salubridad de los piensos que contienen productos

transgénicos con las de los componentes convencionales.

Las principales preocupaciones en relación con el empleo de productos modificados genéticamente en los piensos son si el ADN modificado de una planta puede transferirse a la cadena alimentaria sin consecuencias nocivas y si los genes marcadores resistentes a los antibióticos, que se utilizan en el proceso de transformación, pueden transferirse a las bacterias del animal y, consiguientemente, a bacterias patógenas humanas. Como el proceso de producción de las enzimas utilizadas en los piensos se realiza en condiciones controladas en instalaciones con tanques de fermentación cerrados y se elimina el ADN modificado de los productos finales, estos productos no entrañan ningún riesgo para los animales o el medio ambiente. La enzima fitasa aporta beneficios especiales en la alimentación de cerdos y aves de corral, entre ellos, una notable reducción de la cantidad de fósforo que se libera al medio ambiente.

Los investigadores han examinado los efectos que la elaboración de los piensos causa en el ADN para averiguar si el ADN modificado se mantiene intacto y se introduce en la cadena alimentaria. Se ha determinado que el ADN no se fragmenta en medida notable en el material vegetal crudo y en el ensilaje, sino que se mantiene parcial o completamente intacto. Esto significa que, si se suministran cultivos modificados genéticamente a los animales, éstos probablemente comerán el ADN modificado. Para considerar si el

estar a disposición del público. Deberán crearse procesos de consulta responsable.

Directrices para la realización de la evaluación de la inocuidad de los alimentos obtenidos de plantas de ADN recombinante

Las Directrices para la realización de la evaluación de la inocuidad de los alimentos obtenidos de plantas de ADN recombinante fueron aprobadas también en el 26º

período de sesiones de la Comisión del Codex Alimentarius (julio de 2003). Tienen por objeto apoyar los principios para el análisis de riesgos de alimentos obtenidos por medios biotecnológicos modernos. Se describe en ellas el método recomendado para hacer una evaluación de la inocuidad de los alimentos obtenidos de plantas de ADN recombinante en los casos en que existe un producto homólogo convencional. Se define el homólogo convencional como «una

ADN modificado o las proteínas derivadas consumidos por los animales tienen el potencial de afectar a la salud del animal o entrar en la cadena alimentaria, es necesario tener en cuenta el destino de estas moléculas dentro del animal. La digestión de los ácidos nucleicos (ADN y ácido ribonucleico, ARN) se produce mediante la acción de nucleasas presentes en la boca, páncreas y secreciones intestinales. En los rumiantes, se produce una degradación física y microbiana adicional. Las pruebas indican que más del 95 por ciento de ADN y ARN se deshace completamente dentro del sistema digestivo. Además, investigaciones realizadas sobre la digestión de proteínas transgénicas en cultivo *in vitro* han demostrado que se produce una digestión casi completa en cinco minutos en presencia de la enzima digestiva pepsina.

Es también causa de preocupación la posibilidad de que la resistencia a los antibióticos se transfiera de los genes marcadores utilizados en la producción de plantas modificadas genéticamente a microorganismos presentes en los animales y, por tanto, a bacterias patógenas para los seres humanos. En un examen encargado por la FAO se ha llegado a la conclusión de que es muy improbable que esto ocurra. No obstante, la conclusión de dicho documento es que, en la producción de plantas transgénicas, no se deben utilizar marcadores que codifican la resistencia a antibióticos de importancia clínica y decisivos para tratar enfermedades infecciosas humanas.

MacKenzie y McLean (2002) examinaron 15 estudios de alimentación de vacas lecheras, vacuno para carne, cerdos y pollos, publicados entre 1995 y 2001. Los piensos estudiados eran maíz y soja resistentes a insectos y/o herbicidas. Se alimentó a los animales con un producto transgénico o convencional durante períodos que variaron de 35 días para las aves de corral a dos años para el vacuno de carne. Ninguno de estos estudios encontró efectos nocivos en los animales alimentados con productos transgénicos con respecto a ninguno de los parámetros medidos, que incluían la composición de nutrientes, peso corporal, ingestión de piensos, conversión del pienso, producción de leche, composición de la leche, fermentación en el rumen, rendimiento de crecimiento o características de la canal. En dos de los estudios se encontraron ligeras mejoras en las tasas de conversión del pienso en los animales alimentados con maíz resistente a los insectos, lo que posiblemente se debió a concentraciones menores de aflatoxinas, antinutrientes que se derivan de daños causados por insectos.

En resumen, se puede concluir que son insignificantes los riesgos para la salud humana y de los animales que pueda causar el uso como piensos de cultivos modificados genéticamente y enzimas derivadas de microorganismos modificados genéticamente. No obstante, algunos países exigen que se indique en la etiqueta la presencia de material modificado genéticamente en las importaciones de sus productos derivados.

variedad afín cuya inocuidad está establecida por la experiencia de su uso común como alimento». Las técnicas que se describen en las Directrices pueden aplicarse a alimentos derivados de plantas que han sido alteradas mediante otras técnicas distintas de los medios biotecnológicos modernos.

Las Directrices ofrecen una introducción y motivación de la evaluación de la inocuidad de los alimentos derivados de plantas de ADN recombinante, y establecen distinciones

entre esta evaluación y la evaluación de riesgos toxicológicos convencional de compuestos individuales, que se basa en estudios sobre animales. «La finalidad de la evaluación de inocuidad es llegar a una conclusión con respecto a si el nuevo alimento es tan inocuo como el homólogo convencional con el que se le compara, y no menos nutritivo que él.» Las Directrices indican que la equivalencia sustancial no es, por sí misma, una evaluación de la

inocuidad, sino que representa un punto de partida para estructurar la evaluación de la inocuidad de un alimento nuevo en relación con su homólogo convencional. Se emplea para determinar analogías y diferencias entre el alimento nuevo y el producto homólogo convencional. Se evalúa después la inocuidad de las diferencias identificadas, teniendo en cuenta los efectos no intencionales derivados de la modificación genética. Los encargados de la gestión del riesgo determinan esto y elaboran medidas para la gestión de los riesgos, según proceda.

Directrices para la evaluación de la inocuidad de los alimentos producidos utilizando microorganismos de ADN recombinante

Estas Directrices tienen también por objeto facilitar orientaciones sobre el procedimiento de evaluación de la inocuidad de alimentos producidos utilizando microorganismos de ADN recombinante, basándose en el marco de evaluación de riesgos establecido en los Principios. Lo interesante en el caso de los microorganismos de ADN recombinante es que se recomienda la comparación no sólo entre ellos y sus homólogos (microorganismos) convencionales, sino también entre los alimentos producidos utilizándolos y los alimentos originales.

Texto del Codex en examen sobre el etiquetado de alimentos modificados genéticamente

Además de los principios y directrices citados, se halla todavía en examen el Proyecto de recomendaciones para el etiquetado de alimentos obtenidos por medio de determinadas tecnologías de modificación genética (FAO/OMS, 2003e), muchas de cuyas secciones se escriben todavía entre corchetes, lo que significa que no se ha acordado su texto. La finalidad de las directrices es su aplicación para el etiquetado de alimentos e ingredientes de los alimentos en tres situaciones, cuando: (1) sean significativamente diferentes de los homólogos convencionales; (2) contengan o estén compuestos de un organismo modificado genéticamente/sometido a la ingeniería genética o contengan proteína o ADN proveniente de la tecnología de genes; y (3) se produzcan a partir de, pero no contengan, organismos modificados

genéticamente/sometidos a ingeniería genética, proteína o ADN proveniente de la tecnología genética.

Según el CIUC, los científicos no están plenamente de acuerdo sobre la función apropiada del etiquetado. Aunque el etiquetado obligatorio se utiliza tradicionalmente para ayudar a los consumidores a identificar alimentos que pueden contener alérgenos u otras sustancias potencialmente peligrosas, no se utilizan las etiquetas para ayudar al consumidor que desee seleccionar determinados alimentos basándose en su modo de producción, o en motivos ambientales (por ejemplo, orgánicos), éticos (por ejemplo, comercio equitativo) o religiosos (por ejemplo, *kosher*). Son diferentes los tipos de información de etiquetado que los países exigen o permiten. Según el CIUC, «el etiquetado de los alimentos como modificados o no modificados genéticamente puede permitir al consumidor hacer una elección en cuanto al proceso por el que se produce el alimento, pero no facilita ninguna información sobre el contenido de los alimentos ni sobre si existen riesgos y/o beneficios asociados con determinados alimentos». El CIUC sugiere que un etiquetado de los alimentos más informativo, que explique el tipo de transformación y cualesquiera cambios de composición resultantes, podría permitir a los consumidores evaluar los riesgos y beneficios de determinados alimentos. (En el Capítulo 6 se trata más ampliamente el tema del etiquetado.)

Repercusiones ambientales

Cualquier tipo de agricultura –de subsistencia, orgánica o intensiva– influye en el medio ambiente, por lo que cabe esperar que también influyan en él las nuevas técnicas genéticas empleadas en la agricultura. El CIUC, el GM Science Review Panel y el Nuffield Council, entre otros, están de acuerdo en que las repercusiones ambientales de los cultivos transformados genéticamente pueden ser positivas o negativas según la forma y el lugar en que se empleen. La ingeniería genética puede acelerar los efectos perjudiciales de la agricultura o contribuir a la aplicación de prácticas agrícolas más sostenibles y a la conservación de los recursos

naturales, incluida la biodiversidad. Se resumen a continuación las preocupaciones ambientales relacionadas con los cultivos transgénicos, junto con el estado actual de los conocimientos científicos al respecto.

Los cultivos transgénicos pueden producir en el medio ambiente efectos directos tales como la transferencia de genes a pariente silvestres o a cultivos convencionales, la propagación de malezas, efectos de rasgos en especies no objetivo y otros efectos no intencionales. Estos riesgos son semejantes para los cultivos transgénicos y para los mejorados convencionalmente (CIUC). Aunque difieren las opiniones de los científicos sobre estos riesgos, hay acuerdo en que es preciso evaluar los efectos ambientales caso por caso y recomiendan el seguimiento ecológico después de la utilización de tales cultivos para detectar efectos no previstos (CIUC, Nuffield Council, GM Science Review Panel). Los cultivos transgénicos pueden entrañar también efectos indirectos positivos o negativos en el medio ambiente, causados por los cambios en las prácticas agrícolas, especialmente las relativas al empleo de plaguicidas y herbicidas, o en los sistemas de cultivo.

Los árboles transgénicos son objeto de preocupaciones ambientales análogas, si bien entrañan otras adicionales debido a su largo ciclo vital. Los microorganismos transgénicos se usan normalmente en la elaboración de alimentos en condiciones limitadas y no suelen considerarse un riesgo para el medio ambiente. Algunos microorganismos pueden utilizarse en el medio ambiente como agentes de lucha biológica o para la eliminación de daños ambientales por medios biológicos (por ejemplo, derrames de petróleo), y sus efectos ambientales deberán evaluarse antes de su utilización. Las preocupaciones ambientales relacionadas con los peces transgénicos se centran principalmente en su potencial de reproducirse con sus parientes silvestres y competir con ellos (CIUC). Es probable que los animales de granja transgénicos se utilicen en condiciones muy controladas, por lo que plantean pocos riesgos ambientales (NRC, 2003) (Recuadro 22).

Flujo de genes

Los científicos están de acuerdo en que el flujo de genes desde cultivos

modificados genéticamente es posible mediante el cruzamiento de variedades de polinización libre con cultivos locales o parientes silvestres. Como el flujo de genes se ha producido durante milenios entre las variedades originales y los cultivos mejorados convencionalmente, cabe prever razonablemente que ocurra también con los cultivos transgénicos. La tendencia de los cultivos a la exogamia varía y la capacidad de exogamia de un cultivo depende de la presencia de parientes silvestres sexualmente compatibles, lo que varía según el lugar (Recuadro 23) (CIUC, GM Science Review Panel).

Los científicos no están plenamente de acuerdo en si el flujo de genes entre cultivos transgénicos y sus parientes silvestres tiene importancia en sí mismo y por sí mismo (CIUC, GM Science Review Panel). Si un híbrido transgénico/silvestre resultante tuviera alguna ventaja competitiva sobre la población silvestre, podría persistir en el medio ambiente y trastornar el ecosistema. Según el informe del GM Science Review Panel, la hibridación entre cultivos transgénicos y sus parientes silvestres parece «con toda probabilidad transferir genes que son ventajosos en entornos agrícolas, pero no prosperará en el entorno silvestre ... Además, ningún híbrido entre ningún cultivo y sus parientes silvestres ha llegado nunca a ser invasor en el entorno silvestre en el Reino Unido» (GM Science Review Panel, 2003).

Se debate si el flujo, en otros casos benigno, de transgenes a variedades originales o a otras variedades convencionales constituya por sí mismo un problema ambiental, ya que los cultivos convencionales han interactuado de esta forma con las variedades originales durante mucho tiempo (CIUC). Se necesitan investigaciones para evaluar mejor las consecuencias ambientales del flujo de genes, especialmente a largo plazo, y para comprender mejor el flujo de genes entre los principales cultivos alimentarios y las variedades originarias en centros de diversidad (CIUC, GM Science Review Panel).

El carácter de maleza se refiere a la situación en que una planta cultivada o su híbrido llega a establecerse como mala hierba en otros campos o como especie invasora en otros hábitats. Los científicos están de acuerdo en que hay solamente

RECUADRO 22

Preocupaciones ambientales relacionadas con los animales modificados genéticamente

Actualmente no se utilizan animales modificados genéticamente en la agricultura comercial en ninguna parte del mundo (Capítulo 2), pero se están investigando varias especies ganaderas y acuáticas para determinar una variedad de rasgos transgénicos. Recientemente han realizado estudios sobre preocupaciones ambientales potenciales relacionadas con los animales modificados genéticamente el National Research Council (NRC, 2002) de los Estados Unidos, la Agriculture and Environment Biotechnology Commission del Reino Unido (AEB, 2002) y la Pew Initiative on Food and Biotechnology (Pew Initiative, 2003). Estos estudios concluyen que los animales modificados genéticamente pueden tener efectos positivos o negativos en el medio ambiente según el animal, el rasgo y el entorno de producción en que se introduzcan. Las principales preocupaciones ambientales relacionadas con los animales son:

a) la posibilidad de que los animales transgénicos escapen, con los consiguientes efectos negativos en los parientes silvestres o los ecosistemas, y b) cambios potenciales en las prácticas de producción que pueden causar distintos grados de tensiones ambientales. Estos informes recomiendan que se evalúen los animales modificados genéticamente en relación con sus homólogos convencionales.

Los tres estudios están de acuerdo en que es preciso que se evalúe la capacidad de los animales transgénicos de escapar y llegar a establecerse en entornos diferentes. Los estudios del NRC y la AEB están de acuerdo en que son menos probables los efectos ambientales perjudiciales en las razas de ganado que en los peces, debido a que las especies de animales de granja no tienen parientes silvestres y su reproducción se controla en las granjas y hatos. El peligro de que se hagan salvajes es escaso en lo que respecta al vacuno, ovino y aves domésticas, que son menos móviles y están muy domesticados, pero es mayor en los caballos, camellos, conejos, perros y animales de laboratorio (ratas y ratones). Se sabe que cabras, cerdos y gatos no transgénicos se han vuelto salvajes y han causado graves daños a comunidades ecológicas (NRC, 2002). Los animales de granja transgénicos serían muy valiosos y, por ello, se conservarían en ambientes controlados cuidadosamente. En cambio, los peces de la acuicultura son naturalmente móviles y se cruzan fácilmente con especies silvestres. El informe de la AEB recomienda que no se críen peces transgénicos en jaulas en alta mar debido a la elevada probabilidad de que escapen. El estudio de la Pew Initiative señala que los efectos de

un riesgo muy bajo de que los cultivos domesticados se conviertan en malas hierbas debido a que los rasgos que los vuelven indeseables como cultivos en muchos casos los hacen menos aptos para sobrevivir y reproducirse en forma silvestre (CIUC, GM Science Review Panel). Las malas hierbas que forman híbridos con cultivos resistentes a herbicidas tienen el potencial de adquirir el rasgo de tolerancia al herbicida, si bien esto les dará una ventaja solamente en presencia del herbicida (CIUC, GM Review Panel). Según el GM Science Review Panel, «experimentos detallados de campo con varios cultivos modificados genéticamente

en una serie de entornos han demostrado que los rasgos transgénicos investigados –tolerancia a herbicidas y resistencia a insectos– no aumentan sensiblemente la capacidad de las plantas en hábitats seminaturales» (GM Science Review Panel, 2003). Algunos rasgos transgénicos, como la resistencia a plagas o enfermedades, pueden proporcionar una ventaja de aptitud, pero hay pocas pruebas hasta ahora de que esto ocurra o que tenga consecuencias ambientales negativas (CIUC, GM Science Review Panel). Se necesitan más pruebas acerca del efecto que los rasgos que fortalecen la aptitud producen en la

los peces que escapan de las zonas de acuicultura, sean transgénicos o criados convencionalmente, dependen de su «aptitud neta» en comparación con la de las especies silvestres. Señalan que los rasgos genéticos pueden aumentar o reducir la aptitud neta de las especies cultivadas y recomiendan que se evalúen cuidadosamente los peces transgénicos y se regulen de forma integrada y transparente.

Los animales transgénicos podrían causar también efectos ambientales mediante cambios en los mismos animales o en las prácticas de gestión animal. Las modificaciones transgénicas podrían reducir la cantidad de estiércol y emisiones de metano que producen las especies ganaderas y acuícolas (AEBC, 2002; Pew Initiative, 2003) o incrementar su resistencia a las enfermedades (permitiendo utilizar menos antibióticos). Por otra parte, algunas modificaciones genéticas podrían permitir una producción ganadera más intensiva con el correspondiente incremento de los contaminantes ambientales. Por tanto, el problema del peligro ambiental es menos una cuestión de tecnología en cuanto tal que de capacidad para gestionarla.

Otro factor que debe tenerse en cuenta en relación con la biotecnología ganadera es el de los posibles efectos en el bienestar

de los animales, los cuales pueden ser positivos o negativos y deberán evaluarse en comparación con las prácticas de gestión ganadera convencionales (AEBC, 2002). Actualmente, la producción de animales transgénicos y clonados es muy ineficiente pues entraña una elevada mortalidad durante el desarrollo embrional inicial y tasas de éxito de sólo el 1-3 por ciento. De los animales transgénicos nacidos, es posible que los genes insertados no funcionen como se esperaba, lo que frecuentemente da lugar a anomalías anatómicas, fisiológicas y de comportamiento (NRC, 2002). El vacuno producido por métodos de clonación tiende a tener períodos de gestación más largos y mayor peso al nacer, lo que da lugar a una tasa mayor de nacimientos por parto cesáreo (NRC, 2002; AEBC, 2002). Estos problemas pueden plantearse también con animales reproducidos utilizando inseminación artificial/ovulación múltiple y trasplante de embriones (IA/OMTE) y deben evaluarse en el contexto de otras tecnologías de reproducción empleadas en la ganadería (AEBC, 2002). El informe de la AEBC recomienda asimismo que se evalúen los efectos potenciales de todas las tecnologías ganaderas en el bienestar de los animales, teniendo en cuenta consideraciones económicas y ambientales.

tendencia a la invasión (GM Science Review Panel).

Se están diseñando métodos de gestión y genéticos para reducir al mínimo la posibilidad del flujo de genes. Actualmente no se puede aplicar en la práctica el aislamiento completo de los cultivos producidos a escala comercial, ya sean o no modificados genéticamente, si bien se puede reducir al mínimo el flujo de genes, como se hace actualmente entre las variedades de colza cultivadas para la alimentación, piensos o aceites industriales (GM Science Review Panel). Entre las estrategias de gestión figuran la de evitar la siembra de cultivos

transgénicos en sus centros de biodiversidad o donde hay parientes silvestres, o utilizar zonas tampón para aislar las variedades transgénicas de las convencionales u orgánicas. Se puede aprovechar la ingeniería genética para alterar los períodos de floración a fin de evitar la polinización cruzada o asegurar que los transgenes no se incorporen en el polen, y para desarrollar variedades transgénicas estériles (CIUC y Nuffield Council). El GM Science Review Panel y otros órganos de expertos recomiendan que los cultivos modificados genéticamente, que producen sustancias médicas o industriales, se proyecten y

RECUADRO 23

Opinión de un ecologista sobre el flujo de genes de cultivos transgénicos

Allison A. Snow¹

La mayoría de los científicos ecológicos están de acuerdo en que el flujo de genes no es un problema ambiental a menos que provoque consecuencias no deseables. A corto plazo, la difusión de la resistencia transgénica a los herbicidas por medio del flujo de genes puede crear problemas logísticos y/o económicos a los productores. A largo plazo, los transgenes que mayor probabilidad tienen de ayudar a las malas hierbas o de perjudicar a especies no objetivo, son los que confieren resistencia a las plagas y al estrés ambiental y/o incrementan la producción de semillas. Sin embargo, estos resultados no parecen probables para la mayoría de las plantas transgénicas cultivadas actualmente. Muchos rasgos transgénicos son probablemente inocuos desde el punto de vista ambiental y algunos podrían conducir a prácticas agrícolas más sostenibles. Es fundamental que los biólogos moleculares, los fitomejoradores y la industria perfeccionen sus conocimientos sobre cuestiones ecológicas y de evolución relacionadas con

la seguridad de las nuevas generaciones de cultivos transgénicos.

La presencia de parientes silvestres y de malas hierbas varía según los países y regiones. En el gráfico se ofrecen ejemplos de los cultivos principales, agrupados por su capacidad de dispersar polen y por la presencia de parientes silvestres, en los Estados Unidos continentales. Esta sencilla matriz de 2 por 2 puede ser útil para identificar casos en los que es probable un flujo de genes de un cultivo transgénico a un pariente silvestre. En cultivos de los que no hay ningún pariente silvestre o malas hierbas que crezcan en las cercanías, como la soja, el algodón o el maíz que se indican en color verde, no se produciría el flujo de genes al pariente silvestre. El arroz, sorgo y trigo tienen parientes silvestres en los Estados Unidos y muestran una tendencia relativamente baja a la exogamia, que permitiría a los transgenes dispersarse a las poblaciones silvestres. Los cultivos que tienen una elevada tendencia a la exogamia y tienen parientes silvestres en los Estados Unidos se indican en rojo. Hay muchas posibilidades de flujo de genes entre estos cultivos y sus parientes silvestres, por lo que deberán cultivarse con cuidado las variedades transgénicas que puedan conferir una ventaja competitiva sobre sus híbridos.

¹ El Dr. Snow es Profesor del Departamento de Evolución, Ecología y Biología de los Organismos de la Universidad del Estado de Ohio, Columbus, Ohio, Estados Unidos.

		PARIENTES DE MALAS HIERBAS COMPATIBLES CERCANOS	
		NO	SÍ
POTENCIAL DE EXOGAMIA	BAJO	SOJA	ARROZ SORGO TRIGO
	ELEVADO	ALGODÓN MAÍZ	GIRASOL BRASICÉAS ZANAHORIAS CALABAZA RÁBANO ÁLAMO

cultiven de forma que se evite el flujo de genes a los cultivos alimentarios o de piensos (GM Science Review Panel).

Efectos de algunos rasgos en especies no objetivo

Algunos rasgos transgénicos –como las toxinas plaguicidas expresadas por los genes Bt– pueden afectar a especies no objetivo además de a las plagas que se tratan de combatir (CIUC). Los científicos convienen en que puede ocurrir esto, pero no hay acuerdo sobre la medida de su probabilidad (CIUC, GM Science Review Panel). La controversia sobre la mariposa monarca (Recuadro 24) demostró que es difícil extrapolar de estudios de laboratorio a condiciones de campo. Estudios de campo han demostrado algunas diferencias en la estructura de la comunidad microbiana del suelo entre los cultivos Bt y los no Bt, pero tales diferencias se hallan dentro del margen normal de variación que se encuentra entre cultivares del mismo cultivo y no proporcionan pruebas convincentes de que los cultivos Bt puedan dañar la salud del suelo a largo plazo (GM Science Review Panel). Aunque hasta ahora no se han observado sobre el terreno efectos perjudiciales importantes en fauna y flora silvestres no objetivo o en la salud del suelo, los científicos no están de acuerdo sobre cuántas pruebas se necesitan para demostrar que la producción de cultivos Bt es sostenible a largo plazo (GM Science Review Panel). Están de acuerdo en que es preciso vigilar los posibles efectos en especies no objetivo y compararlos con los efectos de otras prácticas agrícolas actuales, como el uso de plaguicidas químicos (GM Science Review Panel). Reconocen que hace falta elaborar mejores métodos para estudios ecológicos sobre el terreno, incluyendo mejores datos de referencia con los que poder comparar los nuevos cultivos (CIUC).

Efectos indirectos sobre el medio ambiente

Los cultivos transgénicos pueden ejercer efectos ambientales indirectos como consecuencia del cambio de prácticas agrícolas o ambientales asociadas con las nuevas variedades. Estos efectos indirectos pueden ser favorables o perjudiciales según la naturaleza de los cambios en cuestión (CIUC, GM Science Review Panel).

Los científicos están de acuerdo en que el empleo de plaguicidas y herbicidas agrícolas convencionales ha perjudicado a los hábitats de aves de tierras de labranza, plantas silvestres e insectos y ha reducido gravemente sus poblaciones (CIUC, GM Science Review Panel, Royal Society). Los cultivos transgénicos están cambiando las modalidades de aprovechamiento de la tierra y empleo de productos químicos, así como las prácticas de explotación agrícola, pero los científicos no están plenamente de acuerdo en si el efecto neto de estos cambios será positivo o negativo para el medio ambiente (CIUC). Reconocen que se necesitan más análisis comparativos de las nuevas tecnologías y las actuales prácticas agrícolas.

Empleo de plaguicidas

Hay acuerdo entre los científicos en que el empleo de cultivos transgénicos Bt resistentes a los insectos está reduciendo el volumen y la frecuencia del empleo de plaguicidas en el maíz, algodón y soja (CIUC). Estos resultados han sido especialmente significativos con respecto al algodón en los Estados Unidos, México, China, Australia y Sudáfrica (Capítulo 4). Entre los beneficios ambientales cabe señalar una menor contaminación del suministro de agua y menores daños a insectos no objetivo (CIUC). La reducción del empleo de plaguicidas indica que los cultivos Bt beneficiarían en general a la biodiversidad dentro del cultivo en comparación con los tradicionales que reciben aplicaciones periódicas de plaguicidas de amplio espectro, si bien tales beneficios disminuirían si se necesitaran aplicaciones complementarias de insecticidas (GM Review Panel). Se han documentado en China (Pray *et al.*, 2002) y Sudáfrica (Bennett, Morse e Ismael, 2003) beneficios demostrables para la salud de los trabajadores agrícolas derivados la reducción de las pulverizaciones de plaguicidas químicos en el algodón.

Empleo de herbicidas

El empleo de herbicidas está cambiando como consecuencia de la rápida adopción de cultivos TH (CIUC). Se ha producido un cambio notable, del empleo de plaguicidas más tóxicos a menos tóxicos, pero la utilización total de herbicidas ha aumentado (Traxler, 2004). Los científicos están de acuerdo en que los cultivos TH requieren

RECUADRO 24

¿El maíz Bt mata a las mariposas monarca?

John Losey, un entomólogo de la Cornell University, publicó un documento de investigación en la revista científica *Nature* que parecía demostrar que el polen del maíz Bt mataba a las mariposas monarca (Losey, Rayor y Carter, 1999). Losey y sus colegas descubrieron en el laboratorio que, si se dispersaba polen de una variedad comercial de maíz Bt sobre hojas de la mala hierba asclepia y se alimentaba con ellas a orugas de mariposa monarca, éstas morían.

Seis equipos independientes de investigadores realizaron estudios de seguimiento sobre los efectos del polen de maíz Bt en las orugas de mariposa monarca, los cuales se publicaron en 2001 en *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. Aunque estos estudios coincidían en admitir que el polen utilizado en el estudio original era tóxico en dosis elevadas, determinaban que el polen de maíz Bt constituía un riesgo insignificante para las larvas de monarca en condiciones de campo. Basaban su conclusión en cuatro hechos: a) la toxina Bt se expresa en niveles bastante bajos en el polen de la mayoría de las variedades comerciales de

maíz Bt, b) el maíz y la asclepia (alimento normal de las orugas de mariposa monarca) no se encuentran generalmente juntos en el campo, c) los períodos en que la difusión del polen de maíz en el campo coincide con la actividad de la larva de la mariposa monarca son limitados y d) la cantidad de polen que probablemente se consumirá en condiciones de campo no es tóxica. Estos estudios concluyeron que el riesgo de que el polen del maíz Bt perjudique a las orugas de mariposa monarca es muy pequeño, especialmente en comparación con otras amenazas como los plaguicidas convencionales y la sequía (Conner, Glare y Nap, 2003).

Muchos científicos ven con frustración la forma en que se tratan en la prensa asuntos como la controversia sobre la mariposa monarca y otras cuestiones relacionadas con la biotecnología. Mientras el estudio original sobre la mariposa monarca recibió una atención mundial en los medios de difusión, los estudios de seguimiento que lo refutaron no recibieron la misma cobertura. Por ello, mucha gente no sabe que el maíz Bt representa un riesgo mínimo para la mariposa monarca (Pew Initiative, 2002a).

menos laboreo, lo que entraña beneficios para la conservación del suelo (CIUC). Podría haber también beneficios potenciales para la biodiversidad si el empleo selectivo de herbicidas permitiera a algunas malas hierbas aparecer y mantenerse durante más tiempo en los campos de los agricultores, proporcionando así hábitat para las aves de tierras de labranza y otras especies, si bien estos beneficios son teóricos y no se han demostrado sólidamente con ensayos de campo hasta la fecha (GM Science Review Panel). Sin embargo, existe también la preocupación de que un posible aumento del empleo de herbicidas –incluso de los que son menos tóxicos– seguiría erosionando los hábitats de las aves de tierras de labranza y otras especies (CIUC). La Royal Society ha publicado los resultados de numerosos estudios hechos en explotaciones agrícolas

para evaluar los efectos que los cultivos transgénicos TH de maíz, colza de primavera (nabina) y remolacha azucarera causan en la biodiversidad en el Reino Unido. Estos estudios señalan que el efecto principal de tales cultivos en comparación con las prácticas convencionales se ejerció sobre la vegetación de malas hierbas, con los consiguientes efectos sobre los herbívoros, polinizadores y otras poblaciones que se alimentan de ellas. Estos grupos resultaron afectados negativamente en el caso de la remolacha azucarera transgénica TH, positivamente en el caso del maíz y no resultaron afectados en el caso de la colza de primavera. Se concluyó que la comercialización de estos cultivos produciría toda una gama de impactos sobre la biodiversidad en las tierras agrícolas, dependiendo de la eficacia relativa de los regímenes de herbicidas transgénicos y

convencionales y del grado de protección que otorguen los campos circundantes (Royal Society, 2003). Los científicos reconocen que no hay pruebas suficientes para predecir cuáles serán los efectos a largo plazo de los cultivos transgénicos TH sobre las poblaciones de malas hierbas y sobre la correspondiente biodiversidad dentro del cultivo (GM Science Review Panel).

Resistencia de las plagas y malas hierbas

Los científicos convienen en que la amplia utilización a largo plazo de cultivos Bt y de los herbicidas glifosato y glufosinato, asociados con los cultivos TH, puede fomentar el desarrollo de plagas de insectos y malas hierbas resistentes (CIUC, GM Science Review Panel). Accidentes de este tipo se han producido periódicamente con los cultivos y plaguicidas convencionales y, aunque la protección que ofrecen los genes Bt resulta elevada, no hay ninguna razón para suponer que no se desarrollen plagas resistentes (GM Science Review Panel). En todo el mundo, más de 120 especies de malas hierbas han desarrollado resistencia a los herbicidas utilizados predominantemente con cultivos TH, si bien la resistencia no está necesariamente asociada a las variedades transgénicas (CIUC, GM Science Review Panel). Dado que, si se utilizan en exceso el Bt y glifosato y glufosinato, cabe prever que se desarrollen plantas y malas hierbas resistentes, los científicos aconsejan que se aplique una estrategia de gestión de la resistencia cuando se siembran cultivos transgénicos, pero no están de acuerdo sobre la forma de aplicarla eficazmente, especialmente en los países en desarrollo (CIUC). La medida y la posible gravedad de los efectos de las plagas o malezas resistentes sobre el medio ambiente son objeto de debate (GM Science Review Panel).

Tolerancia al estrés abiótico

Como se ha indicado en el Capítulo 2, se están poniendo a punto nuevos cultivos transgénicos con tolerancia a varios estreses abióticos (por ejemplo, sal, sequía, aluminio), que pueden permitir a muchos agricultores cultivar suelos baldíos. Los científicos están de acuerdo en que estos cultivos pueden ser beneficiosos o perjudiciales para el medio ambiente según el cultivo y el rasgo y ambiente (CIUC).

Evaluación de las repercusiones ambientales

Hay un amplio consenso en que las repercusiones ambientales de los cultivos transgénicos y otros organismos vivos modificados (por ejemplo, semillas transgénicas) debe evaluarse utilizando procedimientos de evaluación de riesgos de base científica y caso por caso, según la especie, rasgo y agroecosistema de que se trate. Los científicos concuerdan también en que la liberación en el medio ambiente de organismos transgénicos debe compararse con otras prácticas agrícolas y opciones de tecnología (CIUC y Nuffield Council).

Existen procedimientos válidos de evaluación de la inocuidad de los alimentos y la Comisión del Codex Alimentarius FAO/OMS ofrece un foro internacional para la elaboración de directrices de inocuidad de los alimentos relativas a los alimentos transgénicos. En cambio, no hay directrices y normas internacionalmente acordadas para evaluar el impacto ambiental de los organismos transgénicos (CIUC). Los científicos están de acuerdo en que hacen falta metodologías y normas armonizadas internacional y regionalmente para evaluar el impacto ambiental en diferentes ecosistemas (CIUC; FAO, 2004). A continuación se describe la función de los organismos internacionales de normalización para proporcionar orientaciones relativas al análisis de riesgos.

Según el CIUC, los órganos normativos de los distintos países suelen exigir tipos análogos de datos para la evaluación del impacto ambiental, pero difieren en su interpretación de tales datos y en la determinación de lo que constituye un riesgo o peligro ambiental. Los científicos difieren también sobre cuál debe ser la base apropiada para la comparación: con los actuales sistemas agrícolas y/o con datos ecológicos de referencia (CIUC). Una consulta de expertos de la FAO (2004) acordó que los efectos de la agricultura en el medio ambiente son mucho mayores que los efectos mensurables del cambio de la producción de cultivos convencionales a la de transgénicos, por lo que la base de comparación es importante.

Tampoco hay acuerdo entre los científicos sobre el valor de las pruebas de laboratorio

y de campo en pequeña escala y su extrapolación a efectos en gran escala, ni queda claro si los métodos de elaboración de modelos que incorporan datos de sistemas de información geográfica serán útiles para predecir los efectos de los organismos vivos modificados (OVM) en diferentes ecosistemas (CIUC). La comunidad científica recomienda más investigaciones sobre los efectos subsiguientes a la homologación de los cultivos transgénicos. También se necesita un seguimiento orientado más específicamente después de la homologación del cultivo y mejores metodologías para dicho seguimiento (CIUC; FAO, 2004).

Acuerdos e instituciones internacionales sobre el medio ambiente

Varios acuerdos e instituciones internacionales son pertinentes para los aspectos ambientales de algunos productos transgénicos, especialmente el Convenio sobre la Diversidad Biológica, el Protocolo de Cartagena sobre Seguridad de la Biotecnología del Convenio sobre la Diversidad Biológica y la Convención Internacional de Protección Fitosanitaria. Se describen a continuación las funciones y disposiciones de estos instrumentos.

El Convenio sobre la Diversidad Biológica y el Protocolo de Cartagena sobre Seguridad de la Biotecnología del Convenio sobre la Diversidad Biológica

La mayor parte de las medidas del Convenio sobre la Diversidad Biológica (CDB) (Secretaría del Convenio sobre la Diversidad Biológica, 1992) se centran en la conservación de los ecosistemas. Sin embargo, dos aspectos relativos a la conservación de la diversidad biológica son pertinentes para la bioseguridad: la gestión de los riesgos asociados con los organismos vivos modificados (OVM) como resultado de la biotecnología y la gestión de los riesgos asociados con especies exóticas.

En el contexto de las medidas de conservación *in-situ*, según estipula el Convenio, las partes contratantes «... establecerán o mantendrán medios

para regular, administrar o controlar los riesgos derivados de la utilización y la liberación de organismos vivos modificados como resultado de la biotecnología que es probable tengan repercusiones adversas que puedan afectar a la conservación y utilización sostenible de la diversidad biológica...». Esta disposición supera el ámbito de aplicación general del Convenio en cuanto exige también que se tengan en cuenta riesgos para la salud humana.

El Convenio establece que las partes contratantes tengan la obligación de impedir la introducción de especies exóticas y de controlar o erradicar las especies exóticas que amenacen los ecosistemas, hábitats o especies. Se consideran especies exóticas invasoras las especies introducidas deliberada o no deliberadamente fuera de sus hábitats naturales, en los casos en que tengan la capacidad para establecerse, invadir, sustituir a las nativas y apoderarse del nuevo entorno.

El Protocolo de Cartagena (Secretaría del Convenio sobre la Diversidad Biológica, 2000) fue aprobado por el CDB en septiembre de 2000 y entró en vigor en septiembre de 2003. El objetivo del Protocolo es contribuir a garantizar un nivel adecuado de protección en la esfera de la transferencia, manipulación y utilización seguras de los organismos vivos modificados resultantes de la tecnología moderna. Se consideran también los riesgos para la salud humana. El Protocolo es aplicable a todos los OVM, pero no a los productos farmacéuticos destinados a los seres humanos que ya están contemplados en otros acuerdos u organizaciones internacionales pertinentes.

El Protocolo establece un Procedimiento de acuerdo fundamentado previo para los OVM destinados a su introducción deliberada en el medio ambiente que puedan tener efectos adversos para la conservación y utilización sostenible de la diversidad biológica. El procedimiento exige, antes de la primera introducción deliberada en el medio ambiente de la parte de importación:

- una notificación de la parte de exportación que contenga determinada información;
- el acuse de recibo de la notificación, y
- el consentimiento por escrito de la parte de importación.

Están exentas del acuerdo fundamentado previo cuatro categorías de OVM: los OVM en tránsito, los OVM para uso confinado, los OVM incluidos en una decisión adoptada por la Conferencia de las Partes/Reunión de las Partes, en la que se declare que no es probable que tengan efectos adversos para la conservación y utilización sostenible de la diversidad biológica, y los OVM destinados para uso directo como alimento humano o animal o para elaboración.

Con respecto a los OVM que pueden ser objeto de un movimiento transfronterizo para uso directo como alimento humano o animal o para elaboración, en el Artículo 11, se exige que una parte que haya adoptado una decisión definitiva en relación con el uso nacional, incluida su colocación en el mercado, informe al respecto a todas las partes, por conducto del Centro de Intercambio de Información sobre Seguridad de la Biotecnología, establecido en virtud del Protocolo. La notificación deberá incluir la información mínima exigida en el Anexo II. Una parte contratante podrá adoptar una decisión sobre la importación con arreglo a su marco reglamentario nacional que sea compatible con el objetivo del Protocolo. Una parte que sea país en desarrollo o con economía en transición, podrá declarar, en ausencia de un marco reglamentario nacional, por conducto del Centro de Intercambio de Información sobre Seguridad de la Biotecnología, que su decisión anterior a la primera importación de un OVM destinado para uso directo como alimento humano o animal, o para elaboración, se adoptará de conformidad con una evaluación del riesgo. En ambos casos, el hecho de que no tenga certeza científica por falta de información y conocimientos pertinentes suficientes sobre la magnitud de los posibles efectos adversos no impedirá a esa parte contratante de importación adoptar una decisión, según proceda, a fin de evitar o reducir al mínimo los posibles efectos adversos.

Se exigen la evaluación de riesgos y la gestión de riesgos tanto para los casos del acuerdo fundamentado previo como para los del Artículo 11. La evaluación de los riesgos debe ajustarse a los criterios enumerados en el anexo. En principio, deberá ser realizada

por las autoridades nacionales competentes en la adopción de decisiones. Podrá exigirse al exportador que realice la evaluación. La parte de importación podrá exigir al notificante que pague la evaluación del riesgo.

El Protocolo especifica medidas y criterios generales de gestión de riesgos. Toda medida basada en la evaluación de riesgos deberá ser proporcional a los riesgos identificados. Deberán adoptarse medidas para reducir al mínimo la probabilidad de un movimiento transfronterizo involuntario de OVM. Deberá notificarse a los estados afectados o potencialmente afectados cuando su presencia puede dar lugar a un movimiento transfronterizo involuntario.

El Protocolo contiene también disposiciones sobre la manipulación, envasado y transporte de los OVM (Artículo 18). En particular, cada parte contratante deberá adoptar medidas para exigir que la documentación que acompaña a:

- a) los OVM destinados a uso directo como alimento humano o animal, o para elaboración, identifique claramente que «pueden llegar a contener» OVM y «que no están destinados para su introducción intencional en el medio», así como un punto de contacto para solicitar información adicional;
- b) los OVM destinados para uso confinado, los identifique claramente como OVM y especifique los requisitos para su manipulación, almacenamiento, transporte y uso seguros, así como un punto de contacto para obtener más información y las señas de la persona a que se envían;
- c) los OVM destinados a su introducción intencional en el medio ambiente de la parte de importación, los identifique claramente como OVM y especifique la identidad y los rasgos/características pertinentes, los requisitos para su manipulación, almacenamiento, transporte y uso seguros, el punto de contacto para obtener más información, el nombre y la dirección del importador y el exportador y una declaración de que el movimiento se efectúa de conformidad con las disposiciones del Protocolo aplicables al exportador.

Se prevé en el Protocolo un intercambio de

información mediante el establecimiento de un Centro de Intercambio de Información sobre la Seguridad de la Biotecnología. La finalidad de este Centro es facilitar el intercambio de información y experiencia en relación con los OVM y prestar asistencia a las partes en la aplicación del Protocolo. Con arreglo al párrafo 2 del Artículo 20, facilitará también el acceso a otros mecanismos internacionales de intercambio de información sobre seguridad de la biotecnología. La información que debe facilitarse a dicho Centro incluye la relativa a leyes, reglamentos y directrices nacionales existentes para la aplicación del Protocolo, así como la requerida por las Partes para el acuerdo fundamentado previo, acuerdos y arreglos bilaterales, regionales y multilaterales incluidos en el contexto del Protocolo, resúmenes de sus evaluaciones del riesgo y decisiones definitivas.

La participación del público se trata específicamente en el Artículo 23. Las partes:

- a) fomentarán y facilitarán la concienciación, educación y participación del público relativas a la seguridad de la transferencia, manipulación y utilización de los OVM;
- b) procurarán asegurar que la concienciación y educación del público incluyan el acceso a la información sobre los OVM identificados por el Protocolo que puedan ser importados;
- c) celebrarán consultas con el público en el proceso de adopción de decisiones sobre los OVM y darán a conocer al público los resultados de esas decisiones, de conformidad con sus leyes y reglamentaciones nacionales.

En estas actividades deberá respetarse la información confidencial.

En la adopción de decisiones, las partes podrán tener en cuenta las consideraciones socioeconómicas resultantes de los efectos de los OVM para la conservación y la utilización sostenible de la diversidad biológica, especialmente en relación con el valor que la diversidad biológica tiene para las comunidades indígenas y locales. Se alienta a las partes a cooperar en la esfera del intercambio de información e investigación sobre los efectos socioeconómicos de los OVM. En la primera reunión de las partes en el Protocolo se debería establecer un proceso para establecer normas relativas

a la responsabilidad y compensación por daños resultantes de los movimientos transfronterizos de OVM.

La CIPF y los organismos vivos modificados

La finalidad de la Convención Internacional de Protección Fitosanitaria (CIPF) es actuar eficaz y conjuntamente para prevenir la diseminación e introducción de plagas de plantas y productos vegetales y promover medidas apropiadas para combatirlas. Aunque la CIPF se ocupa del comercio de plantas y productos vegetales, no se limita a este aspecto. El ámbito de aplicación de la CIPF se extiende a la protección de la flora silvestre, además de la cultivada, y abarca los daños tanto directos como indirectos causados por plagas, incluidas las malas hierbas. La CIPF desempeña una importante función en la conservación de la biodiversidad vegetal y en la protección de los recursos naturales. Por lo tanto, las normas elaboradas en el ámbito de la CIPF son también aplicables a elementos fundamentales del CDB, incluidas la prevención y mitigación de los efectos de especies exóticas invasoras, y del Protocolo de Cartagena sobre Bioseguridad de la Tecnología. Como consecuencia de ello, el CDB, la FAO y la CIPF han establecido una estrecha relación de colaboración, que se ha ampliado en particular a la inclusión de las preocupaciones del CDB en la elaboración de nuevas normas internacionales para medidas fitosanitarias (NIMF).

Las NIMF elaboradas bajo los auspicios de la CIPF proporcionan a los países directrices internacionalmente acordadas sobre medidas para proteger la vida o la salud de las plantas contra la introducción y propagación de plagas o enfermedades. Una de las normas más importantes elaboradas en el ámbito de la CIPF es la N° 11, *Análisis de riesgo de plagas para plagas cuarentenarias* (FAO, 2001b), aprobada por la Comisión Interina de Medidas Fitosanitarias (CIMF) en su tercera reunión celebrada en 2001. Además, la CIMF, en su quinta reunión celebrada en 2003, aprobó un suplemento a la NIMF N° 11 para tratar los riesgos relativos al medio ambiente, con el fin de tener en cuenta las preocupaciones del CDB, especialmente con respecto a especies exóticas invasoras. Recientemente, la CIPF ha redactado otro

suplemento a la NIMF N° 11 para tratar el análisis de riesgos de plagas en los OVM⁸.

Este proyecto de norma ha sido objeto de amplias consultas y exámenes técnicos a lo largo de su elaboración. A petición de la CIMF, en septiembre de 2001, se convocó un grupo de trabajo de expertos de composición abierta, que incluía expertos designados por los gobiernos de países desarrollados y en desarrollo y expertos representantes de los intereses tanto de la protección vegetal como del medio ambiente, con el fin de examinar la elaboración de esta norma y la necesidad de ofrecer orientaciones detalladas sobre la realización de análisis de riesgos para afrontar los efectos potenciales de los OVM en la salud de las plantas, atendiendo especialmente las necesidades de los países en desarrollo.

El grupo de trabajo consideró que los riesgos fitosanitarios potenciales de los OVM que sería necesario tener en cuenta en un análisis de riesgos de plagas son, entre otros (FAO/2002b):

- Los cambios en las características de adaptación que pueden incrementar el posible carácter de invasor, incluyendo, por ejemplo: la tolerancia de las plantas a la sequía; la tolerancia de las plantas a los herbicidas; las alteraciones en la biología reproductiva; la capacidad de dispersión de las plagas; la resistencia de las plagas; y la resistencia a los plaguicidas.
- El flujo de genes, incluyendo, por ejemplo: la transferencia de genes de resistencia a herbicidas a especies compatibles; el potencial de superar las actuales barreras de reproducción y recombinación.
- El potencial de afectar perjudicialmente a organismos no objetivo, incluyendo, por ejemplo: cambios en la gama de huéspedes de los agentes de lucha biológica u organismos que se cree son beneficiosos; y los efectos en otros organismos como los agentes de lucha

biológica, organismos beneficiosos y microflora del suelo, que causan un impacto fitosanitario (efectos indirectos).

- La posibilidad de propiedades fitopatógenas, incluyendo, por ejemplo: riesgos fitosanitarios planteados por nuevos rasgos en organismos no considerados normalmente un riesgo fitosanitario; casos de fortalecimiento de la recombinación de virus, transencapsulación y sinergia relacionados con la presencia de secuencias de virus; y riesgos fitosanitarios asociados con secuencias de ácido nucleico (marcadores, promotores, terminadores, etc.) presentes en el inserto.

Posteriormente, un pequeño grupo, integrado por expertos del CDB/Protocolo de Cartagena y en protección fitosanitaria, se reunió para preparar un proyecto de norma que ofrecería directrices generales sobre la realización de análisis de riesgos de plagas en relación con los mencionados riesgos fitosanitarios potenciales. En el proceso de elaboración de la norma, el grupo de trabajo señaló varias cuestiones importantes con respecto al ámbito de aplicación de la CIPF y los riesgos fitosanitarios potenciales de los OVM. En particular, señaló que, mientras algunos tipos de OVM requerirían un análisis de riesgos de plagas debido a que podrían presentar riesgos fitosanitarios, muchas otras categorías de OVM no plantean riesgos fitosanitarios, especialmente algunas características modificadas como el período de maduración o el tiempo de conservación. Asimismo, se subrayó que el análisis del riesgo de plagas se referiría sólo a los riesgos fitosanitarios de los OVM, pero que tal vez sería también necesario tener en cuenta otros riesgos potenciales (por ejemplo, los problemas para la salud humana de los productos alimenticios). Se indicó también que los mencionados riesgos fitosanitarios potenciales podrían estar también asociados con cultivos que no son OVM o han sido mejorados convencionalmente. Se reconoció que los procedimientos de análisis de riesgos de la CIPF se ocupan en general de características fenotípicas y no de características genotípicas, y se observó que podría ser necesario examinar estas últimas al evaluar los riesgos fitosanitarios de los OVM.

El Comité de Normas ha examinado el

⁸ En el Protocolo de Cartagena sobre Seguridad de la Biotecnología del Convenio sobre la Diversidad Biológica, se define organismo vivo modificado como «cualquier organismo vivo que posea una combinación nueva de material genético que se haya obtenido mediante la aplicación de la biotecnología moderna» (Secretaría del Convenio sobre la Diversidad Biológica, 2000).

proyecto de norma y lo ha distribuido a todos los miembros para que lo examinaran e hicieran observaciones. En noviembre de 2003, el Comité de Normas examinó las observaciones sobre el proyecto de normas recibidas de los países. Se modificó el proyecto de norma teniendo en cuenta las observaciones recibidas y se sometió a la CIMF en su sexto período de sesiones de abril de 2004, para que apruebe la norma.

Conclusiones

Hasta ahora, en los países donde se han producido cultivos transgénicos, no ha habido ningún informe verificable de que causen algún peligro importante para la salud o el medio ambiente. Las mariposas monarca no han sido exterminadas. Las plagas no han desarrollado resistencia al Bt. Han aparecido algunas pruebas de malas hierbas tolerantes a los herbicidas, pero éstas no han invadido ecosistemas agrícolas o naturales. Por el contrario, se están viendo algunos beneficios sociales y ambientales importantes. Los agricultores están empleando menos plaguicidas y están sustituyendo productos químicos tóxicos con otros menos nocivos. Como consecuencia de ello, los trabajadores agrícolas y los suministros de agua están protegidos de los venenos, y aves e insectos benéficos están volviendo a los campos de los agricultores.

Entretanto, la ciencia avanza rápidamente. Algunos de los problemas planteados por la primera generación de cultivos transgénicos tienen soluciones técnicas. Las nuevas técnicas de transformación genética están eliminando los genes marcadores antibióticos y los genes promotores que eran objeto de preocupación para algunos. Las variedades que incluyen dos genes Bt diferentes reducen la probabilidad de que las plagas desarrollen resistencia. Se están elaborando estrategias de gestión y técnicas genéticas para evitar el flujo de genes.

No obstante, el hecho de que hasta ahora no se hayan observado efectos negativos no significa que no puedan ocurrir, y los científicos están de acuerdo en que los conocimientos sobre los procesos ecológicos y de inocuidad de los alimentos son incompletos. Queda aún mucho por conocer. No puede asegurarse la inocuidad completa

y los sistemas reglamentarios y las personas que los administran no son perfectos. ¿Cómo se ha de proceder a falta de una certeza científica? El GM Science Review Panel (pág. 25) sostiene que:

Existe claramente la necesidad de que la comunidad científica investigue más en varios sectores, las compañías elijan bien en lo relativo a la proyección de transgenes y plantas huésped y se elaboren productos que satisfagan deseos más amplios de la sociedad. Por último, el sistema de reglamentación... deberá seguir actuando de forma que se determine el grado de riesgo e incertidumbre, se conozcan las características distintivas de la modificación genética, las diferentes perspectivas científicas y las correspondientes lagunas en los conocimientos, y se tengan en cuenta el contexto y la referencia del mejoramiento genético convencional.

El Nuffield Council (pág. 44) recomienda que «a la evaluación de riesgos se apliquen las mismas normas que a las plantas y alimentos modificados y no modificados genéticamente, y que los riesgos de no actuar reciban el mismo análisis atento que los riesgos de la actuación...». Concluye además (pág. 45):

No adoptamos la opinión de que haya pruebas suficientes de peligro actual o potencial que justifiquen en este momento una moratoria de la investigación, de los ensayos de campo o de la liberación controlada de cultivos modificados genéticamente en el medio ambiente. Por ello, recomendamos que se mantenga la investigación sobre cultivos modificados genéticamente, regida por una aplicación razonable del principio de precaución.

La Declaración de la FAO sobre Biotecnología (FAO, 2000b) apunta en la misma dirección:

La FAO apoya un sistema de evaluación de base científica que determine objetivamente los beneficios y riesgos de cada OMG. Para ello hay que adoptar un procedimiento prudente caso por caso para afrontar las preocupaciones legítimas por la bioseguridad de cada producto o proceso antes de su homologación. Es necesario evaluar los posibles efectos en la biodiversidad, el medio ambiente y la inocuidad de los alimentos, y la medida en que los beneficios del producto o proceso compensan los riesgos calculados. El proceso de evaluación deberá tener en cuenta la experiencia adquirida por las autoridades nacionales de normalización

al aprobar tales productos. También es imprescindible un atento seguimiento de los efectos de estos productos y procesos después de su homologación a fin de asegurar que sigan siendo inocuos para los seres humanos, los animales y el medio ambiente.

La ciencia no puede declarar que una tecnología está completamente exenta de

riesgos. Los cultivos sometidos a ingeniería genética pueden reducir algunos riesgos ambientales asociados con la agricultura convencional, pero también introducirá nuevos desafíos que hay que afrontar. La sociedad tendrá que decidir cuándo y dónde la ingeniería genética es suficientemente segura.

6. Posiciones de la opinión pública con respecto a la biotecnología agrícola

Las actitudes del público con respecto a la biotecnología serán muy importantes para determinar la amplitud de la adopción de las técnicas de ingeniería genética en la alimentación y la agricultura. Se ha estudiado ampliamente la opinión pública en Europa y América del Norte, pero no tanto en otros países, y los datos comparables internacionalmente son muy limitados. En este capítulo se examinan los estudios sobre opinión pública comparables realizados con mayor amplitud hasta ahora acerca de la biotecnología agrícola (Hoban, 2004). Se concluye con un examen de la posible función del etiquetado para atender diversas actitudes del público con respecto a los alimentos transgénicos.

No es sorprendente que las actitudes del público respecto de la biotecnología agrícola difieran mucho según los países, ya que la población europea expresa generalmente opiniones más negativas que la de las Américas, Asia y Oceanía. Las actitudes se relacionan generalmente con los niveles de ingresos, siendo las de la población de los países más pobres más positivas que las de los más ricos, si bien hay excepciones a esta norma. Aunque algunos estudios no son muy precisos (por ejemplo, utilizan frecuentemente los términos «biotecnología» e «ingeniería genética» de forma intercambiable, véase el Recuadro 25), tales estudios señalan que la población tiene opiniones bastante matizadas. Algunas personas consideran indeseables todas las aplicaciones de la ingeniería genética, pero la mayoría hacen distinciones sutiles, considerando el tipo de modificación y los riesgos y beneficios potenciales.

Beneficios y riesgos de la biotecnología

El estudio internacional más amplio sobre las percepciones del público acerca de la

biotecnología es una encuesta realizada a unas 35 000 personas de 34 países de África, Asia, las Américas, Europa y Oceanía (véase la lista en la Figura 10) por Environics International⁹ (2000). Se preguntó a 1 000 personas de cada país en qué medida estaban de acuerdo o en desacuerdo con la siguiente afirmación:

Los beneficios de utilizar la biotecnología, para crear cultivos alimentarios modificados genéticamente que no requieran plaguicidas y herbicidas químicos, son mayores que los riesgos.

Las respuestas a esta afirmación muestran diferencias importantes por regiones (Figura 10). La gente de las Américas, Asia y Oceanía aceptaba con mucha mayor probabilidad que la de África y Europa que los beneficios de este empleo de la biotecnología son superiores a los riesgos. Mientras casi las tres quintas partes de la población encuestada en las Américas, Asia y Oceanía respondió positivamente, sólo algo más de un tercio de los europeos y algo más de la mitad de los africanos estaban de acuerdo. Los africanos y europeos eran también más ambivalentes en sus respuestas, ya que un quinto y un tercio, respectivamente, dijeron que no estaban seguros, frente a sólo un octavo de los americanos, asiáticos y oceánicos.

En general, las personas de países con ingresos más altos tienden a ser más escépticas sobre los beneficios de la biotecnología y a preocuparse más por los riesgos potenciales, si bien hay excepciones a esta norma. Dentro de Asia, por ejemplo, los ciudadanos de países de ingresos más altos, como Japón y la República de Corea, son más escépticos sobre los beneficios y se preocupan más por los riesgos potenciales

⁹ En noviembre de 2003, el nombre de Environics International se cambió en GlobeScan Inc.

RECUADRO 25 Formular las preguntas correctas

Las respuestas a los sondeos de opinión dependen, entre otras cosas, de la formulación exacta de las preguntas. Las investigaciones han demostrado que, si se pregunta por la «biotecnología», es más probable que se suscite una respuesta positiva que si se pregunta por la «ingeniería genética». Aunque estas sutilezas pueden hacer variar en un 10-20 por ciento el resultado de las

respuestas, muchos estudios utilizan estos términos muy libremente. Hay otros factores que pueden influir en las respuestas, como la forma en que se elige a los encuestados y el tipo y la cantidad de material de referencia que se les facilita. Por estas razones, deben hacerse con cautela las comparaciones entre diferentes estudios realizados en distintos lugares y momentos.

de la biotecnología que los de países de ingresos más bajos, como Filipinas e Indonesia. De igual forma, en América Latina, los ciudadanos de países de ingresos más altos, como la Argentina y Chile, son más escépticos que los de países de ingresos menores, como la República Dominicana y Cuba. Sin embargo, hay excepciones a esta observación. Dentro de Europa, por ejemplo, los habitantes de los Países Bajos, que tienen ingresos más elevados que los de Grecia, muestran, por término medio, una actitud más positiva sobre la biotecnología. Es evidente que factores distintos de los niveles de ingresos son importantes para determinar las actitudes en esta materia.

Dentro de Asia y Oceanía, las opiniones favorables varían, desde el 81 por ciento en Indonesia hasta sólo el 33 por ciento en Japón. En países de ingresos más altos de Asia y Oceanía –Australia, Japón y la República de Corea– había en general una tendencia menor que en otros países a admitir que los beneficios de la biotecnología para reducir los plaguicidas y herbicidas químicos son superiores a los riesgos. Las diferencias de opiniones en las Américas no eran tan amplias, ya que el acuerdo variaba del 79 por ciento en Cuba al 44 por ciento en Argentina. Dentro de América Latina y el Caribe, en los países de ingresos más altos –Argentina, Chile y Uruguay–, se mostraba una actitud algo más negativa que en los demás. Dentro de América del Norte, la aceptación de la mencionada afirmación era constantemente elevada. La opinión europea era en general menos favorable que en otras regiones, variando de un acuerdo del 55 por ciento en los Países Bajos al 22 por ciento en Francia y Grecia.

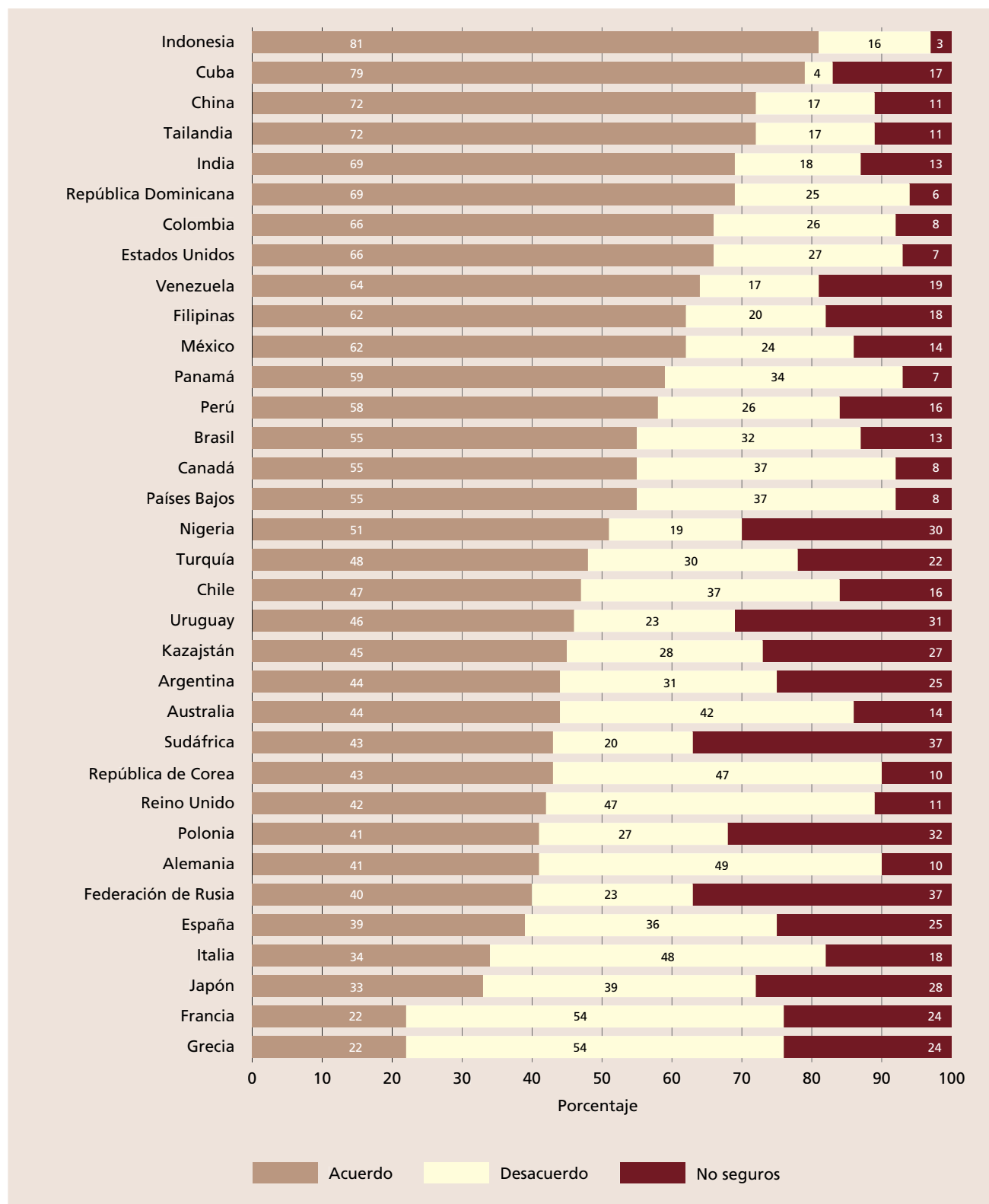
En general, la población de los países en desarrollo tendía más a apoyar la aplicación de la ingeniería genética para reducir el empleo de plaguicidas y herbicidas químicos. Por término medio, las tres quintas partes de los encuestados de países no pertenecientes a la OCDE estaban de acuerdo con la afirmación, frente a los dos quintos en los países de la OCDE. Esto indica que la gente de los países más pobres tiende a valorar más los beneficios potenciales de la biotecnología que los riesgos percibidos, mientras que en los países más ricos se observa lo opuesto. Los países de la OCDE con un mayor porcentaje de acuerdo eran aquellos donde se producen ya cultivos sometidos a ingeniería genética: Canadá, México y los Estados Unidos.

Apoyo a distintas aplicaciones de la biotecnología

En el estudio de Environics International (2000) se hacía una segunda pregunta a los encuestados sobre si apoyarían o se opondrían a la utilización de la biotecnología para poner a punto cada una de ocho aplicaciones diferentes (Figura 11). La aprobación del público difiere mucho según cuál sea la aplicación específica de la biotecnología. Las aplicaciones que atienden preocupaciones por la salud humana o el medio ambiente se consideran más favorablemente que las orientadas a incrementar la productividad agrícola. Casi todos los encuestados indicaron que apoyarían el empleo de la biotecnología para producir nuevos medicamentos para los seres humanos, si bien el 13 por ciento

FIGURA 10

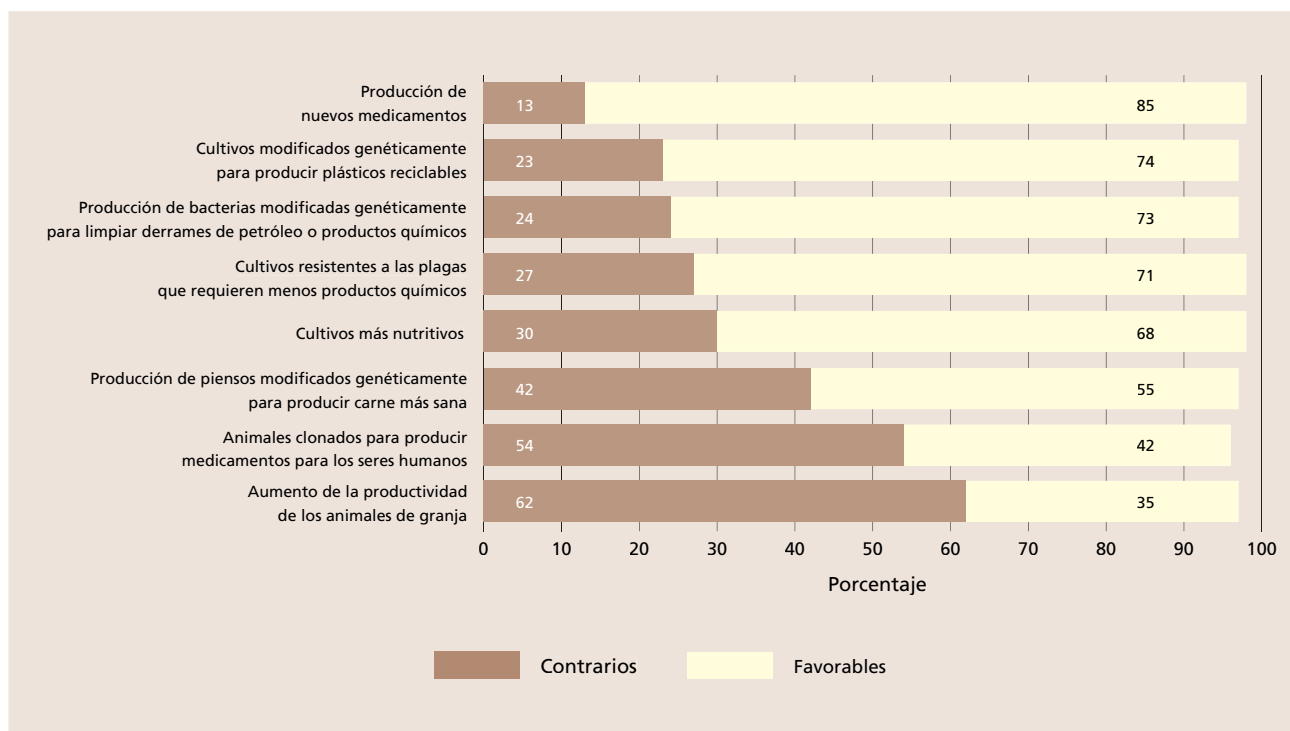
¿Son los beneficios de la biotecnología superiores a los riesgos?



Fuente: EnviroNics International, 2000.

FIGURA 11

¿Está usted a favor de estas aplicaciones de la biotecnología?



Fuente: Environics International, 2000.

se opondría. Más del 70 por ciento estuvo a favor del uso de la biotecnología para proteger o reparar el medio ambiente, por ejemplo, cultivos que producen plásticos, bacterias que limpian los residuos en el medio ambiente o cultivos que requieren menos productos químicos. Una gran mayoría (68 por ciento) de los encuestados se mostró favorable a la producción de cultivos más nutritivos.

Las aplicaciones de la biotecnología relacionadas con los animales recibieron mucho menos apoyo que las relativas a los cultivos o bacterias. Sólo algo más de a mitad de los encuestados (55 por ciento) estuvo a favor de los piensos modificados genéticamente, aun en el caso de que permitieran producir carne más sana. Al empleo de la biotecnología para clonar animales con fines de investigación médica se opuso el 54 por ciento de los encuestados, y el 62 por ciento se opuso a la modificación genética de los animales para incrementar la productividad. Estos resultados indican que la gente acepta menos la biotecnología animal, quizás porque implica cuestiones éticas

más complejas. Parece haber una mayor probabilidad de que se acepten aplicaciones de biotecnología animal que impliquen algún beneficio tangible, especialmente para la salud humana, mientras que convencen menos a la opinión los beneficios económicos como el aumento de la productividad.

Expectativas personales sobre la biotecnología

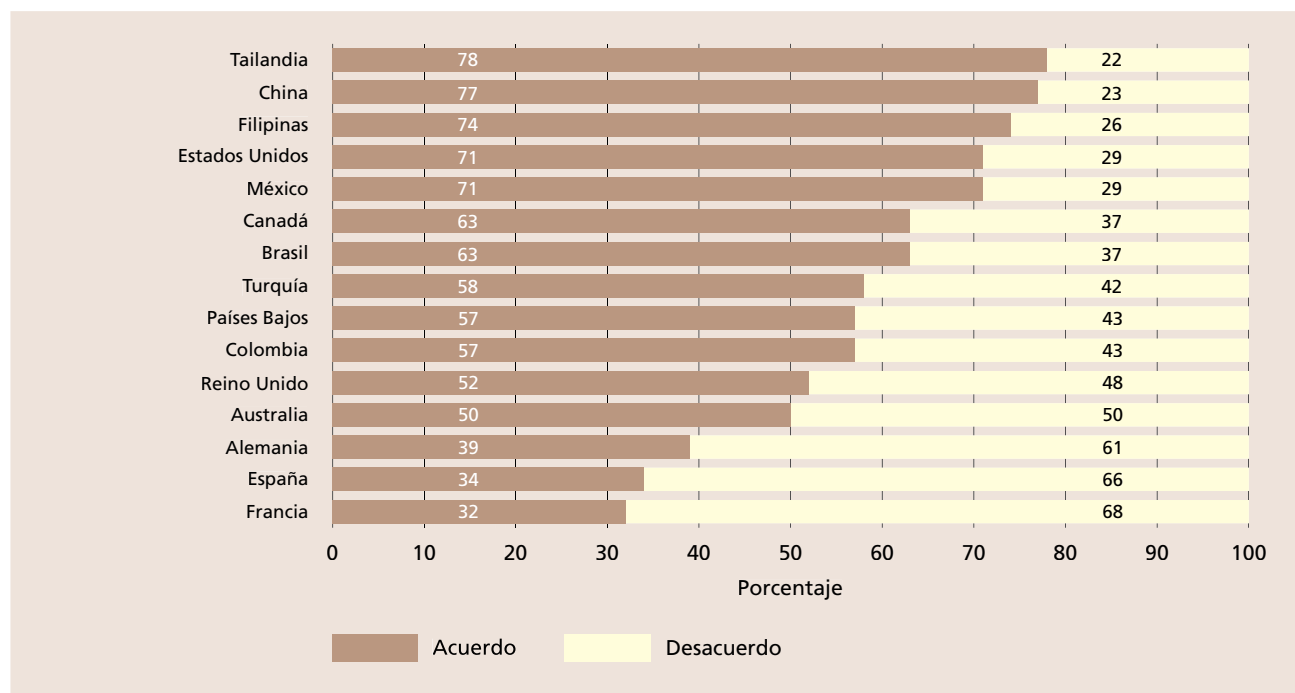
Con una serie de preguntas complementarias, Environics International (2000) trató de comprender algunas de las actitudes y preocupaciones subyacentes al apoyo o la oposición del público a la biotecnología. En 15 de los países del estudio, se preguntó a los encuestados que indicaron haber oído algo sobre la biotecnología si estaban de acuerdo o no con la siguiente afirmación:

La biotecnología beneficiará a personas como yo en los próximos cinco años.

Casi el 60 por ciento de los informantes estaban de acuerdo en que la biotecnología sería beneficiosa (Figura 12). Los ciudadanos

FIGURA 12

¿Beneficiará la biotecnología a personas como yo?



Fuente: Environics International, 2000.

de las Américas, Asia y el Oceanía eran mucho más optimistas que los europeos en que la biotecnología les beneficiaría (no se incluyó a países africanos en estas cuestiones complementarias). Los dos tercios de los encuestados de las Américas, Asia y Oceanía sostuvieron esta opinión, frente a menos de la mitad de los europeos. La distinción por niveles de ingresos fue similar. Sólo algo más de la mitad de los encuestados de países de la OCDE creía que la biotecnología les beneficiaría, mientras que casi los tres cuartos de los habitantes de países no pertenecientes a la OCDE aceptaban la afirmación. Los encuestados de los países que se mostraban pesimistas sobre el potencial de la biotecnología para beneficiarles tendían también a estar menos de acuerdo en que los beneficios de los cultivos modificados genéticamente compensaban los riesgos. Este resultado corresponde a los niveles más altos de aceptación de la biotecnología en las Américas, Asia y Oceanía registrados en la Figura 10 y sugiere que quienes creen que la biotecnología les beneficiará personalmente apoyarán su empleo con mayor probabilidad.

Preocupaciones de orden moral y ético

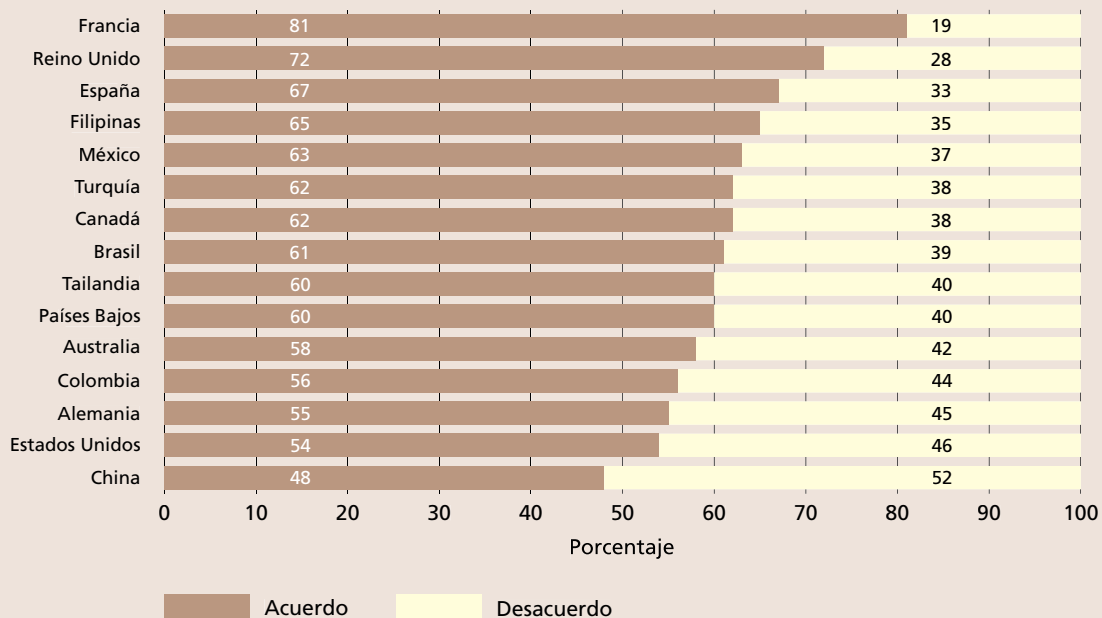
Se formuló una segunda pregunta complementaria sobre si se estaba de acuerdo o no con esta afirmación:

La modificación de genes de plantas o animales es ética y moralmente inaceptable.

Más del 60 por ciento de los encuestados estaba de acuerdo con esta afirmación y las respuestas fueron más equiparables entre los países que las dadas a otras preguntas (Figura 13). Más de la mitad de los encuestados en todos los países, salvo China, estaba de acuerdo en que la modificación genética de plantas o animales es ética y moralmente inaceptable. Este resultado parece oponerse a la aceptación generalmente elevada de la biotecnología de las plantas que muestran las Figuras 10 y 11, y puede reflejar el hecho de que la afirmación consideraba la modificación genética tanto de animales como de plantas. Como aparece en la Figura 11, la gente estaba menos inclinada a aceptar cualquier forma de biotecnología que afecte a los animales.

FIGURA 13

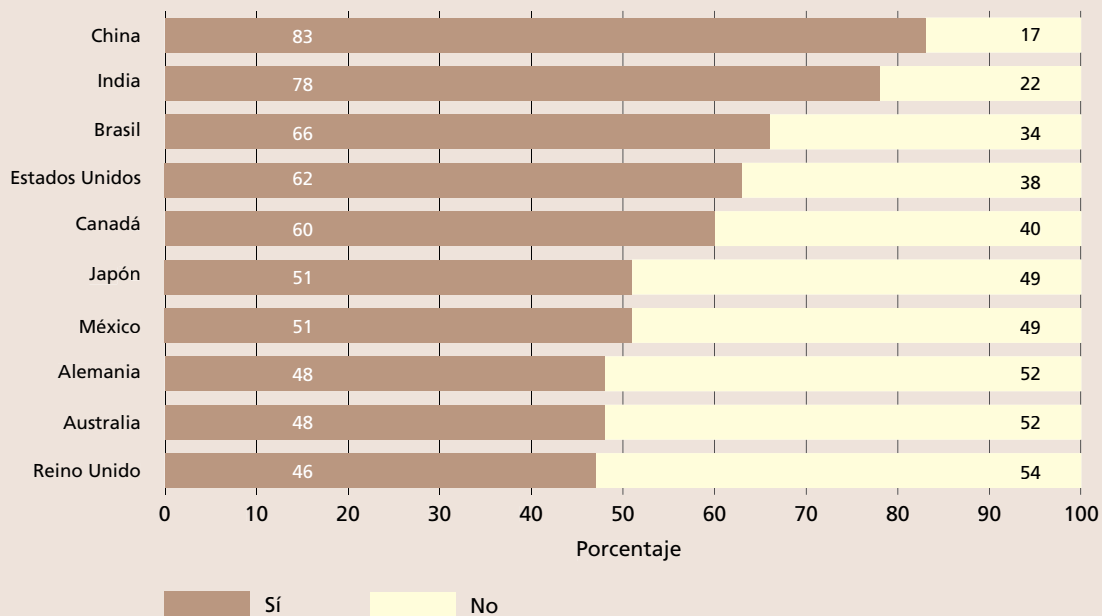
¿Es inaceptable la modificación de genes de las plantas o los animales?



Fuente: Environics International, 2000.

FIGURA 14

¿Compraría usted alimentos enriquecidos nutricionalmente?



Fuente: Environics International, 2001.

Las personas se dividían con arreglo a diferencias regionales y por ingresos en sus juicios éticos y morales sobre la modificación genética, siendo más probable entre los europeos que entre los americanos, los asiáticos y los oceánicos la opinión de que la modificación genética es ética y moralmente inaceptable. Los ciudadanos de países de la OCDE se inclinaban también más que los de países no pertenecientes a ella a tener reservas éticas o morales sobre la modificación genética. Las divisiones por regiones e ingresos son menos netas que con respecto a las demás afirmaciones, pero las pautas generales son semejantes. En los países donde los encuestados consideran la modificación genética moral y éticamente inaceptable, hay también menos personas que aceptan que los beneficios de la biotecnología son superiores a los riesgos o que la biotecnología las beneficiará.

Aplicaciones orientadas al consumidor

En un segundo estudio, Environics International (2001) examinó si sería más elevada la tasa de aceptación en caso de que los productos fueran más beneficiosos para los consumidores. Se preguntó a 10 000 consumidores de diez países si comprarían alimentos con ingredientes modificados genéticamente si los productos resultantes fueran más nutritivos (Figura 14). Se dio a los encuestados la opción de seguir comprando el producto o dejar de hacerlo en caso de que se enteraran de que estaba modificado genéticamente.

Casi el 60 por ciento de los encuestados indicaron que comprarían alimentos enriquecidos nutricionalmente. Los consumidores europeos estaban menos dispuestos que los de otras regiones, pero las diferencias geográficas parecen ser menos claras que respecto de otras preguntas. El nivel de ingresos tiene una relación mayor con el deseo de comprar alimentos enriquecidos nutricionalmente. Más del 75 por ciento de los consumidores de China e India y el 66 por ciento de los del Brasil indicaron su deseo de comprar alimentos modificados genéticamente más nutritivos. Sólo algo más de la mitad de los consumidores de países de la OCDE mostraron

el deseo de comprarlos y una mayoría de los consumidores de Australia, Alemania y el Reino Unido no lo harían. Estos resultados indican que aunque, en muchos países, se aceptarían favorablemente nuevos cultivos modificados genéticamente que beneficien claramente a los consumidores, es posible que tales cultivos no superaran la oposición de los consumidores en todos los países.

Etiquetado de los alimentos y biotecnología

La falta de un consenso social y científico sobre la moderna biotecnología agrícola ha inducido a algunos a proponer que los productos de esta tecnología se etiqueten como tales, como solución de compromiso y para seguir avanzando. Quienes proponen el etiquetado sostienen que la información en los envases de los alimentos permitirá a cada consumidor elegir si acepta o rechaza la ingeniería genética al decidir si los compra o no. Quienes se oponen aducen que tales etiquetas predispondrían injustamente a los consumidores contra alimentos determinados como inocuos para el consumo por las instituciones normativas nacionales. Aunque parece una solución simple, el etiquetado ha sido objeto de complejos debates dentro de los países y entre ellos (Capítulo 5).

Producto o proceso

Hay acuerdo general en que los productos modificados genéticamente deben etiquetarse como tales si difieren de los convencionales por sus propiedades nutricionales, organolépticas (por ejemplo, sabor, aspecto, textura) y funcionales. También hay acuerdo en que los alimentos que puedan causar reacciones alérgicas como consecuencia de la modificación genética deben llevar una advertencia en la etiqueta, en caso de que se permita su comercialización (FAO/OMS, 2001, sección 4.2.2). En esta situación, la cuestión se centra en el producto final y el etiquetado tiene por objeto impedir que se induzca a error y advertir a los consumidores de posibles riesgos (es decir, las razones tradicionales del etiquetado). Es de señalar, no obstante, que los textos del Codex sobre la evaluación de la inocuidad de los alimentos que contienen OMG desaconsejan la transferencia de genes

que serían calificados de alérgenos (FAO/OMS, 2003b) y, por lo tanto, no es probable que tales productos sean aprobados por las instituciones normativas nacionales.

Se ha propuesto que se indique en la etiqueta de un producto el hecho de que se han utilizado procesos de biotecnología en su fabricación. Se están debatiendo los criterios para determinar si un producto sería etiquetado de esta forma si el producto final no tuviera una diferencia discernible con el producto convencional, si no tuviera trazas detectables de ADN, etc., (FAO/OMS, 2003b).

Frecuentemente los motivos del etiquetado basado en el proceso se orientan al logro de objetivos sociales, como ofrecer oportunidades de elección a los consumidores y proteger el medio ambiente. El etiquetado para informar a los consumidores sobre un proceso es una forma relativamente nueva de utilizar las etiquetas de los alimentos y es objeto de discusión.

Derecho a conocer o necesidad de conocer

Quienes proponen el etiquetado de los alimentos sometidos a la bioingeniería consideran que los ciudadanos tienen el derecho a conocer la información sobre los procesos utilizados para producir el alimento. Pocos estarían en desacuerdo con ello, pero quienes se oponen a dicho etiquetado sostienen que esa información, que no es esencial para proteger la salud y evitar el fraude, puede inducir a confusión al consumidor y podría tener efectos perjudiciales.

Aunque hay poca experiencia sobre las reacciones de los consumidores al etiquetado de alimentos sometidos a ingeniería genética, sí existe en la industria alimentaria la preocupación de que las etiquetas inducirían a los consumidores a deducir que tales productos son inferiores a los convencionales.

Según las investigaciones, son distintas las fuentes de información que influyen en las decisiones de los consumidores sobre la compra de alimentos (Frewer y Shepherd, 1994; Einsiedel, 1998; Knoppers y Mathios, 1998; Pew Initiative, 2002b; Tegene *et al.*, 2003); así pues, los efectos del etiquetado de los alimentos podrían depender de otros mensajes que recibe el público. Los tipos de información pública disponibles con

respecto a la biotecnología varían según los diferentes países y entre los distintos sectores de la población, por lo que es difícil hacer generalizaciones sobre los efectos del etiquetado.

Etiquetado obligatorio o voluntario

Varios países han estudiado si obligar a los productores de alimentos a que manifiesten que un alimento ha sido producido por medio de la biotecnología. Algunos gobiernos han promulgado códigos que hacen obligatorio el etiquetado (por ejemplo, la Unión Europea, Australia, China, Japón, México, Nueva Zelandia y la Federación de Rusia).

Otros países rechazan este método (por ejemplo, Argentina, Brasil, Canadá, Sudáfrica y los Estados Unidos). Sin embargo, algunos están estudiando la posibilidad de un etiquetado voluntario para los productores que deseen facilitar esta información a los consumidores.

Etiquetado negativo: «Este producto no contiene ingredientes derivados de ingeniería genética»

Se ha propuesto que las etiquetas en las que se indique que un alimento no contiene productos de biotecnología («etiquetado negativo») darían a los consumidores la posibilidad de evitar alimentos derivados de ingeniería genética. Se estimularía así el desarrollo de mercados nicho para algunos productores como los de productos agrícolas orgánicos.

Quienes se oponen a este enfoque consideran que tales etiquetas inducirían a error a los consumidores, haciendo que deduzcan que los alimentos sometidos a ingeniería genética son inferiores. Otros sostienen que la exigencia de que un productor demuestre que un producto no está modificado genéticamente supone una carga injusta para los pequeños productores.

Consideraciones técnicas, económicas y políticas

Las políticas de etiquetado, para ser eficaces, deben apoyarse en servicios de normalización, ensayo, certificación y aplicación (Golan, Kuchler y Mitchell, 2000). El etiquetado plantea varios problemas que no se han resuelto, tales como la necesidad de identificar las definiciones y términos

más adecuados que han de utilizarse en la etiqueta, la elaboración de técnicas y sistemas científicos para el seguimiento de la presencia de ingredientes derivados de ingeniería genética en los alimentos y la promulgación de reglamentos apropiados para aplicar una política de etiquetado.

Todas las opciones de etiquetado implican gastos que serían costeados inicialmente por los productores de alimentos y los gobiernos, pero que podrían hacer subir los precios de los alimentos y los impuestos. Los eticistas han sostenido que no sería apropiado imponer estos costos a todos los consumidores porque algunas personas no se preocupan de la biotecnología (Thompson, 1997; Nuffield Council on Bioethics, 1999). Otros defienden que el etiquetado obligatorio está justificado si una gran proporción de la población desea obtener la información. Algunos consumidores podrían verse limitados en su elección de los alimentos o bien por sus bajos ingresos o por la falta de otras posibilidades, mientras que otros podrían no ser capaces de entender las etiquetas. Por consiguiente, el etiquetado, en cuanto tal, no reflejaría plenamente las preferencias de los consumidores.

El etiquetado suscita posibles cuestiones de competencia desleal entre los productores de alimentos. Además del impacto económico dentro de los países, el etiquetado podría tener efectos en el comercio internacional. Los exportadores de productos alimenticios sometidos a ingeniería genética se han opuesto a las políticas de etiquetado obligatorio de los países importadores, considerándolas barreras injustificadas al comercio.

Solución del debate: la Comisión del Codex Alimentarius

Estas cuestiones han sido objeto de las deliberaciones del Comité sobre Etiquetado de los Alimentos de la Comisión del Codex Alimentarius durante varios años. En la reunión de dicho Comité celebrada en mayo de 2003, se estableció un grupo de trabajo para tratar esta cuestión.

Conclusiones

Las posiciones del público con respecto a la biotecnología, especialmente la

ingeniería genética, son complejas y matizadas. Se han realizado relativamente pocas investigaciones internacionalmente comparables sobre la opinión pública, pero las disponibles muestran notables diferencias entre las regiones y dentro de ellas. En general, hay más probabilidades de que los habitantes de países más pobres acepten que los beneficios de la biotecnología agrícola son superiores a los riesgos, que ésta les beneficiará y que es moralmente aceptable. Los americanos, los asiáticos y los oceánicos son mucho más optimistas sobre el futuro de la biotecnología que los africanos y europeos. Hay excepciones a estas pautas simples, pero es evidente que son muchos los factores que influyen en las actitudes hacia la biotecnología.

Es manifiesto que pocas personas expresan un apoyo u oposición totales a la biotecnología. La mayoría parece establecer distinciones sutiles entre técnicas y aplicaciones con arreglo a una serie compleja de consideraciones, entre las que figuran la utilidad percibida de la innovación, su potencial para causar o aliviar peligros para los seres humanos, los animales y el medio ambiente, y su aceptabilidad moral o ética. En todas las regiones hay una aceptación más general de las aplicaciones médicas que de las agrícolas, y de las aplicaciones agrícolas para las plantas que de las destinadas a los animales. En general se aceptan más las innovaciones que proporcionan beneficios tangibles a los consumidores o al medio ambiente que las encaminadas a incrementar la productividad agrícola. Estas sutiles distinciones indican que las posiciones del público hacia la biotecnología agrícola cambiarán a medida que se pongan a punto nuevas aplicaciones y se llegue a disponer de más pruebas sobre los efectos socioeconómicos, ambientales y en la inocuidad de los alimentos. Se necesitan más investigaciones internacionalmente comparables para identificar la serie polifacética de factores que influyen en las opiniones del público respecto a la biotecnología y para comprender las formas en que evolucionan.

Se considera el etiquetado como un medio para salvar las diferencias en las actitudes del público con respecto a la biotecnología, especialmente a la ingeniería genética. Aunque pueda parecer

una solución simple, el debate sobre las ventajas y la viabilidad del etiquetado es complejo. La cuestión afecta a los motivos fundamentales del etiquetado de los alimentos y tiene repercusiones sobre la equidad en la distribución, los derechos de los consumidores y el comercio internacional. Hay quien defiende que la gente tiene derecho a saber si un producto se ha obtenido por medio de la ingeniería genética, incluso en el caso de que no difiera de forma discernible de su

homólogo convencional. Otros sostienen que tales etiquetas inducirían a error a los consumidores, suponiendo una diferencia donde no la hay. Hay otros desacuerdos sobre la aplicación técnica de la obligación del etiquetado y sobre quién sufragaría los costos. Actualmente no hay ningún consenso internacional sobre este asunto, pero la Comisión del Codex Alimentarius sigue trabajando para establecer directrices acordadas sobre el etiquetado de los alimentos.



Sección C: Utilización de los trabajos de biotecnología en favor de los pobres

7. La investigación y la política de investigación en favor de los pobres

La biotecnología agrícola entraña enormes promesas para abordar un conjunto de dificultades técnicas que afrontan los campesinos pobres en los países pobres (Capítulo 2). Desde la Revolución Verde se sabe que la investigación agrícola puede estimular un crecimiento económico sostenible en los países en desarrollo, pero el modelo de investigación y la transferencia de tecnología que hizo posible la Revolución Verde se han venido abajo (Capítulo 3). Ese sistema estaba explícitamente concebido para promover el desarrollo y la transferencia internacional de tecnologías que promueven la productividad a los agricultores de los países pobres como bienes públicos gratuitos. La investigación mundial sobre la biotecnología agrícola, en cambio, está dominada por el sector privado, que se concentra en los cultivos y los rasgos importantes de la agricultura comercial en grandes mercados rentables.

El sector privado ha demostrado que puede proporcionar cultivos transgénicos a los agricultores pobres de los países pobres cuando los agricultores son capaces de sacar provecho de los productos elaborados con fines comerciales en otros lugares, como en el caso del algodón Bt en Argentina, México y Sudáfrica, o cuando el sector público desempeña un papel fundamental, como en China (Capítulo 4). ¿Quién llevará a cabo innovaciones biotecnológicas para

la mayoría de los países en desarrollo que tienen un potencial de mercado demasiado pequeño para atraer grandes inversiones del sector privado y que no poseen suficiente capacidad científica para realizar sus propias innovaciones? ¿Cómo pueden salvarse los obstáculos a la transferencia internacional de tecnología con el fin de que más países puedan sacar partido de las innovaciones tecnológicas elaboradas en otros lugares? Actualmente, no existe ninguna infraestructura institucional que posea los recursos y los incentivos necesarios para suministrar innovaciones biotecnológicas a los agricultores de los países pobres.

En el presente capítulo se analiza cómo prestar mejor atención a la investigación del sector público y del sector privado sobre los problemas de los pobres y cómo aumentar la probabilidad de que los agricultores de los países en desarrollo puedan recibir los beneficios indirectos resultantes de tecnologías elaboradas en otros países. Muchas de las recomendaciones idénticas se pueden concentrar más en la investigación sobre los pobres y en garantizar que tengan acceso a las tecnologías resultantes. En un mundo en el que las tecnologías perfeccionadas se están haciendo cada vez más complejas y caras, el nivel de colaboración entre las instituciones públicas y entre las instituciones públicas y privadas debe aumentar.

Facilitar el acceso a las aplicaciones de la biotecnología

¿Cómo pueden más agricultores de más países obtener acceso a las tecnologías que están surgiendo gracias a la Revolución Genética? Varios factores limitan la transferencia internacional de nuevas tecnologías agrícolas e impiden a los agricultores sacar partido de la investigación agrícola pública y privada que ya se está produciendo en todo el mundo. Entre las medidas más importantes que es preciso que adopten los países y la comunidad internacional para facilitar la transferencia inocua de tecnologías cabe mencionar las siguientes. Muchas de estas medidas contribuirán asimismo a atraer la inversión pública y privada hacia la investigación sobre los problemas de los pobres al reducir los costos de la elaboración de tecnologías y al ampliar el mercado probable para innovaciones tecnológicas. Los países y la comunidad internacional deben:

- establecer procedimientos de reglamentación transparentes, previsibles y basados en la ciencia, y armonizar los procedimientos de reglamentación, cuando proceda, en los planos regional o mundial;
- establecer protecciones de los derechos de propiedad intelectual apropiadas para garantizar que los promotores puedan obtener un rendimiento adecuado de sus inversiones;
- reforzar los programas de genética vegetal y los sistemas de semillas nacionales; y
- promover la elaboración de insumos agrícolas eficientes y de mercados para los productos, y reducir los obstáculos comerciales a la transferencia de tecnologías agrícolas.

Prescripciones reglamentarias

La falta o el mal funcionamiento de los sistemas reglamentarios de inocuidad biotecnológica constituyen un gran obstáculo a la producción y difusión de cultivos transgénicos por empresas privadas y el sector público. Las empresas privadas ni invierten en investigaciones sobre los cultivos transgénicos ajustadas a las necesidades de un país ni tratan de comercializar un

producto existente en el país a menos que se instaure un sistema reglamentario transparente y basado en la ciencia.

Las prescripciones reglamentarias incrementan sustancialmente los costos del proceso de investigación y desarrollo de los cultivos transgénicos. Las empresas de biotecnología normalmente cuentan con gastar unos 10 millones de dólares por cada nuevo producto transgénico para promover la cartera de la información requerida sobre la salud y la inocuidad biológica ambiental y agrícola que exigen las autoridades de un país industrializado clásico. Estos costos están justificados, por supuesto, si el procedimiento produce decisiones científicamente sólidas que se ganan la confianza del público y de los elaboradores de tecnologías. No obstante, si una empresa de tecnología tiene que gastar millones de dólares en investigaciones sobre la inocuidad biológica que dupliquen innecesariamente las investigaciones realizadas en otros lugares o en un esfuerzo por satisfacer necesidades que cambian constantemente, tal empresa estará menos interesada en investigar en el país.

Un régimen reglamentario de la inocuidad biotecnológica caro, imprevisible y opaco es aún más restrictivo con respecto a la investigación pública que a la investigación privada, porque las instituciones públicas tienen mucho menos dinero para financiar los ensayos requeridos para cumplir las prescripciones reglamentarias. Si el procedimiento reglamentario es largo y costoso, es posible que sean las grandes empresas multinacionales las únicas instituciones capaces de sufragar la comercialización de un cultivo transgénico.

Los gobiernos deben hallar la manera de racionalizar su reglamentación y de financiar los ensayos necesarios de inocuidad para el medio ambiente y la salud humana si quieren atraer tecnologías elaboradas de manera privada o promover la investigación pública sobre la biotecnología para ayudar a los pobres. La armonización de las medidas de reglamentación de la inocuidad biológica, cuando resulte conveniente, puede reducir duplicaciones innecesarias y disminuir los obstáculos a la transferencia de nuevas variedades fitogenéticas convencionales y transgénicas entre los países en desarrollo. Esto permitiría también a las empresas privadas o a las instituciones del sector

público llegar a un mercado más amplio para los productos de su investigación. Si las normas relativas a la inocuidad biológica se armonizaran sobre una base regional, los países con programas de investigación y desarrollo sobre biotecnología bien desarrollados podrían proporcionar tecnología a los países vecinos con condiciones agroecológicas similares. El número de países con comités de inocuidad biológica está aumentando, pero hasta que se produzca alguna forma de armonización regional y distribución de información sobre la inocuidad biológica, los costos de las transacciones reglamentarias constituirán obstáculos a la entrada insuperables para un número considerable de países.

Derechos de propiedad intelectual

Un segundo obstáculo a la transferencia internacional de biotecnología agrícola es la dificultad de proteger los derechos de propiedad intelectual. La experiencia adquirida hasta la fecha con la protección de los derechos de propiedad intelectual relativos a la soja, el maíz y el algodón transgénicos en todo el mundo es ambigua: su aplicación ha sido amplia en algunos países, escasa en otros y dudosa en la mayoría. A muchas personas les preocupa que las protecciones de los derechos de propiedad intelectual sobre la biotecnología y las variedades fitogenéticas limiten el acceso de los agricultores a las semillas al otorgar a empresas privadas el control monopolista de recursos genéticos vitales y de las técnicas de investigación. Aunque éste no ha sido un problema generalizado hasta ahora (Capítulo 4), los gobiernos tienen una responsabilidad permanente de garantizar que las empresas privadas no saquen provecho de su posición monopolista cobrando precios excesivos por sus productos. Al mismo tiempo, la función esencial de la protección de los derechos de propiedad intelectual de estímulo de las investigaciones y el desarrollo de las tecnologías es evidente. Las empresas deben poder apropiarse de una cantidad suficiente de los ingresos económicos procedentes de la tecnología para justificar sus inversiones (Capítulo 3). Los países tienen necesidad de encontrar un equilibrio adecuado que aporte una protección suficiente de los derechos de propiedad intelectual para estimular las

investigaciones y el desarrollo tecnológico del sector privado al mismo tiempo que protegen a los agricultores contra la explotación monopolista.

Las grandes empresas transnacionales se dan cuenta de que es poco probable que los agricultores de escasos recursos que cultivan productos de subsistencia en los países pequeños se conviertan en compradores comerciales de sus productos, y la protección de los derechos de propiedad intelectual por sí sola es poco probable que les estimule a incorporarse a esos mercados. La protección mejorada de los derechos de propiedad intelectual en algunos de los países en desarrollo mayores podría aportar un fuerte incentivo a las empresas privadas (transnacionales y locales) para realizar más investigaciones sobre los problemas de los pobres y para adaptar y comercializar productos elaborados en otras partes. Las grandes empresas han colaborado con empresas locales para adaptar productos patentados para mercados más pequeños. Por ejemplo, el gen Bt elaborado por Monsanto se ha incorporado al algodón cultivado por pequeños agricultores de África y Asia y recientemente al maíz blanco en Sudáfrica. Las empresas privadas se han mostrado dispuestas a donar y/o comercializar tecnología que puede beneficiar a los pobres y probablemente lo harían más ampliamente si pudieran superar las barreras reglamentarias.

Programas nacionales de fitogenética

Los países que obtendrán las máximas ventajas de los cultivos transgénicos elaborados en otros lugares son los que cuentan con sólidos programas nacionales de fitogenética. La capacidad fitogenética nacional, con o sin la ayuda de la biotecnología, es necesaria para incorporar innovaciones transgénicas importantes a las variedades obtenidas por selección que se adaptan de manera apropiada a las condiciones locales. En el marco de programas de fitogenética, se manipulan recursos genéticos mediante la combinación de genes de dos o más progenitores. Se aplican procedimientos de selección y evaluación para facilitar la identificación de los mejores individuos para las condiciones agroecológicas locales. A continuación se procede a la producción de semillas para

umentar la disponibilidad de los mejores materiales, y permitir que sean entregados a los agricultores como variedades comerciales. El Tratado Internacional sobre los Recursos Fitogenéticos para la Alimentación y la Agricultura destaca juiciosamente la función de los programas de fitogenética y los sistemas de producción de semillas para suministrar los resultados de las investigaciones a los agricultores pobres. Cualquier inversión en biotecnología, efectuada antes de que se tenga la seguridad de disponer de esos componentes, tiene una elevada probabilidad de fracaso.

Mercados eficientes de las tecnologías agrícolas

Un cuarto obstáculo que impide la transferencia internacional de innovaciones de cultivos transgénicos, y posiblemente el más difícil de superar, es la falta de mercados de semillas que funcionen en numerosos países con respecto a la mayoría de los cultivos. Con excepción del maíz, el algodón y las legumbres y hortalizas en unos pocos países, los mercados de semillas están escasamente desarrollados, lo que dificulta la entrega de variedades modernas, con inclusión de variedades transgénicas, a los agricultores. La liberalización de los mercados de insumos y la eliminación de los monopolios estatales pueden aumentar la dimensión potencial del mercado de innovaciones biotecnológicas. Este factor fue importante en el incremento de las investigaciones agrícolas privadas en Asia (Pray y Fuglie, 2000) y sigue siendo importante en el mercado de semillas de algunos países porque a menudo esos mercados son los últimos que quedan por liberalizar (Gisselquist, Nash y Pray, 2002). Muchos países siguen necesitando la intervención estatal para crear la infraestructura física necesaria, como el transporte y las comunicaciones, e infraestructuras institucionales, como la ley y el derecho contractual, que son condición de que los mercados funcionen.

Promoción de las investigaciones de los sectores público y privado en favor de los pobres

Entre los economistas existe un consenso con respecto al tipo de investigación que

se requiere para que la biotecnología contribuya a reducir la pobreza y a las instituciones que deben efectuar las investigaciones (Lipton, 2001; Byerlee y Fischer, 2002; Naylor *et al.*, 2002; Pingali y Traxler, 2002). Cada vez se debate más la manera de estimular la biotecnología pública y la investigación convencional sobre los cultivos de las poblaciones pobres en los países en desarrollo, particularmente en el clima actual de escepticismo acerca de los beneficios de la biotecnología, la disminución del interés de los donantes en financiar investigaciones agrícolas y los reducidos precios agrícolas. Los instrumentos para estimular las investigaciones privadas de biotecnología se conocen mejor, aunque sobre ellos se entablan frecuentes polémicas. Muchas de las medidas descritas anteriormente para reducir los obstáculos que impiden la transferencia internacional de innovaciones biotecnológicas estimularán la realización de más investigaciones en el sector privado y en el sector público en favor de los pobres, pero hacen falta también otras medidas. La parte restante del presente capítulo esboza un programa de investigación para abordar los problemas de los pobres y estudia la forma de estimular las investigaciones públicas y privadas en estas esferas, con inclusión de las asociaciones del sector público y privado para que los investigadores de los países en desarrollo puedan tener acceso a instrumentos de investigación y a genes que aportarán ayuda a los pobres.

En la presente sección se traza un esquema de un programa de investigación en favor de los pobres, y se analizan algunas estrategias para concentrarse más en las investigaciones sobre los problemas de los pobres y garantizar que los países en desarrollo tengan acceso a tecnologías incipientes.

Prioridades de las investigaciones sobre cultivos transgénicos en favor de los pobres

Los cultivos que deberían ser prioritarios en un programa de investigaciones en favor de los pobres son los de los alimentos básicos: el arroz, el trigo, el maíz blanco, la mandioca y el mijo (Naylor *et al.*, 2002). Las cualidades necesarias para mejorar la situación de los agricultores pobres incluyen el aumento del rendimiento potencial, el incremento de

la estabilidad de los rendimientos gracias a la resistencia a las tensiones bióticas y abióticas, y el mejoramiento de la capacidad de cultivar cultivos de subsistencia más nutritivos en situaciones difíciles, como la sequía y la salinidad (Lipton, 2001). La resistencia de los cultivos a los insectos puede ser una característica valiosa para los agricultores pobres, especialmente cuando no se dispone de otros métodos de lucha o en los casos en que se pueden reducir o sustituir controles químicos peligrosos (Capítulo 4). La tolerancia a los herbicidas, por otro lado, puede no ser tan importante en economías con escasas tierras y abundante mano de obra cuando la eliminación a mano de las malas hierbas es una fuente de empleo. Por último, los pequeños agricultores que tienen un escaso acceso a la tierra, la maquinaria y los insumos químicos deben ser objeto de una atención especial.

Una de las maneras más eficientes de reducir la malnutrición de micronutrientes de los pobres es mediante el mejoramiento del contenido de micronutrientes de los cereales básicos (Graham, Welch y Bouis, 2001). En algunos casos esto se puede lograr mediante la selección convencional. De hecho, es probable que entre las primeras variedades nuevas utilizadas para hacer frente a la malnutrición de micronutrientes figure el arroz con un alto contenido de hierro producido por medio de la selección convencional. No obstante, en lo que respecta a algunas características, como la de mejorar el arroz con vitamina A y otros micronutrientes, los cultivos transgénicos pueden tener una función importante (Recuadro 26).

Además del desarrollo de cultivos para satisfacer las necesidades de los pobres, los consumidores y los gobiernos de los países en desarrollo están comenzando a exigir más investigaciones sobre las repercusiones en el medio ambiente y en la salud de los cultivos transgénicos. Muchos países en desarrollo cuentan con escasos conocimientos científicos locales para ayudar a los encargados de las políticas a clasificar las reivindicaciones contradictorias relacionadas con los cultivos transgénicos. Las preocupaciones ambientales, en particular, se deben evaluar en diferentes situaciones agroecológicas, lo que requiere

investigaciones administradas localmente (Capítulo 5). Sin esas investigaciones, la oposición entre los consumidores y el medio ambiente puede impedir que se aprueben cultivos transgénicos para uso comercial en los países en desarrollo.

Es posible establecer las actividades prioritarias mediante la preparación de un inventario detallado de todos los posibles productos biotecnológicos caracterizados por un cultivo y por un entorno agroecológico, seguido de una evaluación *ex ante* de las repercusiones potenciales de cada una de esas tecnologías en la productividad y los medios de vida de los productores de subsistencia. Esa evaluación debería permitir identificar un conjunto de productos que ya están en fase de investigación con un elevado potencial de beneficiar a los pobres respecto a los cuales se establecen asociaciones del sector público y del sector privado.

Estimulación de las investigaciones agrícolas públicas en favor de los pobres

La estimulación de la investigación pública para abordar los problemas de los pobres se ve restringida por las dificultades de obtener una financiación fiable y a largo plazo para efectuar investigaciones agrícolas. Los programas públicos de investigación agrícola de muchos países en desarrollo y los centros internacionales de investigación agrícola se enfrentan con una disminución del apoyo financiero. Además, en la competencia por obtener fondos en disminución, los pobres son frecuentemente desatendidos. Por lo general, los pobres no cuentan con representantes adecuadamente organizados que puedan ejercer presión en favor de sus intereses cuando se están asignando los recursos públicos para investigación. Con todo, existen algunas ONG, instituciones benéficas, fundaciones y algunos donantes que se concentran específicamente en los pobres. Es preciso movilizar a estos grupos para que respalden la investigación agrícola –convencional y biotecnológica– sobre los problemas de las poblaciones pobres. Programas como la selección participativa (Recuadro 26) en la que los ciudadanos participan en la adopción de decisiones sobre la tecnología pueden promover la investigación pública directa sobre cuestiones que son importantes para los agricultores pobres.

RECUADRO 26

**¿Puede la biotecnología satisfacer las necesidades de los agricultores pobres?
La función de la investigación agrícola participativa**

El potencial de la biotecnología, particularmente la ingeniería genética, para satisfacer las necesidades de los agricultores con escasos recursos es inmenso. El problema, tal como lo describe claramente Lipton (2001), es que el potencial está «bloqueado en un sistema en el que no es utilizado para esos fines, y en el que unas pocas grandes empresas están competitivamente vinculadas a la protección de sus inversiones por medios que, en la actualidad, amenazan la investigación pública». Para que los sectores público y privado colaboren con eficacia con el fin de resolver los problemas de los pobres, es conveniente que las necesidades de los agricultores se tengan adecuadamente en cuenta por medio de investigaciones participativas. En la investigación agrícola participativa, los agricultores son considerados como participantes activos que pueden dirigir el proceso de investigación y cuyas ideas y opiniones influyen en sus resultados, y no como espectadores pasivos u objetos de investigación (Thro y Spillane, 2000). Esto es importante porque las percepciones y preferencias particulares de los agricultores influirán en la adopción definitiva de tecnologías. La investigación

agrícola participativa se considera como parte integrante de la estrategia global de investigación y del establecimiento de prioridades más que como un sustitutivo.

Thro y Spillane (2000) sugieren varias razones por las que la investigación participativa relativa a los productos transgénicos es necesaria. En primer lugar, las decisiones colaborativas y dirigidas por los agricultores acerca de si la utilización de una ingeniería genética exige que los agricultores y los investigadores entiendan su vocabulario y sus tipologías recíprocas y tengan por lo menos una comprensión rudimentaria de los conocimientos especializados de cada uno. En segundo lugar, dada la inocuidad biológica y las preocupaciones ambientales relacionadas con los productos transgénicos, conviene que los agricultores tengan conocimiento de estas cuestiones. Si los agricultores no están al tanto de estas preocupaciones, los científicos pueden implícitamente dar por supuesto que no tienen ninguna preferencia por un enfoque tecnológico más que por otro. En tercer lugar, la capacidad de la ingeniería genética para posibilitar la creación de cualidades y tipos de plantas totalmente nuevos

Se requieren más estudios sobre las repercusiones económicas, ambientales y sanitarias de la biotecnología y de otras tecnologías, particularmente con respecto a los pobres. Esas investigaciones pueden contribuir a encontrar respuestas a algunas de las preguntas científicas que quedan por resolver acerca de la inocuidad y la eficiencia de los cultivos transgénicos y pueden ayudar a que se los compare con sistemas alternativos existentes de producción. Los programas que instruyen a los agricultores y a los consumidores acerca de los beneficios y riesgos potenciales de la biotecnología pueden contribuir a que se adopten opciones documentadas. Además, reglamentos transparentes relativos a la inocuidad biológica pueden ayudar a que se adopten

decisiones de reglamentación adecuadas que garanticen la protección contra riesgos inaceptables.

Aunque existe la necesidad de que los países establezcan sus propios institutos nacionales de investigación agrícola para evaluar y adaptar las innovaciones biotecnológicas, no es necesario ni económicamente racional que cada país en desarrollo establezca tales institutos o que la investigación biotecnológica se base en los métodos más avanzados. La capacidad requerida para utilizar la tecnología difiere de la capacidad necesaria para generar tecnología. Los países deben evaluar estratégicamente su capacidad de investigación y concentrar sus esfuerzos en lograr por lo menos una capacidad mínima

requiere que los investigadores entiendan y determinen nuevas opciones, algunas de las cuales sólo se pueden identificar por medio de una investigación participativa con los agricultores.

Hasta ahora muy pocas actividades de establecimiento de prioridades con agricultores de escasos recursos han dado origen a la aplicación de una investigación sostenida por la biotecnología. Una esfera en la que los instrumentos de la biotecnología podrían ser particularmente útiles es la de la selección de las plantas. Instrumentos como la selección con ayuda de marcadores, los promotores inducibles, la esterilidad masculina controlable, la apomixis inducible y los marcadores visuales proporcionan una mayor flexibilidad en la selección local y aumentan el ámbito de las opciones de variedades a partir de las cuales los agricultores pueden elegir. Pingali, Rozelle y Gerpacio (2001) elaboraron una metodología para conocer las preferencias de los agricultores utilizando un método de votación experimental. La metodología posibilita la obtención de estimaciones cuantitativas de las preferencias y de los determinantes socioeconómicos de adopción. Esos autores descubren que los

agricultores tienen fuertes preferencias por determinadas tecnologías, en particular las que conservan los factores escasos de producción o aumentan al máximo los ingresos de la explotación, pero son ambivalentes con respecto a otras.

Para que las investigaciones biotecnológicas participativas den resultado hace falta que se cumplan ciertas condiciones. Quizá la más importante de ellas es que se transmita la información sobre las tecnologías propuestas claramente y que exista una comunicación constante entre los biotecnólogos, los seleccionadores de las plantas y los agricultores. Aunque la investigación participativa se concentra en el mejoramiento de los medios de vida locales, no se debe perder de vista que la investigación básica y aplicada sigue siendo útil y necesaria. Incluso la investigación básica debe examinar meticulosamente las cuestiones planteadas por los agricultores, pero puede requerir una mayor colaboración entre los científicos sociales y los científicos biólogos para plasmar las necesidades de los agricultores en prioridades relativas a la investigación básica.

para evaluar las biotecnologías y adaptar tecnologías importadas. Es evidente que existen numerosos países pequeños que no están en condiciones de realizar ni siquiera este tipo de investigación.

Es posible que algunos de los países en desarrollo más grandes –Brasil, China, India y Sudáfrica– se transformen en proveedores regionales de investigaciones de biotecnología por cuenta de los países más pequeños. Las ventajas de agrupar los esfuerzos de investigación de los países con condiciones agroclimáticas similares son evidentes, y cada uno de esos países tiene una capacidad de investigación importante tanto en ciencias básicas como en ciencias agrícolas. De esos países, sin embargo, sólo China cuenta con experiencia en el

suministro de un producto transgénico del sector público; de hecho, sólo el Brasil y la India han aprobado recientemente organismos genéticamente modificados para uso comercial. No hay ningún indicio de que el sector público de ningún otro país pase a ser pronto un participante importante y ningún otro país se ha beneficiado todavía de los descubrimientos biotecnológicos efectuados en China.

La falta de acuerdos institucionales para compartir la propiedad intelectual es un gran obstáculo que se ha de superar para la transferencia de tecnologías de una institución nacional del sector público a otra. Contrariamente al ritmo al que las empresas del sector privado comparten actualmente la propiedad intelectual, existen escasas

experiencias en el mundo en las que las instituciones del sector público tengan la flexibilidad o la motivación para efectuar esos intercambios. Esto implica que tendrían que surgir actitudes radicalmente nuevas y nuevos acuerdos institucionales para que la propiedad intelectual se pudiera compartir de manera suficientemente regular para que los países más pequeños puedan depender de sus vecinos con un sector público importante para suministrar productos de investigación útiles. En la actualidad, salvo para el germoplasma que se está compartiendo en las redes del Grupo Consultivo sobre Investigación Agrícola Internacional (CGIAI), es muy escaso el intercambio transfronterizo de tecnología entre instituciones del sector público. Este escaso intercambio se debe probablemente a una falta de incentivos de los funcionarios públicos para negociar esos acuerdos, pero también se debe a la competencia implícita entre países en los mercados internacionales de productos básicos.

Estimulación de las investigaciones privadas para beneficiar a los pobres

A pesar de las pruebas procedentes de los datos de los ensayos sobre el terreno de que las investigaciones de la primera generación de las empresas privadas no se concentraban en los cultivos, y de características y países que se requerirían para que se produjera un beneficio para los pobres, existe un considerable número de investigaciones de biotecnología en el sector privado que están produciendo conocimientos, instrumentos de investigación, genes y variedades genéticamente modificadas que pueden ser útiles para los pobres de los países en desarrollo. Entre esas investigaciones cabe mencionar la investigación sobre el genoma del arroz financiada por Monsanto y Syngenta y las investigaciones sobre la genómica funcional con respecto al arroz que determinarán qué genes y grupos de genes se dan en el arroz y otros cereales. Las investigaciones de este tipo probablemente requerirán que la fitogenética del sector público produzca variedades efectivas para los pobres, pero con algunos cambios en la capacidad de apropiación que podría desempeñar el sector privado. En la presente sección se analizan algunas opciones que pueden aumentar los incentivos a que hacen frente las empresas

de biotecnología y fitogenética del sector privado para proseguir las investigaciones y la puesta a punto de productos destinados más especialmente a los pobres.

Una situación hipotética en la que el sector privado podría pasar a ser una fuente más fiable de innovaciones biotecnológicas para los países en desarrollo es aquella en que los países en desarrollo que representan un gran mercado, por ejemplo, Brasil, China, India y Sudáfrica, pasen a ser más «favorables a los organismos genéticamente modificados». Si estos países lograran disponer de una reglamentación estable y si los consumidores de estos grandes mercados aceptaran regímenes de derecho de propiedad intelectual y productos de organismos genéticamente modificados, el sector privado muy probablemente efectuaría inversiones sustanciales en investigación y desarrollo en la elaboración de productos genéticamente modificados para resolver sus graves problemas agrícolas. Los cuatro países mencionados cuentan con un mercado de semillas conjunto de un valor de unos 5 000 millones de dólares. Los productos elaborados por estos mercados pasarían a ponerse a disposición de los países vecinos que han establecido la reglamentación relativa a la inocuidad biológica necesaria y una capacidad de aplicación de los derechos de propiedad intelectual. Una vez que el sector privado haya creado productos útiles para los países de regiones tropicales y semitropicales, los agricultores de esos países podrán comenzar a comercializarlos en otros países con características agroecológicas similares.

Además de las medidas que se requieren para promover el acceso a las innovaciones tecnológicas antes examinadas, las administraciones públicas pueden adoptar otras medidas para alentar la inversión del sector privado en investigaciones agrícolas en favor de los pobres. Estas medidas reducirían los costos de la investigación y del desarrollo de la tecnología, aumentarían la dimensión del mercado potencial de innovaciones biotecnológicas y proporcionarían incentivos directos para resolver los problemas de los pobres.

Los gobiernos pueden reducir el costo de la investigación recurriendo a universidades de investigación del sector público que forman a científicos altamente cualificados. Los programas cooperativos de investigación

con universidades del mundo desarrollado podrían dar a las universidades de los países en desarrollo la posibilidad de adquirir acceso a conocimientos, instrumentos de investigación y germoplasma para analizar los problemas de los pobres.

La atenuación de las restricciones a las inversiones directas extranjeras puede atraer más recursos para la investigación y la transferencia de tecnología, y la reducción de las restricciones al comercio de insumos necesarios para la investigación, como sustancias químicas, puede reducir sus costos. Las pequeñas empresas locales pueden necesitar también la prestación de asistencia del Estado para tener acceso a una tecnología patentada.

Además de proporcionar incentivos comerciales a la investigación privada para ayudar a los pobres, los Estados pueden mostrar su buena voluntad facilitando una publicidad positiva, quizá en forma de premios a empresas que elaboran y difunden tecnologías a los pobres. La introducción de incentivos fiscales o las mejores posibilidades de inversión de las empresas privadas con miras a la satisfacción de las necesidades de los pobres se deben asimismo tener en cuenta. En los Estados Unidos y en otros países, se han creado fundaciones privadas y organizaciones de beneficencia como la Fundación Rockefeller en parte debido a los incentivos fiscales.

Otra posibilidad de proporcionar incentivos al sector privado para realizar más investigaciones es un programa importante de premios con respecto a la tecnología agrícola que reduce la pobreza o la inseguridad alimentaria (Lipton, 2001). Ese concurso se concentraría en los cultivos más importantes para los pobres; en instituciones públicas y privadas que podrían competir y en los premios monetarios que serían lo suficientemente importantes para que valiera la pena que las empresas compitieran. Los premios monetarios pueden proceder de un conjunto de fundaciones estatales y privadas. Los recientes anuncios de un programa de 200 millones de dólares financiado por la Fundación Bill y Melinda Gates¹⁰ para investigar las enfermedades que

causan millones de muertes en los países en desarrollo ofrece un modelo de programa de financiación.

Asociaciones del sector público y del sector privado

En muchos casos, las entidades del sector público y del sector privado podrían colaborar más eficazmente con el fin de que cada una de ellas se centre en su ámbito de competencia y aproveche las aportaciones del otro. La pregunta que es necesario hacerse es si existen o se pueden crear incentivos para establecer asociaciones del sector público y del sector privado que permitan al primero de estos sectores adaptar tecnologías elaboradas por el sector privado para hacer frente a los problemas de los pobres. ¿Se pueden concebir acuerdos de concesión de licencias que permitan ceder las tecnologías del sector privado al sector público para utilizarlas en relación con los problemas de los pobres? Pingali y Traxler (2002) indican que el sector público podría tener que comprar el derecho a utilizar la tecnología del sector privado por cuenta de los pobres.

Un examen reciente de las opciones para tener acceso a la biotecnología destacaba las posibilidades de asociaciones entre sistemas nacionales de investigación agrícola públicos, empresas locales de semillas, empresas mundiales y los CGIAR (Byerlee y Fischer, 2002). La presente sección resume algunos de los elementos fundamentales del examen y luego se concentra específicamente en los pocos casos positivos de transferencia de biotecnología a los agricultores y de elaboración de nuevas tecnologías.

Acceso del sector público a genes e instrumentos de biotecnología patentados

Existen como mínimo cinco maneras en que los institutos de investigación pública o las empresas locales pueden obtener genes e instrumentos de biotecnología patentados. En primer lugar, pueden utilizar simplemente la tecnología sin tratar de obtener autorización del propietario. En lo que respecta a las tecnologías que se copian fácilmente o que se revelan plenamente en la información sobre las patentes, puede resultar eficiente y lícito que los científicos lo hagan si no se ha presentado ninguna patente sobre la invención en el

¹⁰ Véase su sitio Web: <http://www.gatesfoundation.org>

país o si las tecnologías quedan excluidas de la protección de las patentes. Muchos instrumentos importantes de biotecnología son ampliamente patentados; sin embargo, especialmente en países con sistemas nacionales de investigación agrícola bien desarrollados, los productos creados mediante instrumentos patentados podrían no ser exportados a mercados en los que están registrados. No obstante, cuando las patentes no están en vigor, y para mercancías que no se comercializan, esta podría ser una opción válida.

Una segunda opción estriba en comprar la tecnología. El sector público puede comprar con provecho estas tecnologías en universidades o en pequeñas empresas privadas. Por ejemplo, un consorcio de institutos de investigación pública de Asia, dirigido por el Instituto Internacional de Investigación sobre el Arroz (IRRI), compró los derechos relativos a un gen Bt a una pequeña empresa japonesa de biotecnología (Byerlee y Fischer, 2002). Sin embargo, son pocas las tecnologías fundamentales que pueden ser objeto de compra.

Los acuerdos de transferencia y concesión de licencia sobre materiales son una tercera posibilidad. Los acuerdos de transferencia de materiales especifican las condiciones de utilización de las investigaciones y dejan las condiciones relativas a la comercialización hasta una fecha posterior. Inicialmente este método es más barato, pero existe el peligro de que la empresa que realiza la investigación no esté autorizada a comercializar la tecnología elaborada más tarde. Los acuerdos de concesión de licencias, por otra parte, especifican las condiciones de comercialización de una tecnología, los pagos y el reparto de beneficios. Son probablemente el mecanismo más común para la transferencia de tecnología y conocimientos (aunque en algunos países la primera opción, aplicada sin permiso, es más frecuente).

Las alianzas y las empresas mixtas son la cuarta posibilidad. En las empresas mixtas ambas partes convienen en proporcionar activos y compartir los beneficios; los contratos de empresa mixta suelen incluir acuerdos de transferencia de materiales y acuerdos de concesión de licencias sobre tecnología. Existe un consenso creciente en que las asociaciones entre los sectores

público y privado tendrán que utilizar la biotecnología con eficacia en favor de los pobres de los países en desarrollo (Byerlee y Fischer, 2002; Pingali y Traxler, 2002).

Una quinta posibilidad consiste en que determinadas tecnologías se puedan donar para uso humanitario. Muchas tecnologías pueden emplearse para satisfacer las necesidades de los pobres, pero los mercados son demasiado reducidos para ser rentables para grandes empresas privadas. Las empresas podrían estar dispuestas a donar sus tecnologías, pero podrían desear mantener sus derechos de patente para uso en lugares en los que puedan ser rentables. Si los mercados se pueden segmentar de manera que el sector público tenga los derechos de utilizar cualquier tecnología que proporcione la empresa o que se cree conjuntamente para atender a los agricultores con escasos recursos, y se conceden al sector privado los derechos a vender la tecnología a agricultores comerciales, es posible que los dos grupos tengan una base para establecer una asociación. Varios acuerdos de este tipo (que dividen el mundo por cultivos, por regiones, por nivel de ingresos nacionales y por situación del comercio) se han negociado, en particular con respecto al «arroz dorado», pero ninguno se ha puesto todavía a prueba para observar como funcionan. La experiencia adquirida con el algodón Bt y la soja tolerante a los herbicidas indica que será muy difícil segmentar los mercados en función de determinadas características con eficacia.

Elementos de las asociaciones que han dado resultado

Para negociar asociaciones que funcionen adecuadamente, los asociados tienen que indicar sus metas, valorar sus activos, determinar los elementos complementarios y especificar la capacidad potencial de los mercados segmentados para los diferentes asociados (Byerlee y Fischer, 2002). Los asociados deben asimismo reconocer sus diferentes culturas y valores, dado que la investigación pública pretende aumentar al máximo los beneficios sociales, mientras que las empresas privadas quieren maximizar los beneficios. Para llegar a un acuerdo de asociación se requieren negociaciones.

CUADRO 11

Valores y activos de los sectores público y privado en la investigación agrobiotecnológica

	Sector público	Sector privado
Medición del rendimiento	Beneficios sociales con inclusión de la distribución a los productores y consumidores pobres	Beneficios
Organizaciones nacionales	Sistemas nacionales de investigación agrícola públicos	Compañías locales de semillas
Activos principales	Germoplasma diverso local	Conocimientos locales
	Conocimientos locales	Programas de selección e infraestructura
	Programas de selección y evaluación e infraestructura conexas	Sistemas de suministro de semillas
	Acceso a los sistemas de distribución, con inclusión de la extensión	Red de comercialización
	Capacidad inicial en los sistemas nacionales de investigación agrícola tipo I	
Imagen pública positiva		
Organizaciones regionales y mundiales	Centros Internacionales del GICIAI	Compañías mundiales de ciencias biológicas
Activos principales	Germoplasma diverso	Instrumentos, genes y conocimientos de biotecnología
	Programas de selección e infraestructura conexas	Acceso a los mercados de capitales
	Intercambio mundial de germoplasma y redes de evaluación	Aspectos económicos de la dimensión del mercado
	Economías de la dimensión del mercado	Conocimientos especializados para tratar con organismos reguladores
	Capacidad inicial en unos pocos centros	Imagen pública negativa posible
Imagen pública generalmente positiva		

Fuente: Byerlee y Fischer, 2002.

El Cuadro 11 especifica los activos de investigación de los diferentes grupos que podrían asociarse en una empresa mixta pública-privada. Los activos más sólidos de las instituciones de investigación pública suelen ser su germoplasma, la infraestructura de evaluación de las variedades y (en los sistemas nacionales de investigación agrícola mejor estructurados) la capacidad de realizar investigaciones preliminares. Suelen tener asimismo una imagen pública positiva, lo que constituye un activo importante. Las empresas locales privadas tienen conocimientos, programas de selección y sistemas de comercialización y entrega de semillas de ámbito local. Las empresas transnacionales cuentan con

la biotecnología, el acceso a mercados de capitales, economías de dimensión de mercado y conocimientos especializados para tratar con los organismos reguladores. Los institutos del GICIAI disponen de germoplasma, programas de selección, intercambio mundial de germoplasma, etc. Activos como el germoplasma y los genes representan claramente un activo complementario. Por ejemplo, la Corporación de Investigaciones Agrícolas del Brasil (Embrapa) ha utilizado sus activos de germoplasma de soja para establecer una asociación con Monsanto con el fin de obtener genes Roundup Ready® y una tecnología de transformación de las plantas. Juntos han producido una serie

de variedades de soja Roundup Ready® ajustadas al mercado brasileño.

Ejemplos de asociaciones de los sectores público y privado

Algunas instituciones de los sectores público y privado están llevando a cabo diferentes tipos de asociaciones de investigación y acuerdos de transferencia de tecnología. Sólo unas pocas han tenido éxito en la elaboración de tecnologías útiles, pero han resultado menos positivas en el traspaso de la tecnología a los pobres, principalmente debido a impedimentos de reglamentación y otras dificultades jurídicas que han retrasado el desbloqueo comercial de los productos. A continuación se mencionan algunas de las empresas mixtas que han dado mejores resultados, junto con algunas de las características que poseen en común.

Los mejores ejemplos de una empresa mixta que ha podido difundir la biotecnología a los agricultores pobres son las compañías de semillas Ji Dai y An Dai de China. Ji Dai es una empresa mixta formada por dos compañías con sede en los Estados Unidos (Monsanto y D&PL) y la compañía de semillas de la provincia de Hebei en China. An Dai es una empresa mixta formada por las mismas sociedades estadounidenses y la compañía de semillas provincial de Anhui en China. Los contratos de estas empresas mixtas prescriben que Monsanto suministre el gen Bt y que D&PL aporte las variedades de algodón, mientras que Ji Dai y An Dai se encarguen de la puesta a prueba de las variedades, la multiplicación de las semillas y de las redes de distribución de semillas en sus provincias respectivas y en otros lugares. Las ventas de semillas de algodón Bt de Ji Dai y An Dai ascienden actualmente a un total de 2 000 toneladas y la superficie total plantada con sus variedades Bt, con inclusión de las ventas reservadas y no autorizadas de los agricultores efectuadas por otras compañías de semillas, supera el millón de hectáreas. Todas sus ventas de semillas van a parar a pequeños agricultores (con explotaciones de menos de 2 ha), aunque no siempre a agricultores pobres. Aproximadamente los dos tercios de las familias que han adoptado el algodón Bt tenían unos ingresos anuales per cápita inferiores a 360 dólares EE.UU., convertidos a los tipos de cambio oficiales (véase el Capítulo 4 que contiene un análisis

de las repercusiones económicas del algodón Bt en China).

Los incentivos para participar en estas empresas mixtas eran monetarios y quizá algo de publicidad. Las empresas estadounidenses confiaban en que las compañías de semillas de los gobiernos provinciales les aportarían el peso político que necesitaban para que sus variedades de algodón modificadas genéticamente fueran aprobadas por el Comité de la Inocuidad Biológica y se consagraran a una producción comercial. Confiaban igualmente en que las compañías de semillas provinciales les aportarían cierto poder de mercado para que pudieran cobrar precios suficientemente elevados para obtener un beneficio. Su primera esperanza parece haberse realizado ya que pudieron obtener la aprobación de sus variedades en algunas provincias. No obstante, su segunda esperanza de adquirir un poder de mercado parece haber resultado más difícil de realizar. Las compañías de semillas provinciales estaban también buscando nuevas posibilidades de ganar dinero. Anteriormente, las semillas de algodón no habían sido una empresa comercialmente interesante, pero la introducción del gen Bt incrementó considerablemente el valor de las semillas de algodón que lo contenían. Con la semilla podían ahora ganar dinero. Además, las autoridades provinciales pudieron restablecer un importante cultivo comercial que había estado perdiendo importancia como resultado de graves ataques de plagas.

Otro proyecto que se propuso con éxito a los agricultores pobres es el de la adopción del algodón Bt por pequeños campesinos de las llanuras de Makhathini en Sudáfrica. Estas tierras están situadas en una zona que forma parte de un proyecto de regadío estatal en el que todos los cultivadores son pequeños agricultores africanos y muchos no tienen acceso al riego. Monsanto, D&PL y Clark¹¹ (la principal compañía compradora y despepitadora de algodón de Sudáfrica) hicieron inversiones especiales en personal técnico y otros recursos para enseñar a los

¹¹ Clark pertenece a la cooperativa de agricultores OTK. Clark, a su vez, posee Vunisa, que trata directamente con los agricultores en las llanuras de Makhathini.

pequeños agricultores a utilizar el algodón Bt de manera rentable. Colaboraron también con el centro estatal de investigaciones agrícolas y con el servicio de extensión estatal, y facilitaron créditos para adquirir insumos y pagar los gastos de mano de obra de la producción de algodón. Los fondos para este crédito en los primeros años procedían del Banco Territorial Estatal y el tipo de interés los fijaba el gobierno. Prácticamente todos los cultivadores de algodón de las llanuras de Makhathini habían adoptado el algodón Bt y la mayoría de ellos estaba obteniendo ganancias sustanciales como resultado de ello (véase el Capítulo 4 que contiene un análisis de las repercusiones económicas del algodón Bt en Sudáfrica).

El incentivo a las empresas sudafricanas privadas para que participen en este programa parece ser el resultado de una combinación de metas políticas y sociales. El Gobierno sudafricano está presionando a todas las empresas privadas para que realicen más proyectos de bienestar social. El éxito del algodón Bt en las llanuras de Makhathini ha proporcionado una excelente publicidad a las empresas participantes. Es muy poco probable que el aumento de los ingresos que el proyecto obtiene de las ventas de semillas Bt pueda sufragar todos los gastos de investigación y extensión de las empresas. Sin embargo, lo que están obteniendo es una valiosa experiencia en la elaboración de estrategias para trabajar con pequeños agricultores pobres en África.

Ejemplos de una tecnología acertada

El Brasil suministra varios ejemplos de colaboración en investigaciones y desarrollo tecnológico que se pueden repetir en otros países con una gran capacidad de investigación pública y privada. La empresa mixta entre Embrapa y Monsanto sobre la soja transgénica, mencionada anteriormente, es un ejemplo de investigación realizada en colaboración. Embrapa aporta las variedades y cierta tecnología de transformación de las plantas, y Monsanto pone los genes y la mayor parte de la tecnología de transformación. Monsanto proyecta vender la soja modificada genéticamente por conducto de su red de distribuidores y Embrapa percibirá regalías de las ventas.

Una parte de las ventas se devolverá a un fondo de investigación para la producción sostenible de soja.

Un segundo tipo de investigaciones en colaboración se produce cuando empresas privadas o cooperativas de los países en desarrollo contratan a científicos o alquilan laboratorios en universidades o en instituciones públicas en el ámbito de la colaboración. Por ejemplo, la Cooperativa de Productores de Caña, Azúcar y Etanol del Estado de São Paulo (COPERSUCAR) creó variedades de caña de azúcar transgénicas y resistentes a los virus contratando a investigadores de la Universidad de São Paulo en Campinas, la Universidad de Minnesota y Texas A&M para realizar partes específicas de la investigación que no podían realizar dentro de la empresa. Como resultado de esta colaboración, COPERSUCAR ha producido caña de azúcar resistente a los virus que ha sido puesta a prueba por sus reguladores de la inocuidad biológica y que está lista para producción cuando sea aprobada oficialmente (Pray, 2001).

Varios de los sistemas nacionales de investigación agrícola de menor tamaño pero más avanzados han participado en asociaciones que han dado resultados satisfactorios con grandes empresas para crear una nueva tecnología. Egipto proporciona un ejemplo útil de una empresa mixta de los sectores público y privado en investigaciones (Byerlee y Fischer, 2002). En este caso el Instituto de Investigación en Ingeniería Genética Agrícola (AGERI), instituto público egipcio de investigaciones, y Pioneer Hi-Bred crearon conjuntamente un nuevo gen Bt. Gracias a esta colaboración, el sistema público egipcio obtuvo acceso a conocimientos especializados para crear la variedad local de Bt (la innovación) e instruir a su personal. El socio del sector privado paga los costos jurídicos de patentar la invención y tiene acceso a la nueva variedad de Bt para utilizarla en mercados fuera de Egipto.

Otro ejemplo es la colaboración entre Monsanto y el Instituto de Investigaciones Agrícolas de Kenya sobre boniatos resistentes a los virus, que comenzó hace más de un decenio. Monsanto aportó el gen y capacitó a un científico kenio en biotecnología. Las variedades resistentes a los virus están ahora siendo objeto de ensayos de campo y la

distribución comercial de esta tecnología será posible dentro de pocos años.

Ejemplos de colaboración prometedora

Para los países de menor tamaño con sistemas nacionales de investigación agrícola menos asentados, los centros internacionales de investigación de la red del GICAI o de sociedades de cartera regionales de propiedad intelectual pueden ser la única fuente de tecnología transgénica. Los centros internacionales han concertado un número reducido de empresas en común para lograr tener acceso a tecnologías específicas en favor de los pobres. Entre otros ejemplos cabe mencionar los siguientes: en Kenya, el proyecto CIMMYT y Syngenta para crear un maíz Bt para África oriental; la colaboración del IRRI con laboratorios estatales europeos y Syngenta para crear arroz dorado; y la colaboración internacional sobre la genómica del arroz dirigida por el IRRI (Byerlee y Fischer, 2002).

Recientemente se han iniciado varios programas multinacionales nuevos para obtener acceso a tecnología en favor de los pobres. La Fundación Africana de Tecnología Agrícola es una nueva sociedad no lucrativa financiada inicialmente por la Fundación Rockefeller. Sacará la patente y mantendrá tecnología de las principales empresas de biotecnología con una utilización humanitaria de la licencia y posteriormente suministrará la tecnología gratuitamente a científicos de países africanos pobres¹². Además, el instituto con sede en Australia CAMBIA (Centro para la Aplicación de la Biología Molecular a la Agricultura Internacional), está facilitando información acerca de la tecnología patentada más fácilmente obtenible y está elaborando tecnologías no patentadas para los investigadores en biotecnología de los países pobres¹³. Otra iniciativa reciente es una propuesta de asociados en la ejecución del Programa del Centro de Intercambio de Información de los Estados Unidos, cuya meta es poner la propiedad intelectual de universidades e institutos de investigación estatales más fácilmente a disposición.

Este programa está tratando de diseñar un conjunto de herramientas de biotecnologías para los investigadores del sector público de los países industrializados y en desarrollo a un precio asequible (Graff y Zilberman, 2001).

Elementos de una colaboración fructífera

Las empresas mixtas que han transferido realmente tecnología o que han producido nuevas tecnologías poseen varias características. Ambas partes tienen algo sustancioso que ganar de esta colaboración. Los beneficios no tienen que ser financieros, aunque los beneficios financieros pueden proporcionar los incentivos más eficaces para una colaboración a largo plazo. Los gobiernos tienen la voluntad política y la capacidad de negociar con empresas privadas; en muchos países esto puede resultar muy difícil debido a la desconfianza del sector privado y a la inexperiencia. Ambas partes tienen que efectuar inversiones constantes de tiempo y dinero a largo plazo; la investigación y el desarrollo de nuevos productos siempre son más lentos de lo que se pensaba. Las empresas mixtas requerían un compromiso presupuestario de los asociados del sector público, que en los casos de Egipto y Kenya fueron financiados por donantes extranjeros. Para los sistemas nacionales más débiles puede ser conveniente algún tipo de intermediario como el Servicio Internacional para la Adquisición de Aplicaciones Agrobiotecnológicas (ISAAA) o un instituto del GICAI para hacer corresponder la tecnología con las necesidades del país. El número y la variedad de empresas mixtas están aumentando rápidamente. Al punto al que se ha llegado sería sumamente útil efectuar un estudio sistemático de las razones del buen funcionamiento de una empresa mixta.

Conclusiones

El predominio del sector privado en la investigación y comercialización de la biotecnología agrícola ha suscitado preocupaciones acerca de quién se beneficiará de la biotecnología. Las pruebas empíricas de que se dispone sobre la repercusión de las investigaciones sobre los cultivos transgénicos en los países en

¹² Véase su sitio Web: <http://www2.merid.org/AAT>

¹³ Véase su sitio Web: <http://www.cambia.org>

desarrollo muestran que los agricultores con escasos recursos pueden sacar partido de cultivos genéticamente modificados, si los cultivos satisfacen sus necesidades y si tienen acceso a ellos. Este capítulo plantea tres grupos de políticas que proporcionarían más tecnología a los pobres:

- Las políticas que estimulan la inversión privada en investigaciones y la comercialización de aplicaciones de biotecnología que satisfacen las necesidades de los pobres. Estas políticas comprenden incentivos comerciales como una reglamentación de la inocuidad biológica más eficiente y derechos de propiedad intelectual más sólidos, los incentivos estatales en favor de la investigación para los pobres, y los premios financieros de investigación y tecnología para los pobres.
- Hacen falta más investigaciones públicas sobre los problemas de los pobres. La investigación de la biotecnología pública sostenible en favor de los pobres exige el establecimiento de grupos que ejercerán presión en favor de los pobres. Con el liderazgo de grupos locales de lucha contra la pobreza y de donantes consagrados a reducir la pobreza, se podría constituir un apoyo local eficaz en favor de la investigación pública para reducir la pobreza. El apoyo internacional de los programas de investigación en biotecnología del Centro Internacional de Investigaciones Agrícolas es también esencial y se confía en que se pueda reforzar cuando los programas de biotecnología del Centro empiecen a demostrar su utilidad mediante la elaboración de una nueva tecnología para los agricultores.
- Las empresas mixtas del sector público y el privado son necesarias para una utilización eficiente de la tecnología patentada elaborada por los sectores privado y público en los países industrializados. Los gobiernos pueden adoptar varias medidas para facilitar esas empresas mixtas.

Las inversiones se tienen que impulsar primeramente para reforzar la capacidad nacional de creación de variedades (selección de las plantas) y sistemas de semillas; sólo de esa manera producirán las inversiones en biotecnologías los resultados previstos para

los agricultores pobres.

Estas medias pueden ser útiles, pero no garantizan que las tecnologías establecidas llegarán a los pobres. Teniendo en cuenta que las tecnologías convencionales de que se dispone actualmente no han llegado todavía a los campos de los agricultores más pobres, es posible que las nuevas biotecnologías no corran mejor suerte. ¿Existen intervenciones políticas que mejorarán la situación? La determinación de los factores que impiden el acceso de los pequeños agricultores a la tecnología y su utilización sigue siendo una cuestión de la que debe ocuparse la comunidad encargada del desarrollo. Las inversiones en capacidad de investigaciones biotecnológicas del sector público sólo valdrán la pena si las dificultades actuales para proporcionar tecnologías convencionales a los agricultores de subsistencia se pueden superar.

8. Creación de capacidad en biotecnología en el sector de los alimentos y la agricultura

Los estudios de casos examinados en el Capítulo 4 revelaban que los pequeños agricultores de los países en desarrollo se pueden beneficiar de cultivos transgénicos, de la misma manera que han hecho en el pasado con relación a otras innovaciones tecnológicas que mejoraban la productividad. Sin embargo, estos beneficios no son automáticos. Las naciones necesitan una política adecuada y una capacidad institucional y técnica para facilitárselos a los agricultores, que deben tener acceso a innovaciones adecuadas en condiciones asequibles. A diferencia de la Revolución Verde, que se basó en una estrategia explícita de la transferencia internacional de tecnología perfeccionada como un bien público gratuito, casi todas las variedades de cultivos transgénicos y la mayoría de las demás innovaciones de la biotecnología agrícola son creadas y difundidas por el sector privado. En el Capítulo 7 se mencionan algunas estrategias para aumentar las investigaciones y las asociaciones del sector público y el privado para la creación de tecnologías para abordar los problemas de los pobres.

Sin embargo, varias barreras obstaculizan el traspaso de biotecnología a los agricultores con escasos recursos y especialmente a los países pobres que se podrían beneficiar considerablemente de esas innovaciones. Una utilización inocua y documentada de la biotecnología requiere una capacidad adecuada para la formulación de políticas, investigaciones agrícolas, recursos financieros y canales de comercialización, así como un marco para los derechos de propiedad intelectual y la capacidad de manipular y reglamentar cuestiones relacionadas con la inocuidad de los alimentos, la salud humana y del ganado y la inocuidad del medio ambiente. Aunque la biotecnología está evolucionando rápidamente y está

concebida para desempeñar un papel fundamental en la promoción del desarrollo agrícola y económico, sigue existiendo una gran insuficiencia en la mayoría de los países en desarrollo especialmente en los países menos adelantados en su capacidad para evaluar sus circunstancias específicas, cumplir sus compromisos y beneficiarse de las posibilidades que pueden surgir de la biotecnología. Existe a menudo un vacío político y una capacidad inadecuada para cumplir con las disposiciones de los instrumentos internacionales relativos a la biotecnología.

Los problemas con que con más frecuencia tropiezan los países en desarrollo y los países en transición son:

- una capacidad insuficiente en los ministerios y sus instituciones para analizar las opciones, establecer prioridades para la inversión y formular políticas relativas a la implantación a nivel nacional de la biotecnología en el sector de la alimentación y la agricultura que respalden las metas nacionales de desarrollo;
- una capacidad reducida técnica, jurídica y administrativa para establecer y aplicar procedimientos reguladores, con inclusión de la inocuidad biológica, la evaluación de los riesgos y los derechos de propiedad intelectual, la protección de los conocimientos autóctonos y los recursos locales y la comunicación para promover la aceptación pública de las nuevas tecnologías; y
- recursos y capacidades escasos para establecer y utilizar las infraestructuras necesarias para crear, adaptar, transferir y reglamentar las aplicaciones de la biotecnología en el sector de la agricultura y la alimentación, y facilitar entornos para promover la colaboración entre los sectores público y privado.

Capacidades nacionales en el sector de la biotecnología agrícola

Una capacidad fuerte y dinámica en los niveles técnico, institucional y administrativo es el requisito más importante para lograr una aplicación fructífera y sostenible de la biotecnología en la agricultura y la alimentación. Sin embargo, los países en desarrollo y los países con economías en transición poseen una capacidad muy desigual para administrar la biotecnología agrícola con eficacia. Estos países presentan situaciones muy diversas en sus capacidades de investigación en materia de biotecnología agrícola y gestión reguladora, con inclusión de los derechos de propiedad intelectual.

Estos últimos años ha habido un constante incremento de la capacidad de biotecnología agrícola en varios de los países más grandes, en particular en el Brasil, China y la India, donde los recursos humanos y financieros asignados a la investigación y desarrollo en materia de biotecnología son relativamente elevados y está aumentando la experiencia en la comercialización de productos de biotecnología. En los casos en que los gobiernos han efectuado inversiones sustanciosas en investigaciones de biotecnología agrícola del sector público en el mundo en desarrollo, han surgido varios asuntos comunes. Se ha creado paulatinamente una base científica sólida en el sector de la investigación agrícola y la biotecnología. Se ha estimulado a los institutos nacionales de investigación a que participen activamente en programas comunes de investigación bilaterales e internacionales en diversas esferas de la biotecnología agrícola. En las políticas nacionales, los países han señalado la ciencia y la tecnología, y la biotecnología en particular, como un motor importante del crecimiento económico tanto en la agricultura como en el sector de la salud. Los programas públicos de investigación agrícola han tenido considerable éxito en la promoción de un rápido crecimiento agrícola. Estos países han experimentado un rápido aumento en la adopción de la tecnología de la información y sus aportaciones a sus economías y confían en que se produzca un crecimiento análogo en la biotecnología médica y agrícola.

Aproximadamente en el centro del espectro se encuentran los países en desarrollo que están comenzando ahora a incorporar la biotecnología cada vez más a sus programas de investigación agrícola, como Egipto e Indonesia. Esos países por lo general disponen de una capacidad moderadamente sólida de investigaciones agrícolas convencionales y están creando una fuerte capacidad en biotecnología en varias esferas.

En el otro extremo del espectro se encuentran los países que no han progresado lo suficiente en la aplicación directa de los instrumentos y técnicas, con excepción de las aplicaciones de técnicas más sencillas como la micropropagación y el cultivo de tejido. En este caso igualmente estos países tienen varias cosas en común. Las actividades de investigación están menos adelantadas y a menudo varios programas conexos están dispersados entre un amplio conjunto de productos e institutos. Los programas suelen depender de la financiación de donantes y corren el peligro de atascarse tan pronto como se agoten los fondos. Además, la comercialización y gestión de los productos biotecnológicos prácticamente son inexistentes al igual que sucede con la masa crítica requerida para despertar la toma de conciencia del público. En muchos casos, los gobiernos no asignan una prioridad suficiente a la investigación agrícola, y las políticas para respaldar la investigación agrícola en general y la biotecnología agrícola en particular o no existen o no se aplican. Como los adelantos en la biotecnología agrícola son escasos en esos países, los rendimientos potenciales de los programas de investigación y desarrollo en la esfera de la biotecnología siguen siendo reducidos.

La FAO-BioDeC¹⁴ recientemente lanzada es una base de datos que proporciona una información de referencia actualizada sobre los productos y las técnicas en la esfera de la biotecnología más avanzadas que se están utilizando o están en fase de preparación en los países en desarrollo y en los países con economías en transición. En la actualidad,

¹⁴ Disponible en: http://www.fao.org/biotech/inventory_admin/dep/default.asp

la base de datos incluye unas 2 000 entradas de 70 países y se concentra en las investigaciones, las pruebas y la comercialización de tecnologías y productos de cultivos específicos en los países en desarrollo. Aunque son reducidos, los datos dan una visión general de las diferentes etapas de la adopción y promoción de esas tecnologías en diferentes países y regiones y brindan la posibilidad de descubrir lagunas, así como a potenciales asociados para programas conjuntos en esferas de interés común.

Además de la capacidad de investigación, los países son también muy diferentes en su capacidad de reglamentación de la biotecnología. El espectro se extiende desde los países que tienen regímenes de derechos de propiedad intelectual bien asentados y procedimientos reguladores relativos a la inocuidad de los alimentos y a la inocuidad del medio ambiente hasta los que tienen una escasa o nula capacidad de hacerse cargo de estos asuntos.

Actividades internacionales de creación de capacidad en la esfera de la biotecnología agrícola

Varias organizaciones privadas, estatales, no gubernamentales e intergubernamentales participan de una o varias maneras en los programas de creación de capacidad en biotecnología. Entre las esferas prioritarias cabe mencionar la asistencia a la elaboración de políticas, la investigación, la transferencia de tecnología, las medidas de inocuidad biológica y la supervisión de la reglamentación, la elaboración de leyes conexas y la creación de una sensibilización pública. Un amplio conjunto de actividades se llevan a cabo para reforzar el nivel político, institucional y técnico de la competencia. Los organismos que participan en esas iniciativas son el Servicio internacional para la investigación agrícola nacional (ISNAR), el Servicio de biotecnología, el Centro Internacional de Ingeniería Genética y Biotecnología (CIIGB), el Servicio Internacional para la Adquisición de Aplicaciones Agrobiotecnológicas (ISAAA), el Fondo para el Medio Ambiente Mundial (FMAM), la Organización de las Naciones

Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUDI), la Agencia para el Desarrollo Internacional (USAID) y muchas más. Aunque existe cierta superposición entre los servicios que ofrecen esas organizaciones, cada una desempeña una función diferente de las demás o hace más hincapié en determinados sectores. No existe ninguna información mundial sobre el conjunto de actividades que se están realizando en materia de biotecnología agrícola; sin embargo, la base de datos para la creación de capacidad en materia de inocuidad biológica del Centro de Intercambio de Información sobre Seguridad de la Biotecnología¹⁵ proporciona una buena visión general de las diversas actividades de los proyectos que se están realizando en esta esfera en todo el mundo.

Función de la FAO y asistencia a los países miembros

La FAO proporciona foros mundiales para facilitar el diálogo y es depositaria de información estadística. La FAO puede jugar un papel central en la prestación de asistencia a los gobiernos de los países miembros con orientación basada en la ciencia sobre este asunto, así como en la actividad normativa. Algunas de las actividades fundamentales que se concentran en la biotecnología son las siguientes:

- *Promoción de los órganos normativos internacionales.* La FAO respalda varios acuerdos que tienen una importante relación con las aplicaciones agrícolas de la biotecnología, particularmente en lo que respecta a los Acuerdos sobre Medidas Sanitarias y Fitosanitarias y los Obstáculos Técnicos al Comercio de la OMC. Entre éstos figuran la Convención Internacional de Protección Fitosanitaria (CIPF) y la Comisión del Codex Alimentarius, así como el Tratado Internacional sobre los Recursos Fitogenéticos para la Agricultura y la Alimentación, que abarca la conservación y utilización sostenible de los recursos fitogenéticos para la alimentación y la

¹⁵ Disponible en: <http://bch.biodiv.org/>

agricultura y la distribución equitativa de los beneficios derivados de su utilización.

- *Creación de capacidad por medio de la asistencia técnica y la capacitación.* La FAO está prestando asistencia a los países miembros en la constitución de sus marcos jurídicos y reglamentarios en armonía con las obligaciones internacionales; la capacitación y el fortalecimiento de los servicios e instituciones para lograr una utilización adecuada e inocua de la biotecnología con respecto a los alimentos y la agricultura; la elaboración de sus legislaciones nacionales en esta esfera; y la creación de capacidad para participar en negociaciones internacionales sobre la biotecnología con el fin de obtener beneficios nacionales óptimos. (Véase el Recuadro 27 con respecto a Bangladesh.)
- *Difusión de información.* La FAO suministra información objetiva y basada en la ciencia sobre la biotecnología agrícola, recopilando, analizando y difundiendo información en cinco idiomas, incluso por medio de su sitio Web¹⁶ y sus publicaciones. Esta actividad abarca todos los aspectos de la biotecnología en relación con los alimentos y la agricultura, tomando en consideración que los países miembros y sus ciudadanos necesitan una información equilibrada e imparcial sobre los beneficios potenciales y los riesgos de la biotecnología.

Dificultades para la creación de capacidad destinada a la biotecnología agrícola

A pesar del conjunto de actividades de creación de capacidad que se están realizando, queda todavía mucho por hacer. Las dificultades son mayores que las de otras revoluciones tecnológicas, incluida la Revolución Verde en los decenios de 1960 y 1970. Por ejemplo, cualquier aplicación de la biotecnología requiere un marco de inocuidad, incluido el del medio ambiente, y aspectos de salud humana y animal. Existe

una demanda de una distribución equitativa de los beneficios resultantes de los recursos genéticos utilizados por la biotecnología. Además, conviene alcanzar un consenso en la sociedad sobre la utilización de los productos basados en la biotecnología mediante la participación plena y transparente de todos los principales interesados en la adopción de decisiones. Algunos de los principales aspectos a que hay que hacer frente en la adopción de la biotecnología son los siguientes:

- garantizar la disponibilidad de recursos para sufragar los elevados costos de los insumos y el desarrollo;
- crear un entorno favorable para la promoción de la biotecnología;
- integrar la biotecnología con los programas de investigación convencionales;
- abordar los aspectos del control de las empresas, el poder de mercado y las repercusiones en la distribución;
- velar por la protección del consumidor, y por que éste acepte los productos creados mediante procesos biotecnológicos;
- fomentar la sostenibilidad de los programas de biotecnología.

Estos factores, sea directa o indirectamente, influyen en la creación de capacidad, la retención del personal y el equilibrio entre las capacidades del sector público y el sector privado. Aunque esto no es un aspecto exclusivo de la biotecnología, los costos iniciales de la elaboración de esas tecnologías pueden aumentar las dificultades. Los países en desarrollo tienen que evitar caer en la trampa de la dependencia y la falta de sostenibilidad en sus programas de biotecnología. Las políticas estatales deben establecer mecanismos para alentar la inversión y la participación de los sectores público y privado en la biotecnología agrícola. Las investigaciones en ambos sectores deben ser conscientemente complementarias y no competitivas. El marco político no debe promover únicamente la utilización inocua de la biotecnología, sino también garantizar que las políticas no desalienten la inversión del sector privado y la colaboración con asociados externos. En muchos países en desarrollo esas reformas progresivas –institucionales y orgánicas– se

¹⁶ <http://www.fao.org/biotech/index.asp?lang=es>

RECUADRO 27

Actividades de la FAO y la creación de capacidad en biotecnología agrícola en Bangladesh

En 2002, FAO y el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) efectuaron una evaluación de la situación de la aplicación de la biotecnología en Bangladesh. Basándose en esa evaluación, el Gobierno de Bangladesh formuló recientemente un programa nacional de biotecnología, que tiene por finalidad utilizar la biotecnología como una forma complementaria importante para luchar contra la inseguridad alimentaria y la pobreza, dos problemas apremiantes del país. El Programa nacional de biotecnología promoverá la toma de conciencia a todos los niveles, establecerá y aplicará políticas, estrategias y asociaciones adecuadas, reforzará la inversión, los apoyos institucionales y de mercado, e integrará la investigación biotecnológica al desarrollo. Los componentes esenciales de este programa son:

- **Política nacional relativa a la biotecnología, su aplicación y su administración.** Aborda los aspectos tecnológicos y favorables de la aplicación de la biotecnología. Un grupo de trabajo nacional para el desarrollo biotecnológico sostenible, bajo la presidencia del secretario principal de la oficina del Primer Ministro,

velará por que la política se aplique con eficacia. El grupo de trabajo proporcionará una administración transparente y eficiente y promoverá la confianza necesaria en todos los interesados.

- **Medidas reguladoras propicias.** Se establecerán y reforzarán marcos legislativos y reglamentarios con respecto a los Aspectos de los Derechos de Propiedad Intelectual relacionados con el Comercio (ADPIC), la inocuidad biológica y las negociaciones sobre nuevas tecnologías y productos, coherentes con las necesidades nacionales y las aspiraciones y derechos de los agricultores. Se ha dado prioridad a servicios de contención eficaces, al análisis de los riesgos y a otras capacidades y recursos humanos relacionados con la inocuidad biológica para administrar los aspectos reglamentarios. La introducción, evaluación y comercialización del BR29 dorado (una variedad de arroz de calidad de Bangladesh transformada por el Instituto Internacional de Investigaciones sobre el Arroz debido a su elevado contenido en beta-caroteno) se utilizará como ejemplo para reforzar la capacidad nacional en

ven obstaculizadas por la falta de políticas adecuadas o de su aplicación apropiada.

Pasos siguientes

Al reconocer las restricciones, es menester adoptar un enfoque sostenido, holístico, de múltiples interesados y participativo para realizar los beneficios potenciales de la biotecnología agrícola. En los países en desarrollo existe no sólo la necesidad de crear capacidad, sino también de mejorar la capacidad de que ya se dispone. Las actividades de creación de capacidad se deben llevar a cabo a todos los niveles: despertar la toma de conciencia de los

órganos políticos y de decisión, establecer los marcos jurídicos y reglamentarios necesarios, mejorar la capacidad técnica y reguladora y renovar las instituciones. Y lo que es más importante, existe la necesidad de evaluar y disponer constantemente de recursos humanos competentes y capacidad institucional para que, a medida que la biotecnología avanza, se evalúen, perfeccionen y apliquen continuamente instrumentos para su utilización inocua. Esto parece ser una tarea desalentadora, pero se puede realizar por medio de un compromiso firme y de las asociaciones.

la institución y el manejo de medidas reglamentarias.

- **Fortalecimiento institucional.** Las instituciones de investigación y desarrollo de biotecnología en el país se reforzarán equipándolas con una infraestructura de punta, instalaciones centralizadas, recursos humanos cualificados, servicios de información y comunicación y la promoción de asociaciones entre los sectores público y privado. La capacidad del Grupo de Trabajo Nacional para el desarrollo de la biotecnología sostenible aumentará en lo que respecta al establecimiento de prioridades, la adopción de decisiones basadas en el sistema, el manejo de cuestiones de una manera desglosada, el fortalecimiento de conexiones entre la investigación, la extensión, el agricultor y el mercado y la creación y asignación de recursos.

- **Programas de biotecnología.** El Programa nacional de biotecnología, producto de un seguimiento y una evaluación eficaces, se concentrará en ecotecnologías orientadas a la Revolución Verde, y se ocupará especialmente de los problemas de los pequeños agricultores. Se ha dado

prioridad a las esferas siguientes: la producción y distribución de propágulos cultivados *in vitro*, la caracterización molecular de los recursos genéticos, el diagnóstico y la producción recombinante de vacunas, el biocontrol de las plagas y las enfermedades, la producción y comercialización de alevines de calidad, el desarrollo de organismos transgénicos para crear resistencia a las tensiones bióticas y abióticas, las cualidades nutricionales y otras cualidades, y la selección molecular con ayuda de marcadores.

- **Tres innovaciones para ayudar a Bangladesh a alcanzar su objetivo.**
 - a) Por primera vez, Bangladesh ha creado una partida presupuestaria para biotecnología en su presupuesto nacional;
 - b) para garantizar una elevada eficiencia y una cooperación interdepartamental y evitar duplicaciones antieconómicas de esfuerzos, el Grupo de Trabajo Nacional está presidido por el Secretario Principal de la Oficina del Primer Ministro; y
 - c) el PNUD y otros donantes y organizaciones internacionales han mostrado considerable interés por financiar la nueva iniciativa.

9. Conclusiones: satisfacer las necesidades de los sectores pobres de la población

Uno de los principales mensajes que cabe extraer del informe de este año sobre el estado de la agricultura y la alimentación es que la biotecnología puede beneficiar a los pequeños agricultores que poseen escasos recursos. La pregunta fundamental estriba en saber cómo se puede aplicar este potencial científico a los problemas agrícolas de los productores de los países en desarrollo. La biotecnología hace concebir grandes esperanzas como un nuevo instrumento en el conjunto de instrumentos científicos para crear tecnologías agrícolas aplicadas, pero no es una panacea.

Aunque la biotecnología está relacionada con todas las esferas de la agricultura, las investigaciones y las aplicaciones a nivel de la explotación –con algunas excepciones sobre todo en el sector fitogenético– se están efectuando principalmente en los países desarrollados. Actualmente la dificultad estriba en concebir un sistema innovador que concentre su potencial en los problemas de los países en desarrollo.

Los sistemas de producción agrícola de los países en desarrollo son complejos y diversos. Hay muchos productores en pequeña escala y con escasos recursos, para los cuales algunas innovaciones biotecnológicas pueden resultar inadecuadas. Por ejemplo, las tecnologías de reproducción de los animales como la inseminación artificial o la transferencia de embriones, que son bastante comunes en América del Norte y Europa, requieren una infraestructura de capital que queda fuera del alcance de la escala y dimensión de sus explotaciones. Los cultivos transgénicos, en cambio, pueden ser relativamente fáciles de adoptar por los agricultores porque la tecnología está incorporada a la semilla, y esta es la forma transferible más fácil e independiente de la escala de las tecnologías agrícolas. La biotecnología moderna se puede incorporar a los programas de investigación y desarrollo

agrícolas que comienzan con la selección y gestión mejorada y no como tecnologías autónomas.

Algunos cultivos transgénicos, especialmente el algodón resistente a los insectos, están produciendo importantes ganancias económicas a los pequeños agricultores así como importantes beneficios sociales y ambientales gracias al cambio de utilización de productos químicos agrícolas. Las pruebas obtenidas hasta la fecha indican que los pequeños agricultores así como los grandes agricultores se pueden beneficiar de la adopción de cultivos transgénicos que tienen por finalidad oponer resistencia a los insectos.

Aunque los cultivos transgénicos se han proporcionado por conducto del sector privado en la mayoría de los casos, los beneficios se han distribuido ampliamente entre la industria, los agricultores y los consumidores. Esto hace pensar que la posición monopolista creada por la protección de la propiedad intelectual no desemboca automáticamente en beneficios excesivos para la industria. Los resultados del algodón Bt en Argentina demuestran que el equilibrio entre los derechos de propiedad intelectual de los proveedores de tecnología y los medios financieros de los agricultores tiene una fuerte repercusión en la adopción de los productos y, en consecuencia, en el nivel y distribución de los beneficios. El caso de China ilustra claramente que la participación del sector público en la investigación y el desarrollo y el suministro de algodón transgénico pueden contribuir a dar acceso a los agricultores pobres a las nuevas tecnologías y que su participación en los beneficios económicos es adecuada.

En general, son los productores y los consumidores los que están obteniendo el grueso de los beneficios económicos de los cultivos transgénicos, no las compañías que los ponen a punto y comercializan.

Las pruebas de las investigaciones de China, Argentina, México y Sudáfrica indican que los pequeños agricultores no han tenido más dificultades que los grandes agricultores en adoptar las nuevas tecnologías. En algunos casos los cultivos transgénicos parecen simplificar el proceso de gestión en formas que favorecen a los pequeños agricultores. Hacen falta más investigaciones para concentrarse en las políticas y las estructuras de incentivos que garanticen que esas remuneraciones se mantienen a medida que un número mayor de agricultores adoptan las tecnologías. Se requiere tiempo y estudios diseñados más meticulosamente para determinar cuál será el nivel y la distribución de los beneficios de los cultivos transgénicos.

El cambio del lugar donde se efectúan las investigaciones agrícolas del sector público al sector transnacional privado tiene importantes repercusiones en los tipos de productos que se están desarrollando, la manera como se comercializan esos productos y quién recibe los beneficios. Las investigaciones del sector privado se concentran naturalmente en los cultivos y cualidades de interés comercial para los agricultores en los países de más altos ingresos donde los mercados de insumos agrícolas son vigorosos y rentables.

A pesar de que los gastos en investigaciones agrícolas del sector privado puedan parecer sumamente elevados, la realidad es que tales gastos se concentran mucho en el desarrollo de variedades de plantas relacionadas con la biotecnología, e incluso sólo para un número muy reducido de cultivos. Una gran parte de la inversión del sector privado se destina a sólo cuatro cultivos: el algodón, el maíz, la nabina y la soja. Las inversiones del sector privado en los dos cultivos alimentarios más importantes del mundo, el arroz y el trigo, es insignificante en comparación.

Además, todas las inversiones del sector privado están destinadas a la producción comercial en el mundo desarrollado, con algunos beneficios que pasan indirectamente al sector comercial del mundo en desarrollo. El sector público, con su presupuesto cada vez más menguado, es el que atiende a las necesidades de investigación y tecnología del sector de la agricultura de subsistencia, así como la única fuente de suministro de semillas convencionalmente seleccionadas,

de cultivos y tecnologías de gestión de los recursos.

Los bienes públicos agrícolas, como los cultivos y aspectos importantes para los agricultores de subsistencia en entornos de producción marginales, tienen escaso interés para las grandes compañías transnacionales. Los datos relativos al estudio de cultivos transgénicos muestran que las necesidades de los pequeños propietarios con escasos recursos no se tienen en cuenta y que los datos sobre la comercialización son aún más negativos. Una de las lecciones de la Revolución Verde es que la tecnología agrícola se puede transferir internacionalmente, especialmente a países que tienen una capacidad de investigación agrícola nacional suficiente para adaptar las variedades de gran rendimiento obtenidas por selección creadas por el sector público internacional para entornos de producción local.

¿Cómo podrán los agricultores de los países en desarrollo obtener beneficios económicos externos de los cultivos transgénicos puestos a punto y comercializados por el sector privado? Las inversiones del sector privado en genómica e ingeniería genética podrían resultar útiles para abordar los problemas a que hacen frente los agricultores pobres, particularmente los que viven en entornos marginales. Los conocimientos adquiridos gracias a la genómica, por ejemplo, podrían tener enormes posibilidades de impulsar la búsqueda de cultivos resistentes a la sequía en los trópicos.

Es preciso averiguar si se pueden crear incentivos para promover asociaciones de los sectores público y privado que permitan al sector público utilizar y adaptar tecnologías desarrolladas por el sector privado con respecto a los problemas que afrontan los pobres. ¿Cómo pueden concebirse acuerdos de concesión de licencias de tecnologías del sector privado al sector público para resolver los problemas de los pobres? Las investigaciones presentadas en este informe muestran que el sector público puede tener que comprar el derecho a utilizar la tecnología del sector privado por cuenta de los pobres.

La biotecnología no es una panacea, sino más bien un recurso que puede resultar útil cuando se combina con una capacidad de

investigación adaptativa. Los códigos de reglamentación son importantes. Es menester disponer de procedimientos de inocuidad biológica. Los países que carecen de protocolos sobre la inocuidad biológica o de la capacidad para aplicarlos de una manera transparente, previsible e inocua no tienen acceso a las nuevas tecnologías. Cuando los cultivos no han sido objeto de evaluaciones del riesgo con respecto a la inocuidad biológica que tengan en consideración las condiciones agroecológicas locales, existe un mayor peligro de que se produzcan consecuencias ambientales nocivas. Por añadidura, las variedades no autorizadas no pueden aportar a los agricultores el nivel esperado de lucha contra las plagas, lo que entraña una necesidad constante de plaguicidas químicos y un mayor riesgo de que se produzca una resistencia a las plagas.

Los efectos ambientales de la reducción de los plaguicidas pueden ser positivos, como en el caso del algodón Bt. En prácticamente todos los casos, la utilización de insecticidas en el algodón Bt es considerablemente menor que en las variedades convencionales. Además, para la soja resistente a los herbicidas, el glifosato ha sido sustituido por herbicidas más tóxicos y persistentes, y la reducción del trabajo del suelo ha acompañado a la soja y al algodón resistentes a los herbicidas en muchos casos. Hasta la fecha, las consecuencias ambientales negativas, aunque merecen ser objeto de una vigilancia constante, no se han documentado en ningún entorno en que se han cultivado cultivos transgénicos.

¿Cómo puede, en consecuencia, llegar la Revolución Genética a los que se han quedado atrás? Superando las restricciones de la producción que son insolubles con la selección convencional, la biotecnología puede acelerar los programas de selección convencional y proporcionar a los agricultores materiales de plantación libres de enfermedades. La biotecnología puede producir cultivos resistentes a las plagas y las enfermedades, sustituyendo las sustancias químicas tóxicas que dañan el medio ambiente y la salud humana. La biotecnología puede elaborar instrumentos de diagnóstico y vacunas que ayudan a luchar contra las enfermedades de los animales más graves. Por último, la

biotecnología puede mejorar la calidad nutricional de los alimentos básicos como el arroz y la mandioca y crear nuevos productos para usos sanitarios e industriales.

La biotecnología no puede superar las lagunas en la infraestructura, la reglamentación, los mercados, los sistemas de semillas y los servicios de extensión que obstaculizan la aportación de tecnologías agrícolas a los agricultores pobres en zonas remotas. Tampoco puede superar las fallas institucionales, las deficiencias del mercado y las insuficiencias de las políticas que obstaculizan todo esfuerzo destinado a promover el desarrollo agrícola y rural en muchos países. Queda mucho por hacer para que los productores de los países en desarrollo puedan adoptar sus propias decisiones con respecto a esas tecnologías en su propio beneficio.

Dado que las tecnologías que se están elaborando en la actualidad (creadas por métodos de investigación convencionales) no han llegado aún a los campos de los agricultores más pobres, no existe ninguna garantía de que las nuevas biotecnologías resultarán más favorables. La determinación de las restricciones de los pequeños agricultores al acceso a la tecnología y a su uso sigue constituyendo un problema que la comunidad en desarrollo debe abordar. Las inversiones en capacidad de investigación en biotecnología para el sector público sólo valdrán la pena si las dificultades actuales para aportar tecnologías convencionales a los agricultores de subsistencia se pueden superar.

Las seis principales lecciones para lograr que los beneficios potenciales de la biotecnología agrícola alcancen a los pobres son:

- La biotecnología –con inclusión de la ingeniería genética– puede beneficiar a los pobres cuando se establezcan innovaciones adecuadas y cuando los agricultores pobres de los países pobres tengan acceso a ellas en condiciones rentables. Hasta ahora esas condiciones sólo se cumplen en pocos países en desarrollo.
- La biotecnología debe formar parte de la investigación agrícola integrada y global y de la elaboración de programas que den prioridad a los problemas de los pobres. La biotecnología no es un

sustitutivo de la investigación en otras esferas como la selección fitogenética, la gestión integrada de plagas y nutrientes y los sistemas de selección, alimentación y gestión del ganado.

- El sector público de los países en desarrollo y desarrollados, los donantes y los centros internacionales de investigación deberían destinar más recursos a la investigación agrícola, con inclusión de la biotecnología. El sector público debe analizar los bienes públicos que el sector privado no examinaría naturalmente.
- Los gobiernos deben proporcionar incentivos y crear un entorno favorable para la investigación, el desarrollo y la implementación de la biotecnología agrícola del sector privado. Se deben estimular las asociaciones del sector público y otras estrategias innovadoras para movilizar los esfuerzos de investigación en favor de los pobres.
- Habría que reforzar y racionalizar los procedimientos de reglamentación para garantizar que el entorno y la salud pública estén protegidos y que este proceso sea transparente, previsible y se base en la ciencia. La reglamentación es esencial para conseguir la confianza tanto de los consumidores como de los productores, pero toda reglamentación duplicativa u obstructiva resulta costosa y se debe evitar.
- La creación de capacidad para la investigación agrícola y las cuestiones de reglamentación relacionadas con la biotecnología deben constituir una prioridad para la comunidad internacional. La FAO ha propuesto un nuevo programa importante para que los países en desarrollo tengan los conocimientos teóricos y prácticos necesarios para adoptar sus propias decisiones con respecto a la utilización de biotecnología.

Parte II

EXAMEN MUNDIAL Y POR REGIONES

Hechos y cifras



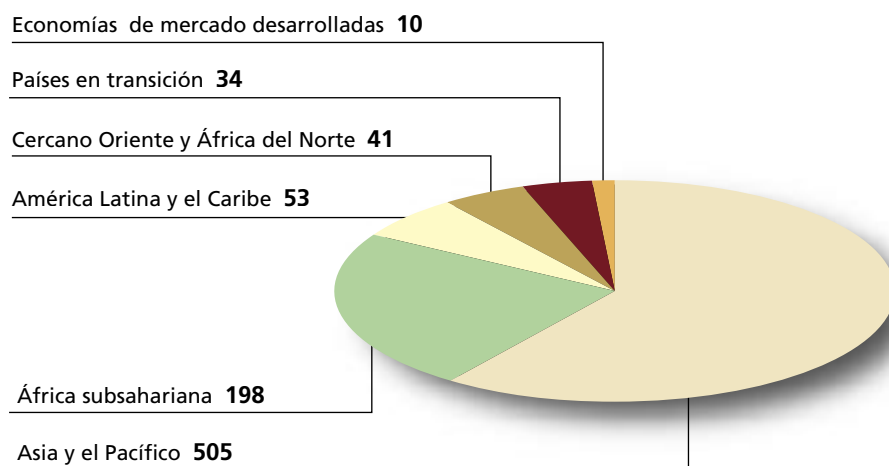
Parte II



1. TENDENCIAS DE LA SUBNUTRICIÓN

- La FAO estima que el número de personas subnutridas del mundo fue de 842 millones: 798 millones en los países en desarrollo, 34 millones en los países en transición y 10 millones en las economías de mercado desarrolladas.
- Más de la mitad del total de personas subnutridas, el 60 por ciento, se encuentra en Asia y el Pacífico, seguidos por el África subsahariana, a la que corresponde el 24 por ciento del total (Figura 15).
- La situación es diferente desde el punto de vista de la proporción de población subnutrida de las diferentes regiones de países en desarrollo (Figura 16). La mayor incidencia de subnutrición se encuentra, con diferencia, en el África subsahariana, en donde la FAO estima que el 33 por ciento de la población está subnutrida. Esa cifra es muy superior al 16 por ciento que se estima para Asia y el Pacífico y al 10 por ciento estimado tanto para América Latina y el Caribe como para el Cercano Oriente y África del Norte.
- En los dos últimos decenios, se han hecho progresos en reducir la subnutrición en los países en desarrollo. La incidencia de la subnutrición ha disminuido del 28 por ciento de la población hace dos decenios al 17 por ciento según los datos relativos a 1999-2001. No obstante, como consecuencia del crecimiento demográfico, la reducción en números absolutos ha sido más lenta. Además, esa disminución fue mucho más pronunciada en el decenio de 1980, pero parece que se ha desacelerado en el de 1990.

FIGURA 15
Población subnutrida por regiones, 1999-2001 (millones)



Nota: Debido al redondeo, la suma de las cifras de este gráfico no equivale al total de 842 millones.

Fuente: FAO.

- La mayor parte del mejoramiento se ha concentrado en Asia y el Pacífico, que redujeron a la mitad la incidencia de la subnutrición durante los dos últimos decenios (Figura 17). En el África subsahariana y América Latina, la reducción, muy limitada, de la incidencia del porcentaje de subnutrición se ha visto contrarrestada con creces por el

aumento de población, lo que se ha traducido en un aumento de las cifras absolutas de personas subnutridas. En el Cercano Oriente y África del Norte, la incidencia de la subnutrición en 1999-2001 se mantuvo aproximadamente al mismo nivel que en los dos decenios anteriores.

FIGURA 16
Número de personas subnutridas en países en desarrollo, por regiones

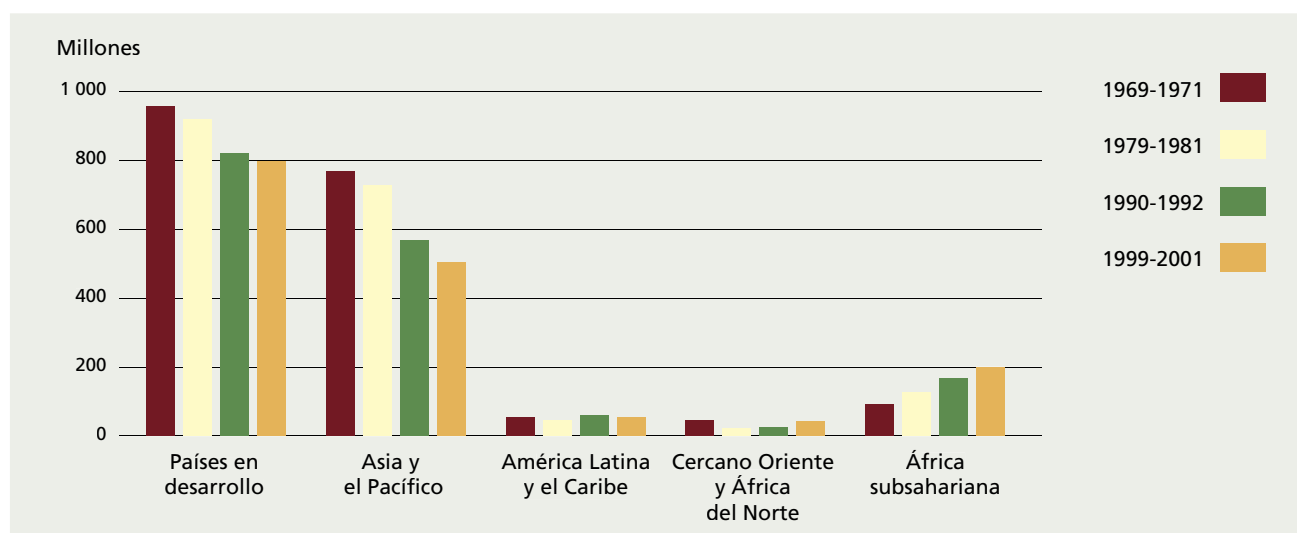
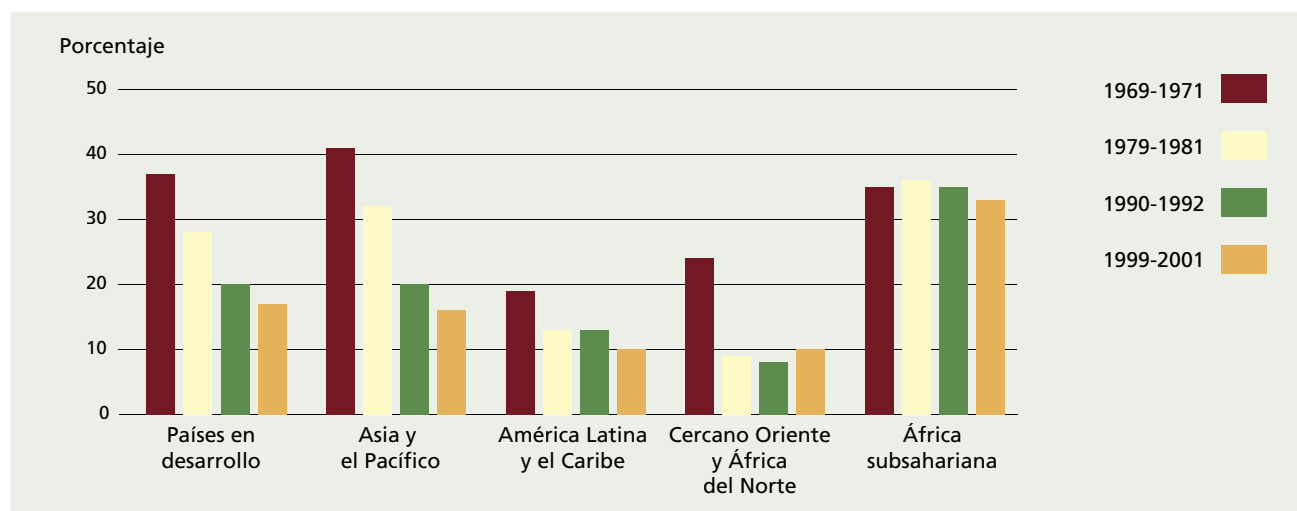


FIGURA 17
Porcentaje de población subnutrida en países en desarrollo, por regiones



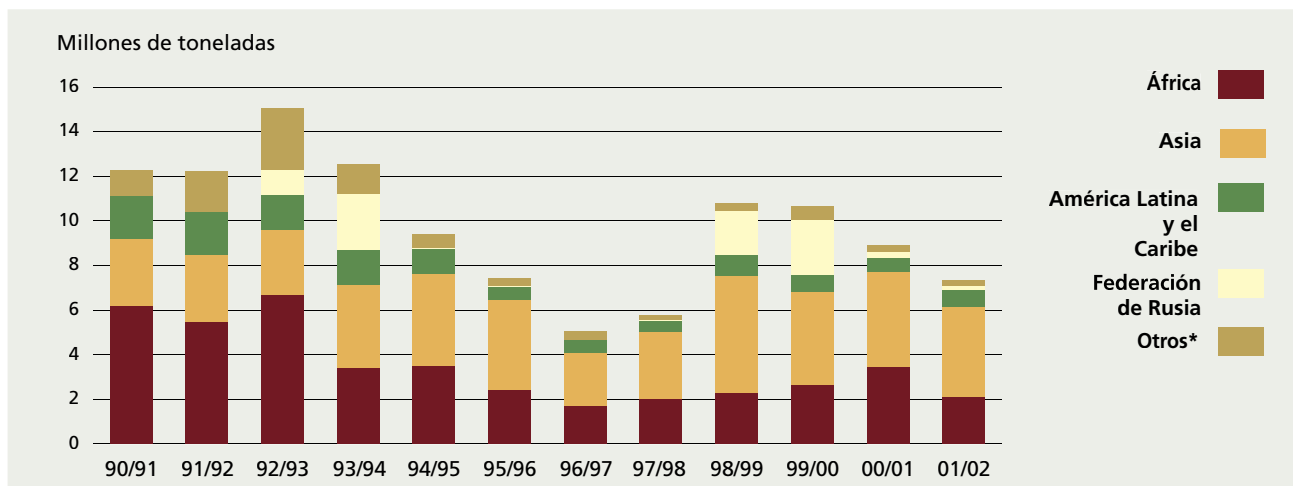
CUADRO 12
Envíos de ayuda alimentaria en cereales per cápita
 (en equivalente en grano)

	(kg per cápita)											
	90/91	91/92	92/93	93/94	94/95	95/96	96/97	97/98	98/99	99/00	00/01	01/02
África	10,0	8,6	10,2	5,0	5,0	3,4	2,3	2,7	3,0	3,4	4,3	2,6
Asia	1,0	1,0	0,9	1,1	1,2	1,2	0,7	0,9	1,5	1,2	1,2	1,1
América Latina y el Caribe	4,4	4,3	3,4	3,4	2,4	1,2	1,2	1,0	1,9	1,5	1,2	1,4
Federación de Rusia			7,6	16,7	0,1	0,5	0,1	0,3	13,6	16,8	2,1	1,1
Otros	1,1	1,6	3,1	1,5	0,7	0,4	0,4	0,2	0,4	0,6	0,3	0,3

Nota: Los años se refieren al período de 12 meses de julio a junio.
 Fuente: PMA.

- La ayuda alimentaria en cereales disminuyó hasta 7,4 millones de toneladas en 2001/02 (de junio a julio), 2,3 millones de toneladas menos que la recibida en 2000/01 y el nivel más bajo registrado desde 1997/98. El descenso afectó prácticamente a todas las regiones receptoras. Los cinco países que más se beneficiaron de la ayuda alimentaria en el sector de los cereales en 2001/02 fueron la República Popular Democrática de Corea, Etiopía, Bangladesh, Afganistán y Filipinas. Los tres primeros encabezaron también la lista el año anterior (Figuras 18 y 19).
 - La ayuda alimentaria en cereales se ha caracterizado por fluctuaciones anuales relativamente amplias, pero ha disminuido en general con respecto al nivel de finales del decenio de 1980 y principios del decenio de 1990.
- Los mayores envíos se registraron en 1998/99 y 1999/2000, principalmente como consecuencia de los importantes envíos a la Federación de Rusia.
- También en términos per cápita, los envíos han disminuido sustancialmente con respecto a los primeros años del decenio de 1990 (Cuadro 12). Sin considerar los envíos excepcionalmente grandes a la Federación de Rusia en algunos años, África sigue siendo la principal receptora, en términos per cápita, aunque a niveles muy inferiores a los de hace un decenio.

FIGURA 18
Receptores de ayuda alimentaria en cereales
(equivalente en grano)

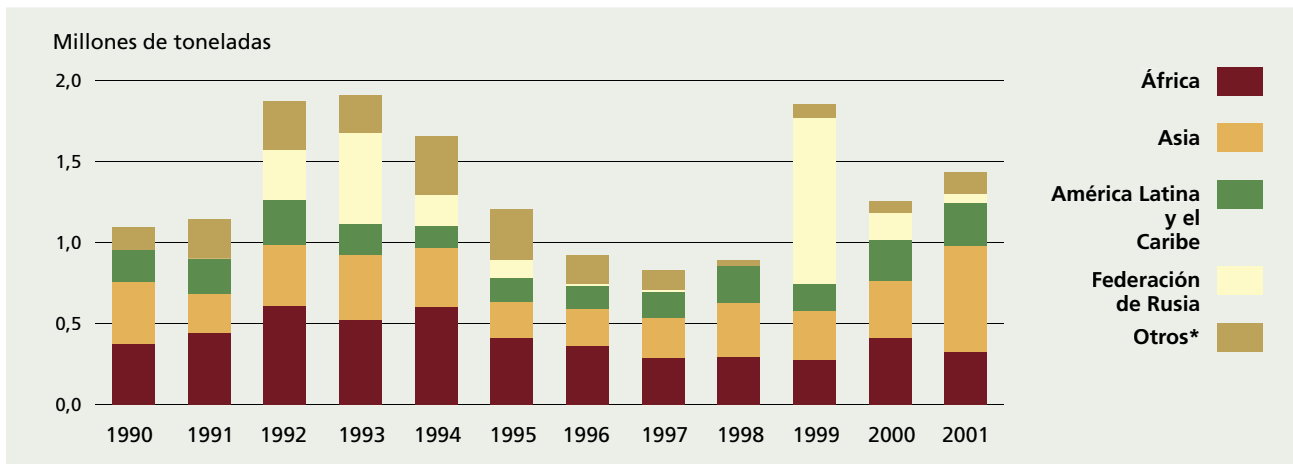


* Incluidos los países en transición.

Nota: Los años se refieren al período de 12 meses de julio a junio.

Fuente: PMA.

FIGURA 19
Receptores de ayuda alimentaria en productos distintos a los cereales
(equivalente en grano)



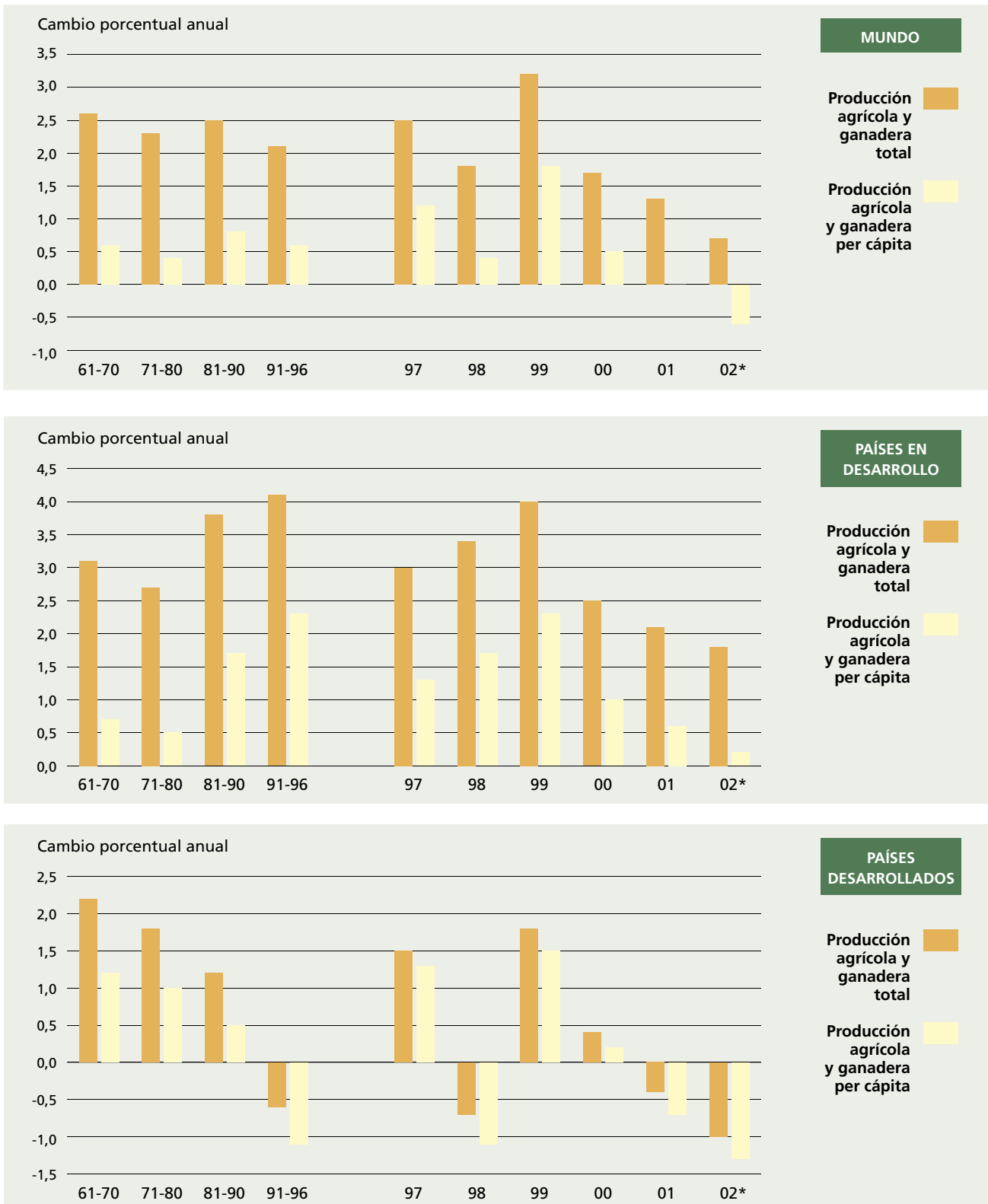
* Incluidos los países en transición.

Fuente: PMA.

3. PRODUCCIÓN AGRÍCOLA Y GANADERA

- La tasa de crecimiento de la producción agrícola y ganadera mundial ha disminuido en los tres últimos años, después del gran crecimiento de la producción registrado en 1999 (Figura 20). La lenta tasa de crecimiento en 2002, de menos del 1 por ciento a nivel mundial, implica una reducción de la producción, en términos per cápita.
- El crecimiento de la producción mundial en cada uno de los tres años de 2000-2002 fue inferior al promedio de cada uno de los tres decenios anteriores. Esta pauta se aplica tanto a los grupos de países desarrollados como a los de países en desarrollo, los cuales han visto disminuir el crecimiento de la producción en cada uno de los tres últimos años. Sin embargo, la tendencia a un menor crecimiento de la producción agrícola en los últimos años, tanto en términos absolutos como per cápita, resulta más claramente discernible en el grupo de los países en desarrollo (Figura 21).
- La tendencia hacia un menor crecimiento de la producción agrícola en los países en desarrollo se debe esencialmente a Asia y el Pacífico, y especialmente a China, donde las tasas muy altas de crecimiento de la producción agrícola registradas desde el comienzo del proceso de reforma económica a finales del decenio de 1970 han venido disminuyendo en los últimos años. China ha alcanzado niveles muy altos de consumo de alimentos per cápita, que se prevé reducirán en el futuro el crecimiento de la demanda de productos alimenticios.
- En el África subsahariana se ha registrado igualmente un menor crecimiento de la producción agrícola en los últimos tres años. Ello se ha producido después de tasas relativamente favorables de crecimiento de la producción durante la mayor parte del decenio de 1990. En 2002, los datos provisionales indican unos niveles de producción estancados.
- América Latina y el Caribe han experimentado tasas de crecimiento relativamente favorables en los cinco o seis últimos años, con un promedio de alrededor del 3 por ciento anual, acorde con la primera parte del decenio de 1990 y por encima de las tasas más bajas del decenio de 1980.
- En el Cercano Oriente y el África del Norte, la producción agrícola sigue caracterizándose por fluctuaciones muy pronunciadas a causa de las condiciones climáticas de la mayoría de los países de la región. Después de tres años de disminuciones consecutivas de la producción de la región en su conjunto, las estimaciones provisionales indican cierta recuperación en los niveles de producción de 2002.
- Las tendencias a largo plazo de la producción alimentaria per cápita proporcionan una indicación de la contribución del sector a los suministros alimentarios de las regiones (Figura 22). En los tres últimos decenios, en América Latina y el Caribe y, en particular, en Asia y el Pacífico, se ha producido un crecimiento sostenido de la producción alimentaria per cápita. En el Cercano Oriente y África del Norte, el aumento ha sido mucho más limitado, con fluctuaciones pronunciadas. El África subsahariana es la única región en que no se han producido aumentos de la producción alimentaria per cápita en los tres últimos decenios; de hecho, tras una pronunciada disminución en el curso del decenio de 1970 y principios del de 1980, la producción alimentaria per cápita se ha estancado y se encuentra aún al nivel de hace dos decenios.

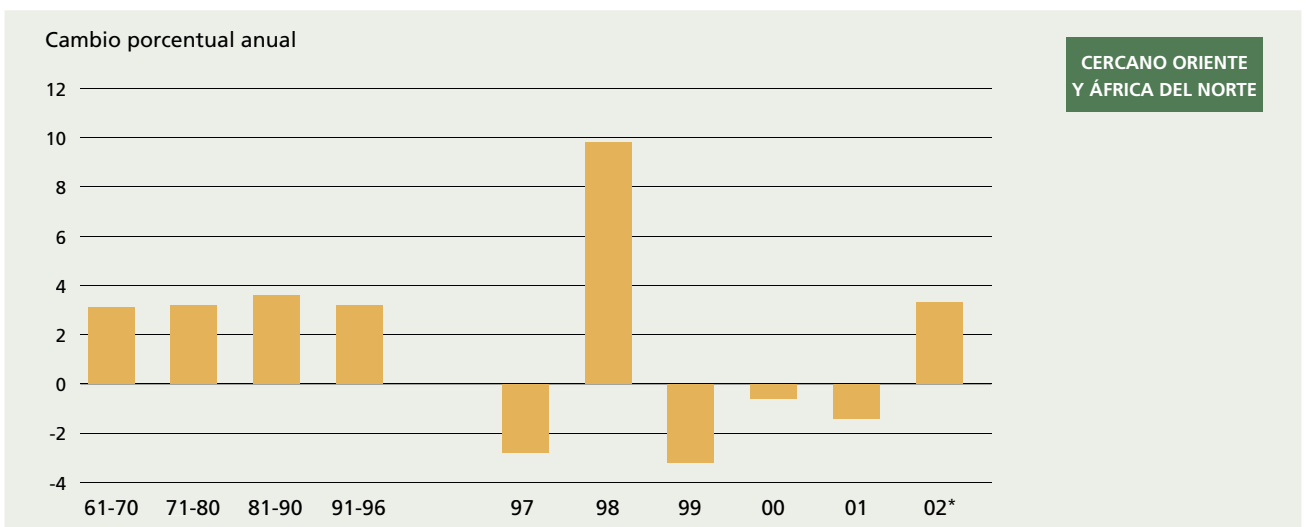
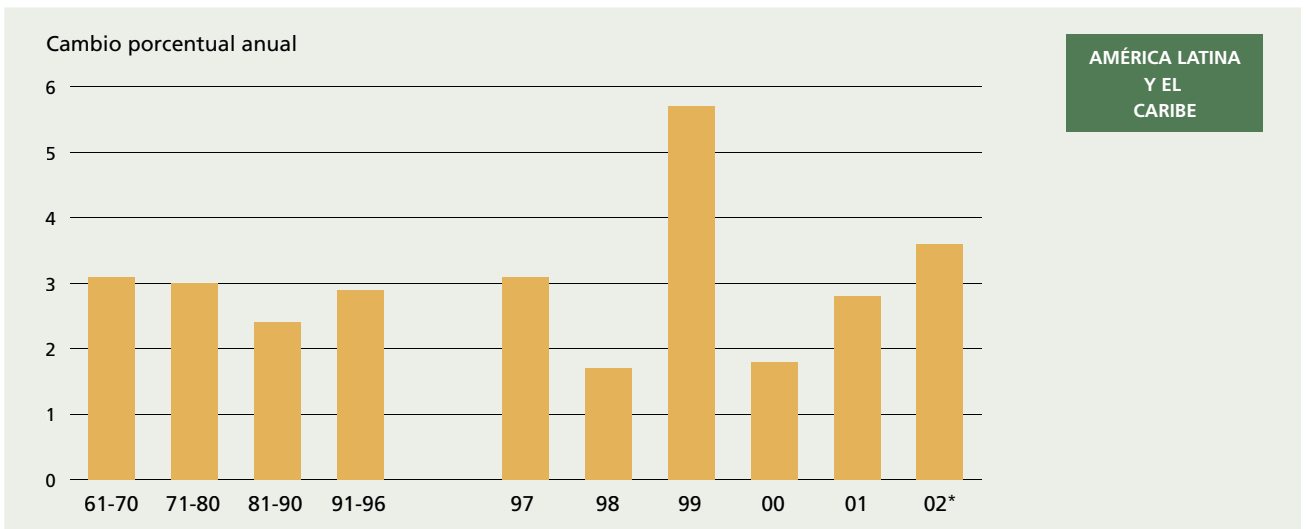
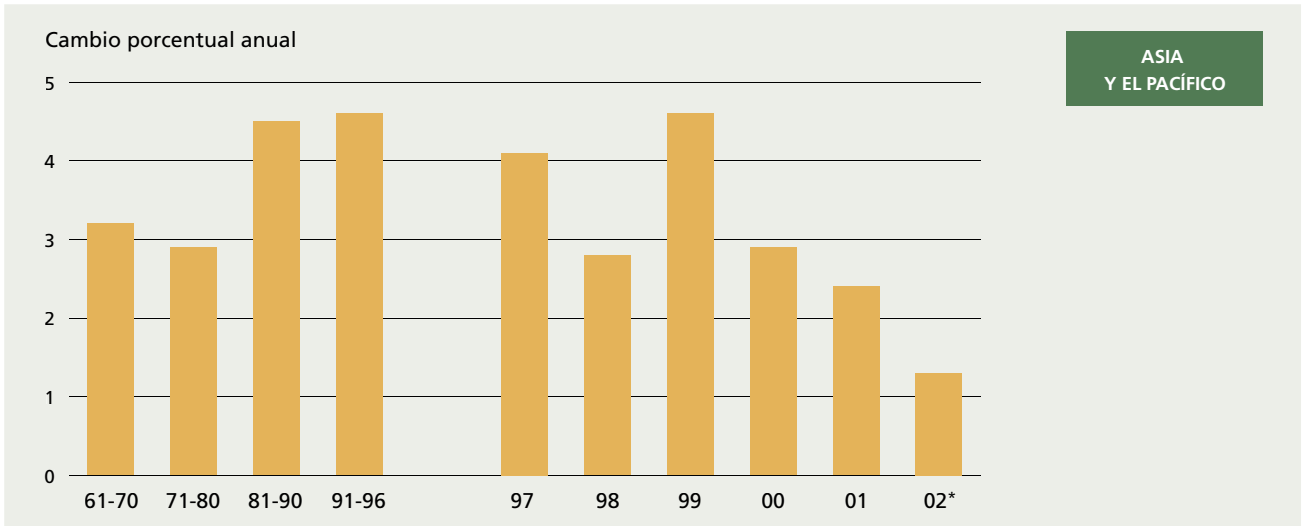
FIGURA 20
Cambios en la producción agrícola y ganadera total y per cápita



* Datos provisionales.

Fuente: FAO.

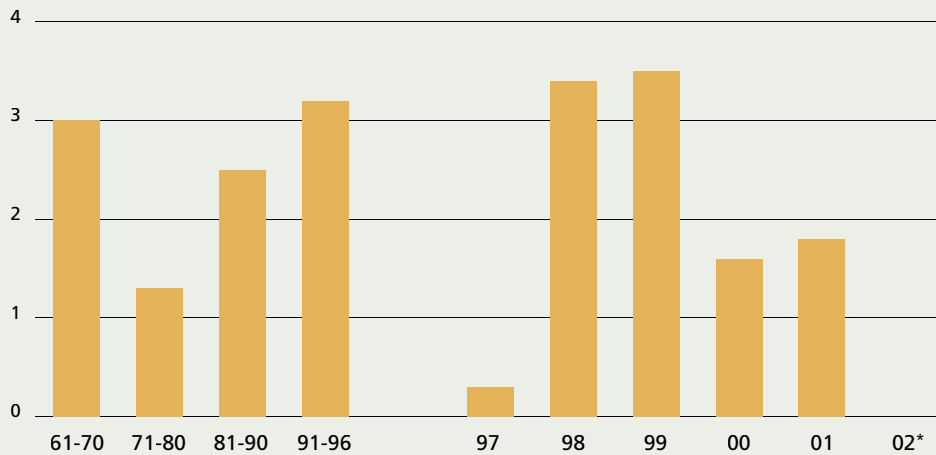
FIGURA 21
Cambios en la producción agrícola y ganadera, por regiones



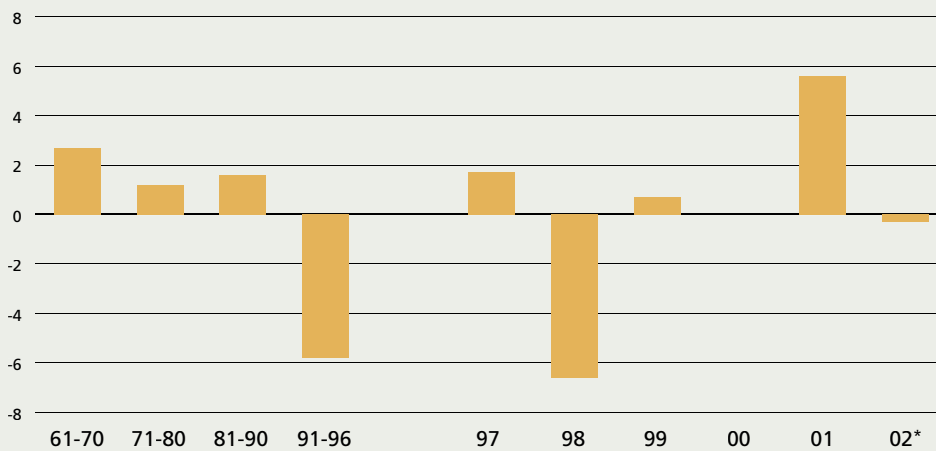
* Datos provisionales.

FIGURA 21 (conclusión)
Cambios en la producción agrícola y ganadera, por regiones

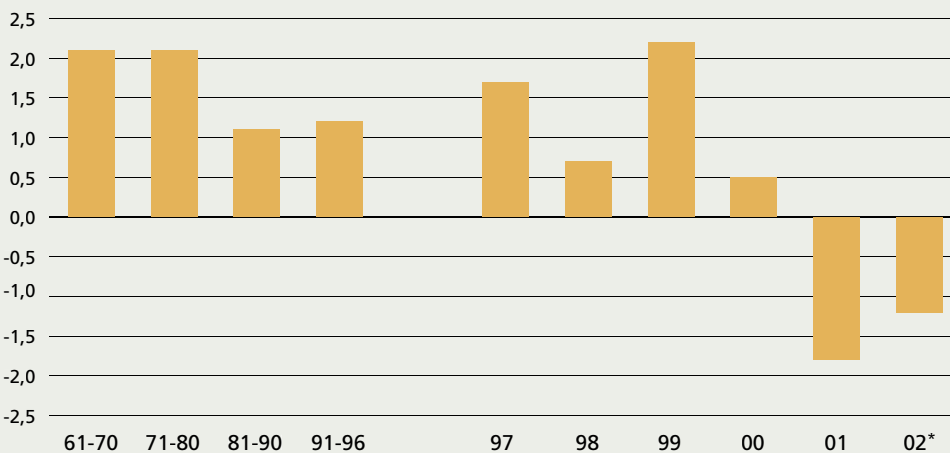
Cambio porcentual anual



Cambio porcentual anual



Cambio porcentual anual

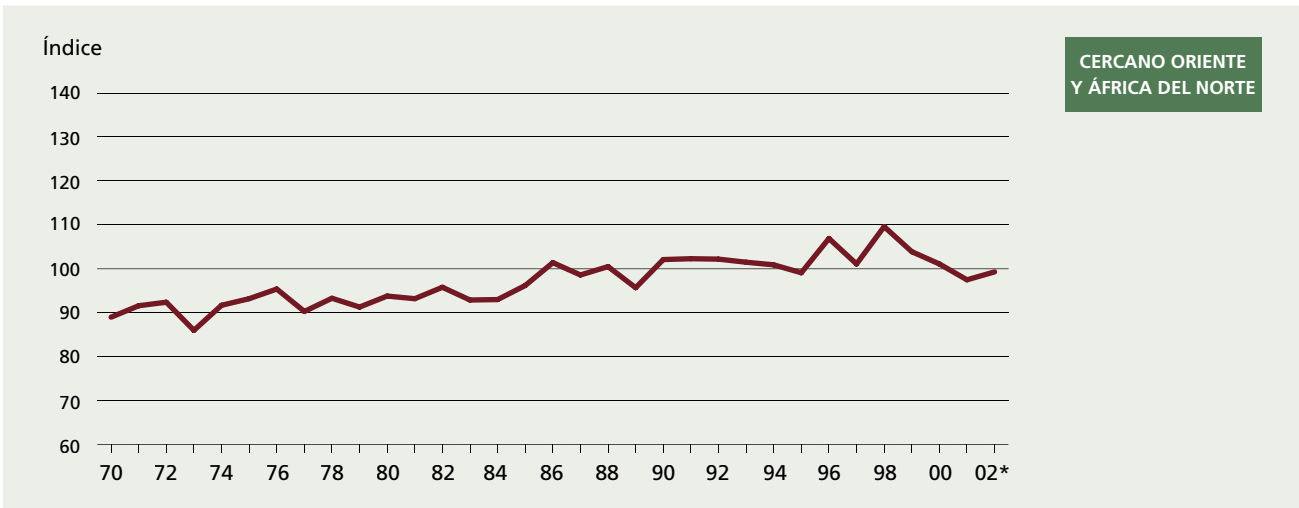
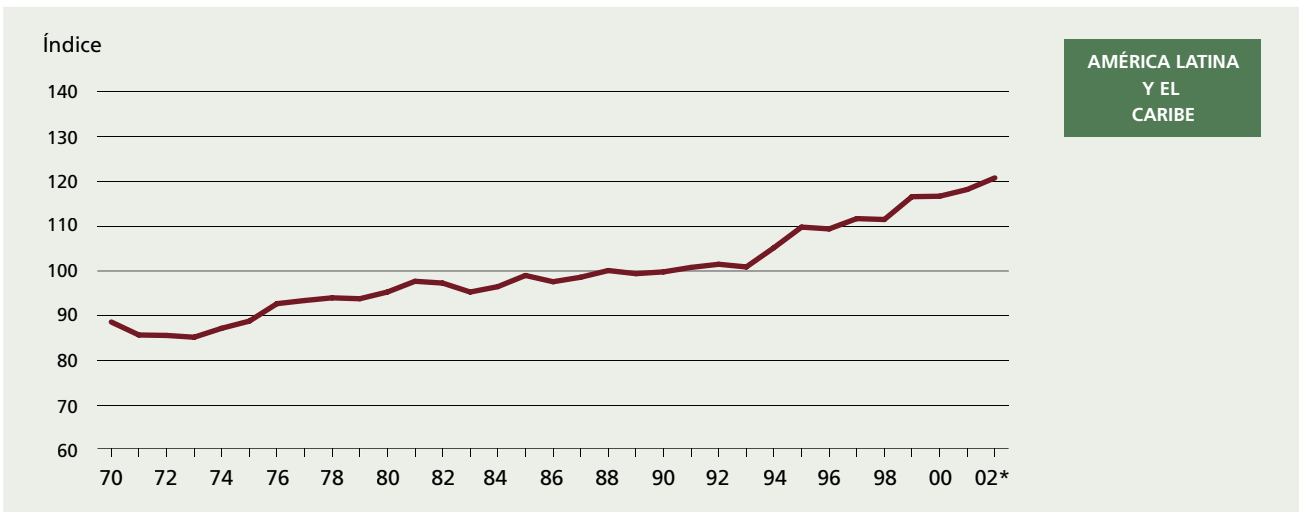
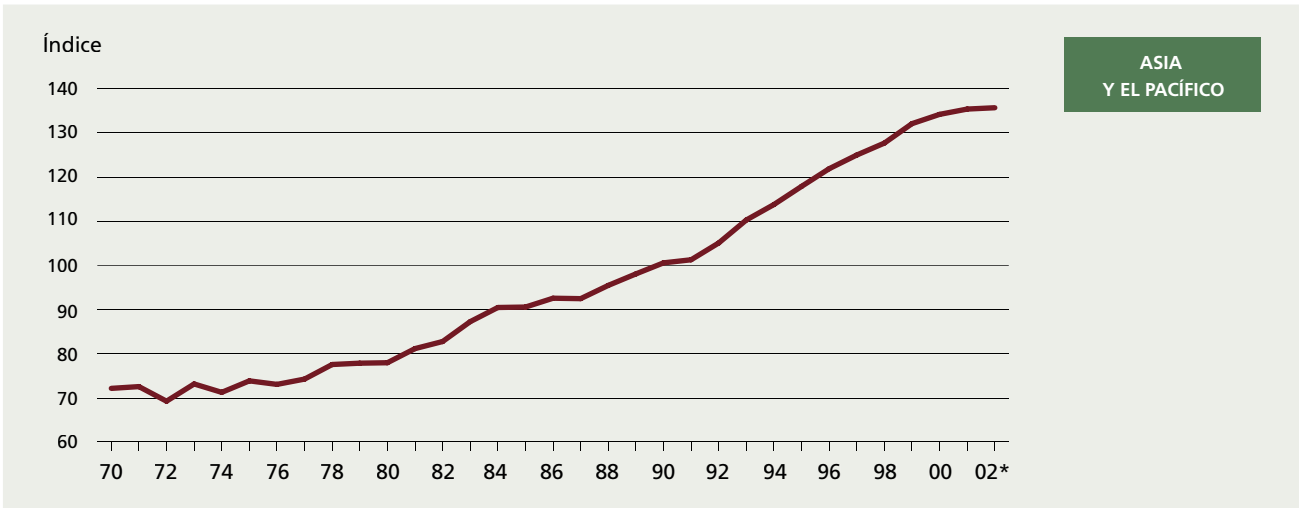


* Datos provisionales.

** Incluye Sudáfrica.

Fuente: FAO.

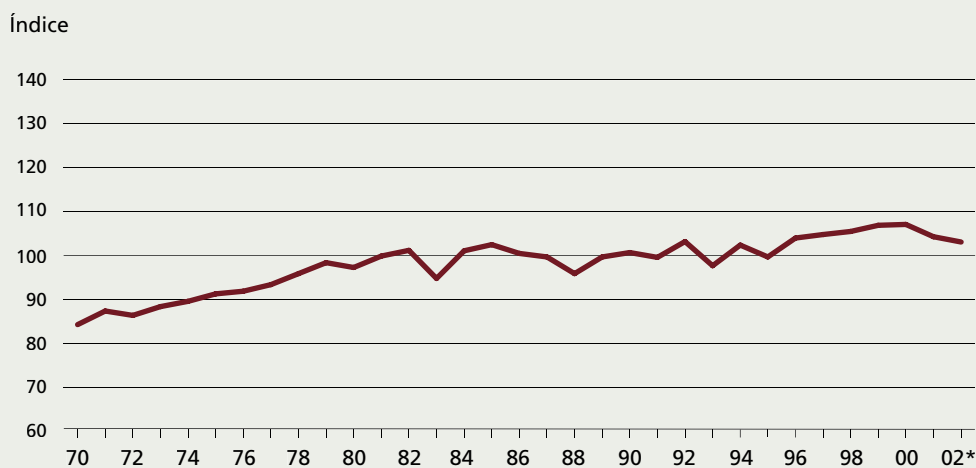
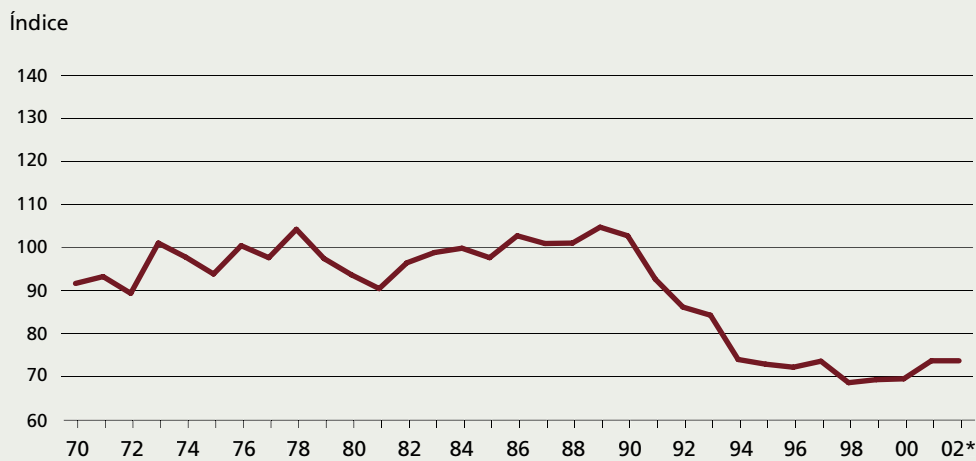
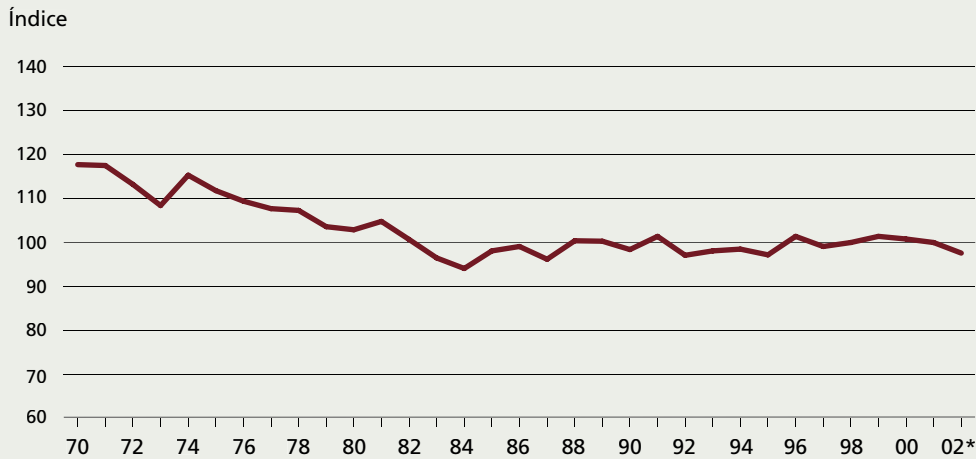
FIGURA 22
Tendencia a largo plazo en la producción alimentaria per cápita
 (índice 1989-91 = 100)



* Datos provisionales.

(Continúa)

FIGURA 22 (conclusión)
Tendencia a largo plazo en la producción alimentaria per cápita
(índice 1989-91 = 100)



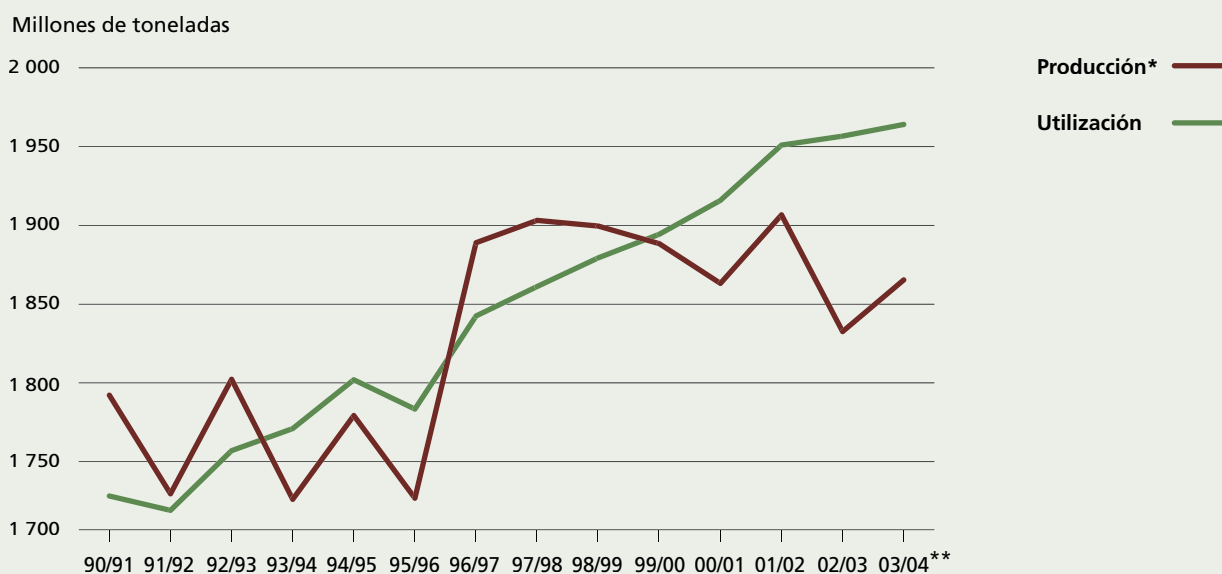
*Datos provisionales.

Fuente: FAO.

4. SITUACIÓN DEL SUMINISTRO MUNDIAL DE CEREALES

- Desde el fuerte aumento de 1996, la producción mundial de cereales se ha estancado. La utilización mundial de cereales, en cambio, ha continuado una tendencia ascendente y superado la producción en cantidades considerables desde la campaña de comercialización de 2000/01 (Figuras 23 y 24).
- Las últimas previsiones de la FAO de la producción mundial de cereales en 2003 y la primera previsión de utilización en 2003/04 indican que la producción seguirá estando por debajo del nivel previsto de utilización y de las existencias y que, en 2004, habrá que recurrir de nuevo a las reservas por cuarto año consecutivo.
- Como en las campañas anteriores, corresponde a las menores reservas de China la mayor parte de la reducción de las reservas mundiales. De la disminución general de las reservas de cereales desde 1999, China sola contribuyó en alrededor del 70 por ciento, como consecuencia de políticas deliberadas para reducir las reservas de cereales mediante las exportaciones.

FIGURA 23
Producción y utilización mundiales de cereales

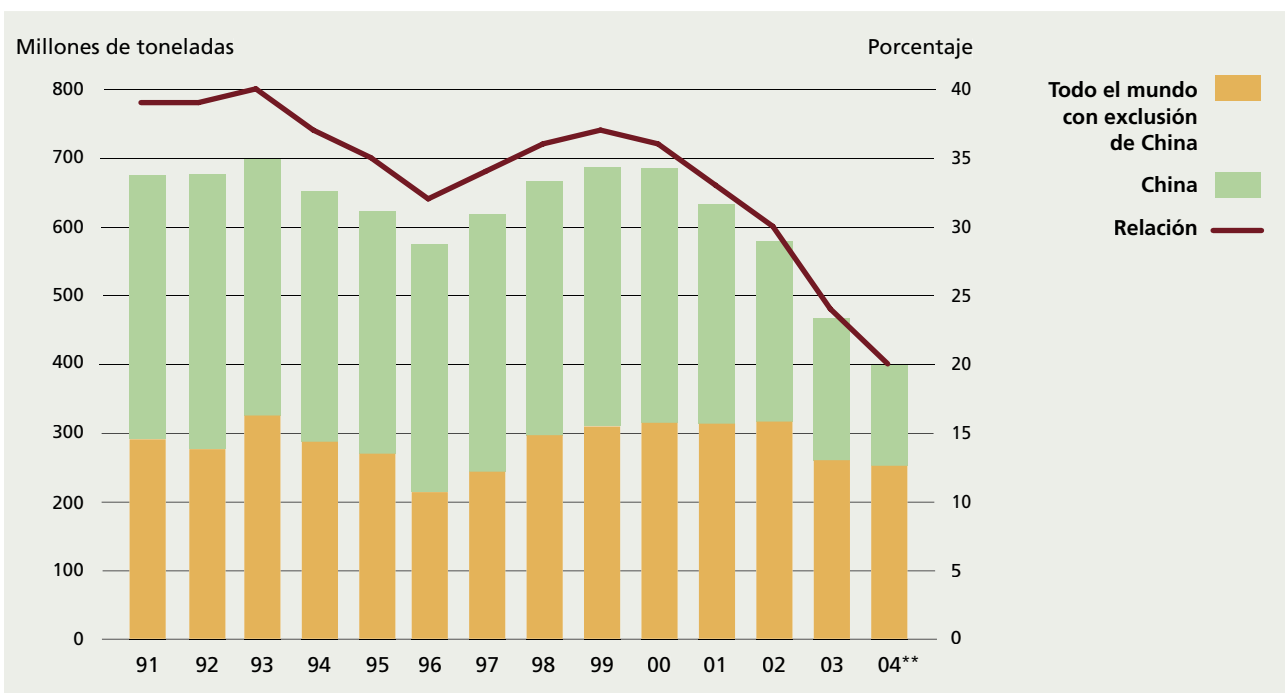


* Los datos se refieren al año civil indicado en primer lugar.
** Pronóstico.

Fuente: FAO.

FIGURA 24

Reservas mundiales de cereales y relación entre reservas y utilización*



* Los datos sobre existencias se basan en el conjunto de los remanentes nacionales al final de los años agrícolas nacionales y no representan niveles de reservas mundiales en ningún momento.

Fuente: FAO.

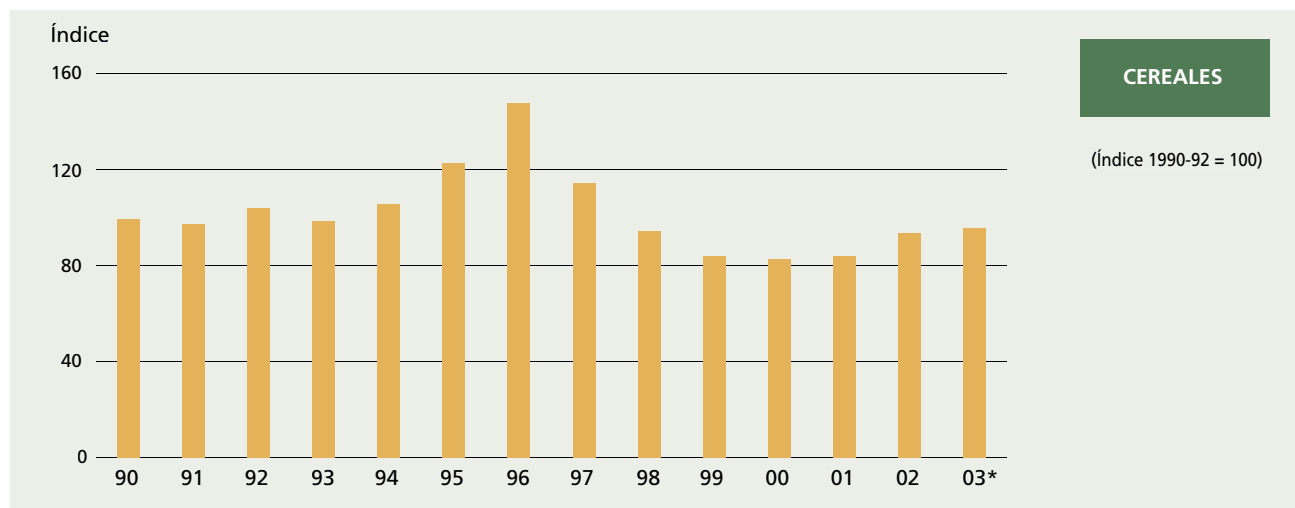
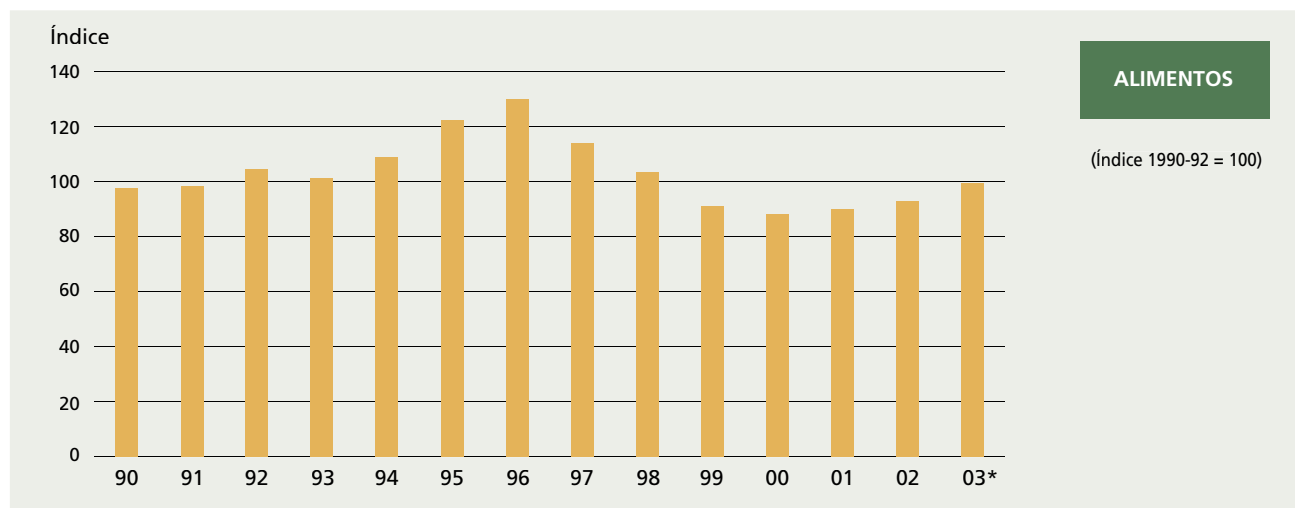
** Pronóstico.

5. TENDENCIAS DE LOS PRECIOS INTERNACIONALES DE LOS PRODUCTOS BÁSICOS

- En términos generales, los precios de los productos básicos agrícolas alcanzaron un nivel máximo a mediados del decenio de 1990 y después mostraron una tendencia a la baja durante la segunda mitad del decenio, aunque en el caso de algunos productos básicos los precios empezaron a recuperarse a lo largo de 2001 y 2002 (Figura 25).
- En general, los precios de los productos básicos agrícolas en la segunda mitad del decenio de 1990 se vieron afectados principalmente por las respuestas de los suministros a precios anteriormente altos y a los precios de sucedáneos parecidos, la crisis financiera asiática, que socavó las perspectivas de crecimiento económico y redujo la demanda en muchos países, y la continuación del apoyo prestado por cierto número de países desarrollados a la producción y las exportaciones.
- La mayor disminución de precios ha sido la del café. Un exceso de oferta significativo en los mercados mundiales, debido principalmente a la expansión de las superficies plantadas en Viet Nam y la devaluación del real brasileño, condujeron a grandes disminuciones de los precios en 2001, lo que hizo que los precios medios del año fueran de alrededor de un tercio de la cota máxima de 1997. El prolongado período de precios bajos llevó a reducciones de la oferta, que han contribuido desde entonces a cierta recuperación, aunque los precios siguen siendo excesivamente bajos.

- Los precios internacionales más bajos han moderado las facturas de importación de alimentos de los países en desarrollo, que, como grupo, son ahora importadores netos de alimentos. Sin embargo, aunque han traído beneficios a corto plazo a los países en desarrollo importadores netos de alimentos, esos precios internacionales más bajos de los alimentos básicos también pueden tener consecuencias negativas en la producción nacional de los países en desarrollo, lo cual podría afectar de manera persistente a su seguridad alimentaria.
- Aunque muchos países se han podido beneficiar de los precios más bajos de las importaciones de alimentos, otros han experimentado efectos negativos en su capacidad para generar ingresos de exportación, especialmente los países en desarrollo exportadores de materias primas agrícolas, bebidas y otros productos tropicales, muchos de los cuales dependen en buena medida de los ingresos que obtienen de la exportación de uno o varios productos agrícolas.

FIGURA 25
Tendencias de los precios de los productos básicos



* Promedio de ocho meses, enero-agosto.

(Continúa)

FIGURA 25 (continuación)
Tendencias de los precios de los productos básicos

Índice

120

100

80

60

40

20

0

90

91

92

93

94

95

96

97

98

99

00

01

02

03*

CARNE

(Índice 1990-92 = 100)

Índice

160

120

80

40

0

90

91

92

93

94

95

96

97

98

99

00

01

02

03*

PRODUCTOS
LÁCTEOS

(Índice 1990-92 = 100)

Índice

200

150

100

50

0

90

91

92

93

94

95

96

97

98

99

00

01

02

03*

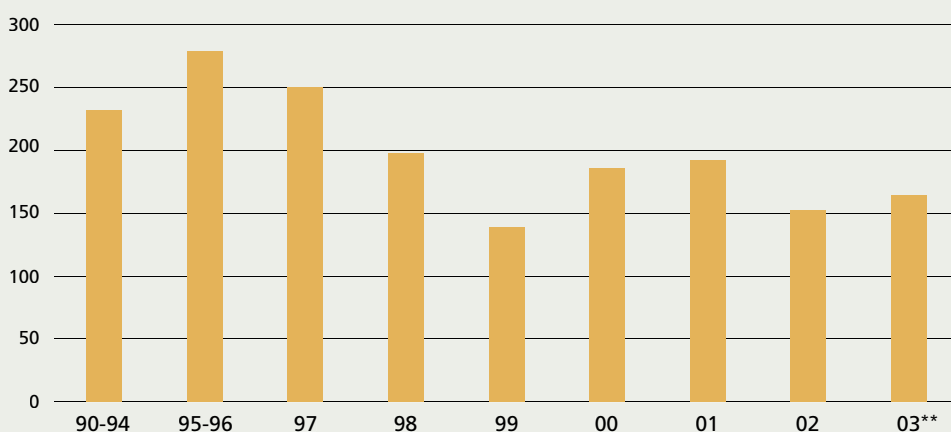
ACEITES/GRASAS

(Índice 1990-92 = 100)

* Promedio de ocho meses, enero-agosto.

FIGURA 25 (continuación)
Tendencias de los precios de los productos básicos

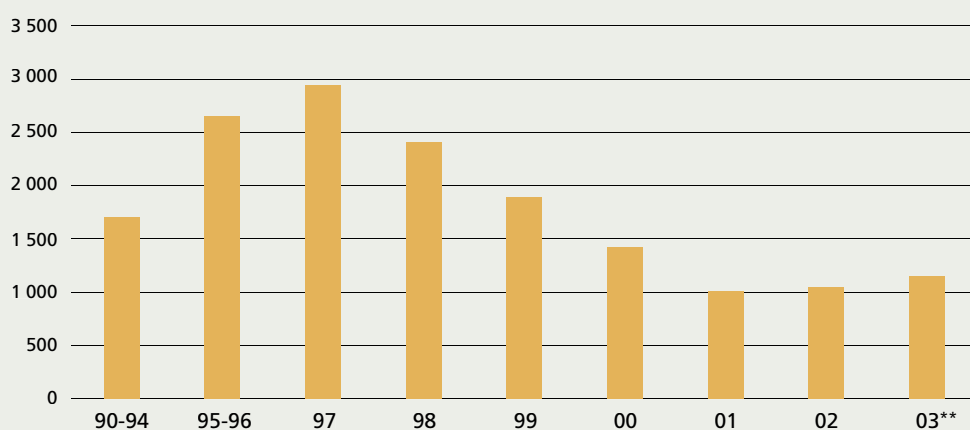
\$EE.UU. por tonelada



AZÚCAR

(Precio diario del CIA,
promedio semanal)

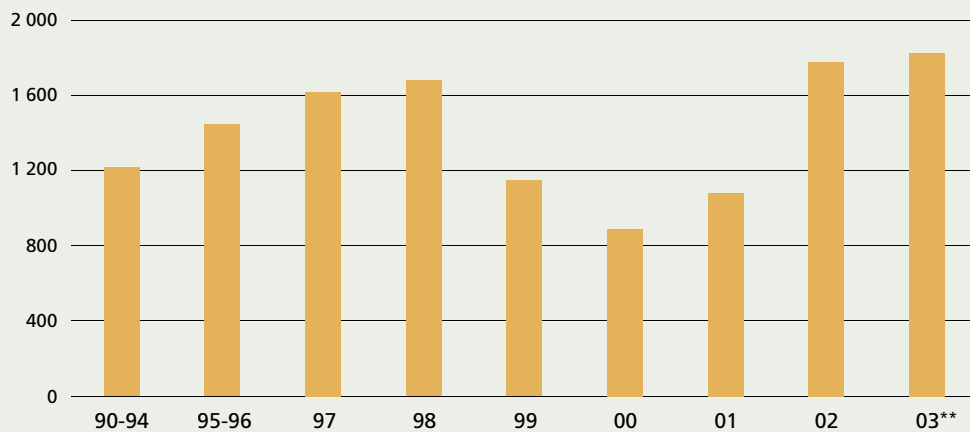
\$EE.UU. por tonelada



CAFÉ

(Precio diario del ICO,
promedio semanal)

\$EE.UU. por tonelada



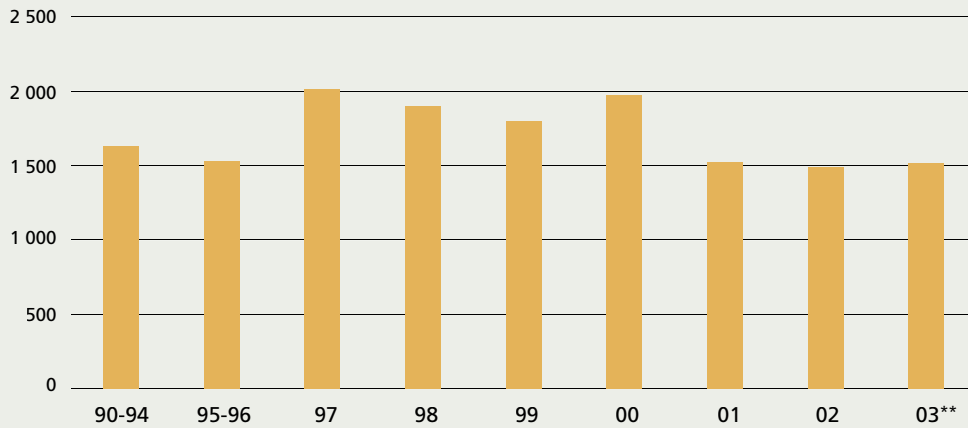
CACAO

(Precio diario de la ICCO,
promedio semanal)

** Promedio de nueve meses, enero-septiembre.

FIGURA 25 (conclusión)
Tendencias de los precios de los productos básicos

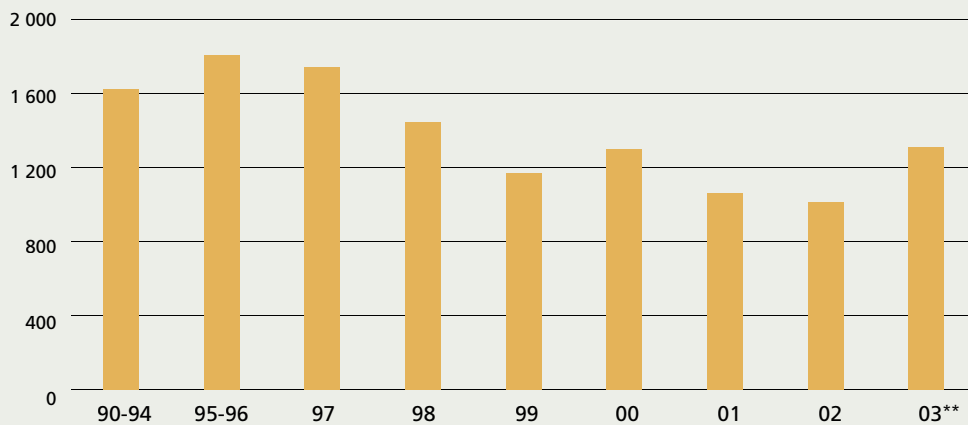
\$EE.UU. por tonelada



TÉ

(Té total, precios de subasta en Mombasa, lunes)

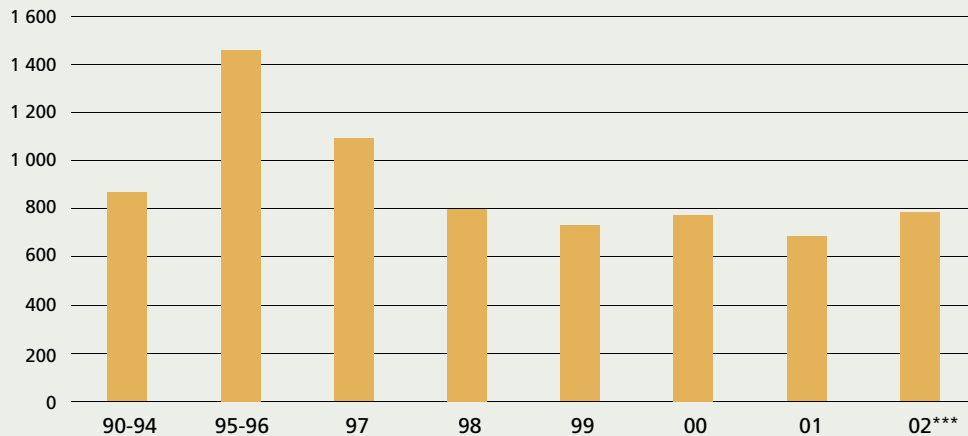
\$EE.UU. por tonelada



ALGODÓN

(Cotlook, índice «A», 1-3/32, viernes)

\$EE.UU. por tonelada



CAUCHO

(RSS, al contado Londres, miércoles)

** Promedio de nueve meses, enero-septiembre.

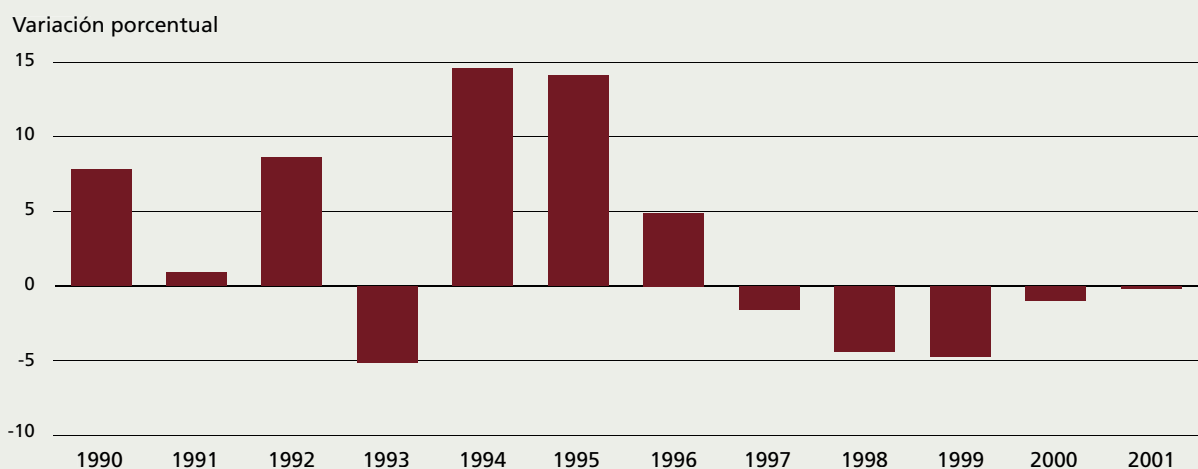
*** Promedio de seis meses, enero-junio.

Fuente: FAO.

6. COMERCIO AGRÍCOLA

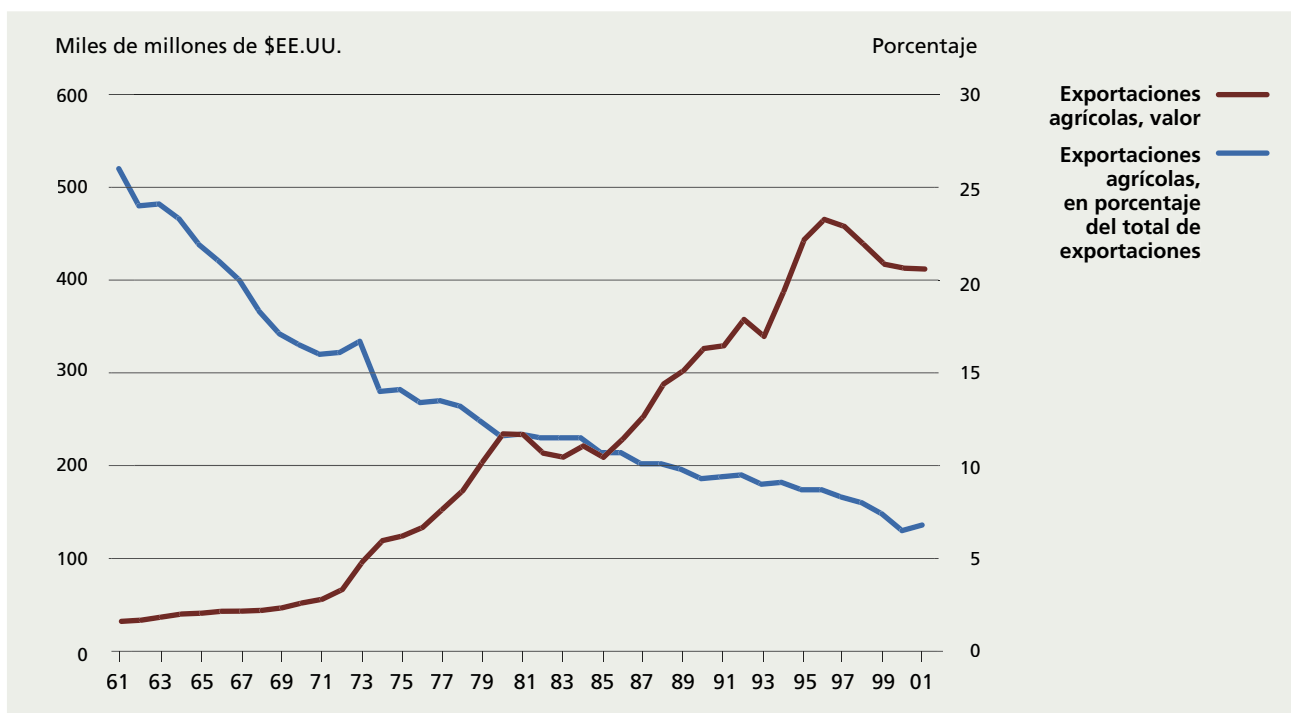
- Después de una expansión relativamente fuerte a mediados del decenio de 1990, las exportaciones agrícolas mundiales han disminuido en valor entre 1997 y 2001 (Figura 26), dando lugar a una reducción ulterior de la participación del comercio agrícola hasta disminuir a menos del 7 por ciento del comercio total de mercancías, continuando así la tendencia descendente a largo plazo (Figura 27).
- El comercio agrícola tanto de países desarrollados como en desarrollo se ha visto afectado por la disminución en términos de valor (Figuras 28 y 29).
- Las importaciones y exportaciones agrícolas de países en desarrollo se han mantenido en general en equilibrio con respecto al último decenio, pero con situaciones muy variables en las distintas regiones de países en desarrollo.
- En particular, en América Latina y el Caribe se ha producido una ampliación del excedente comercial agrícola. Al mismo tiempo, Asia y el Pacífico se han convertido en importadores agrícolas netos, mientras que el importante déficit estructural del Cercano Oriente y de África del Norte no ha mostrado signos de disminución.

FIGURA 26
Cambio anual de valor de las exportaciones agrícolas mundiales
(en dólares EE.UU.)



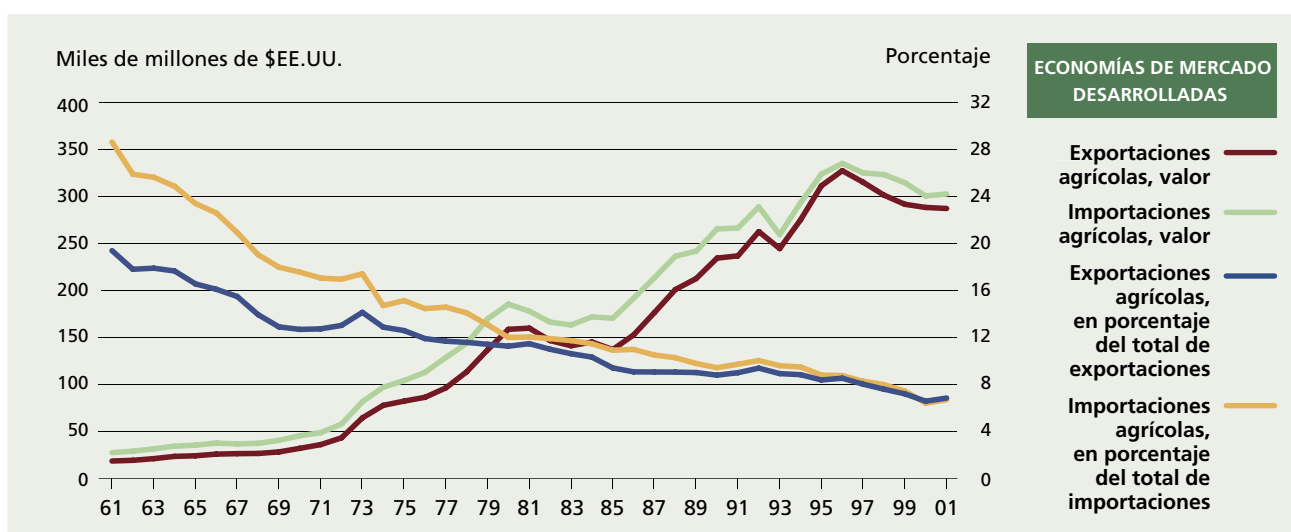
Fuente: FAO.

FIGURA 27
Exportaciones agrícolas mundiales



Fuente: FAO.

FIGURA 28
Importaciones y exportaciones agrícolas, por regiones



(Continúa)

FIGURA 28 (continuación)
Importaciones y exportaciones agrícolas, por regiones

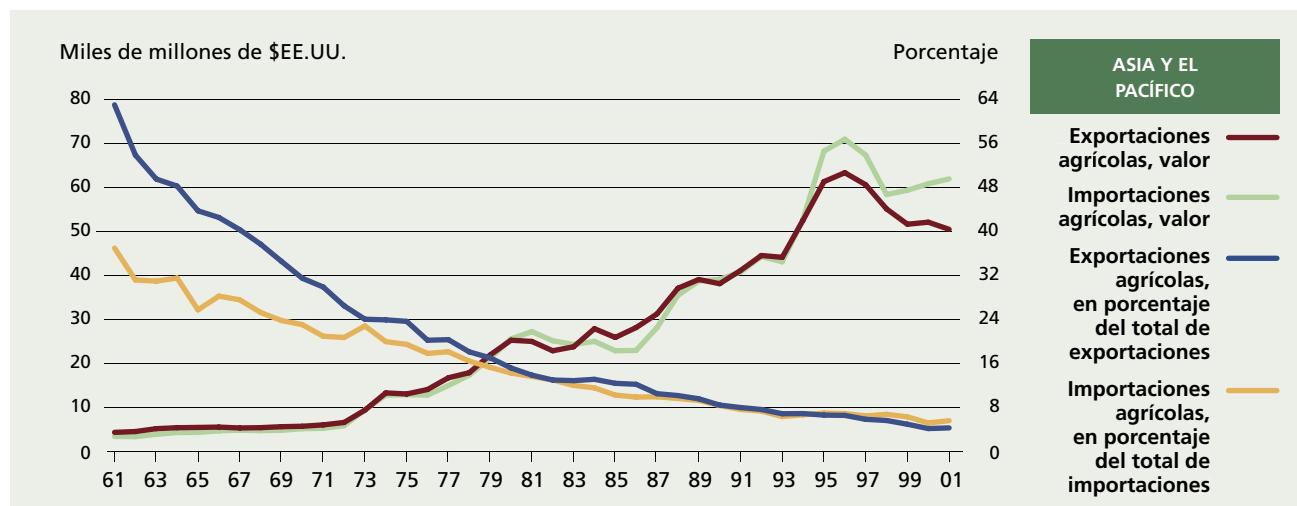
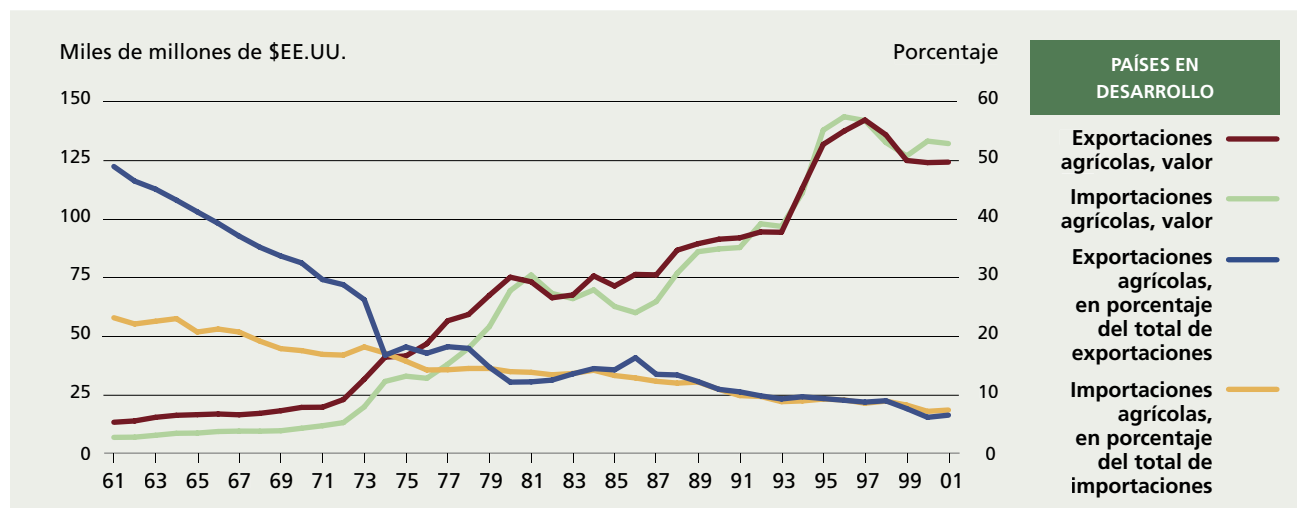
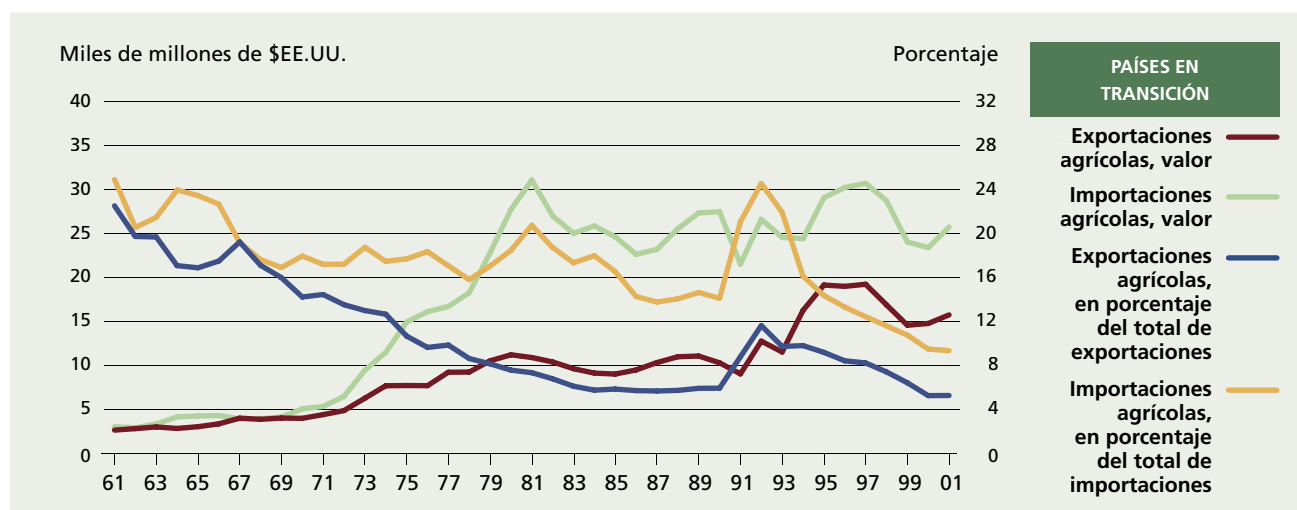
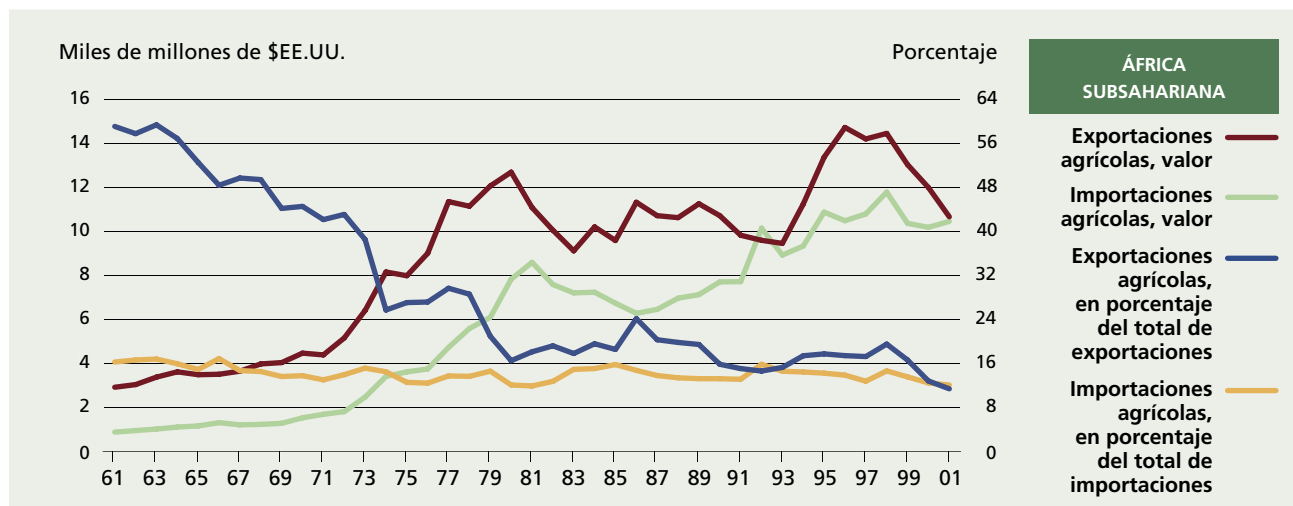
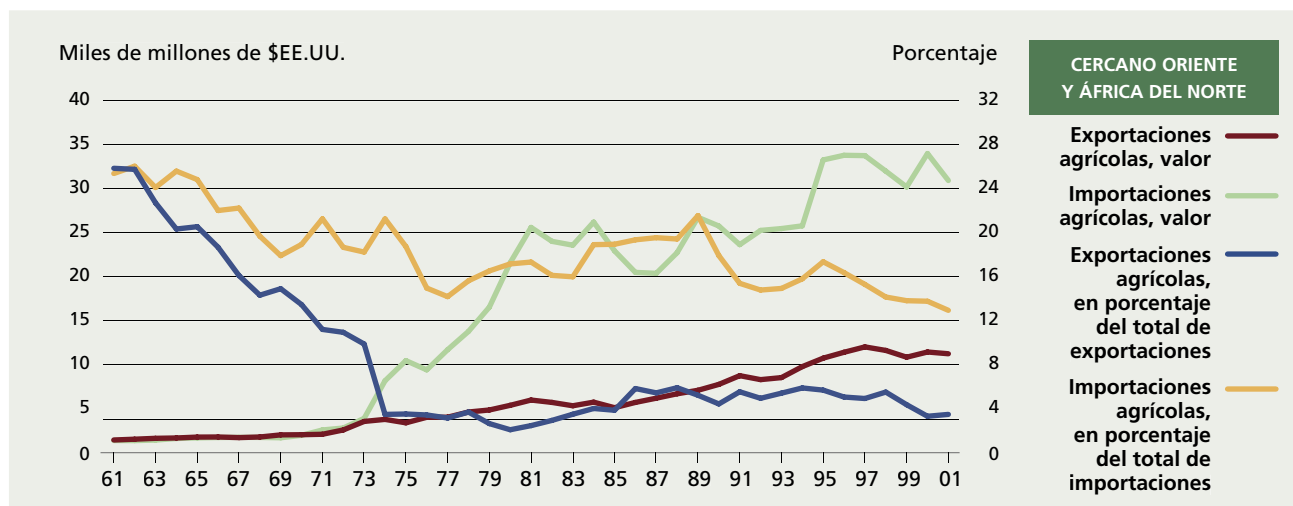
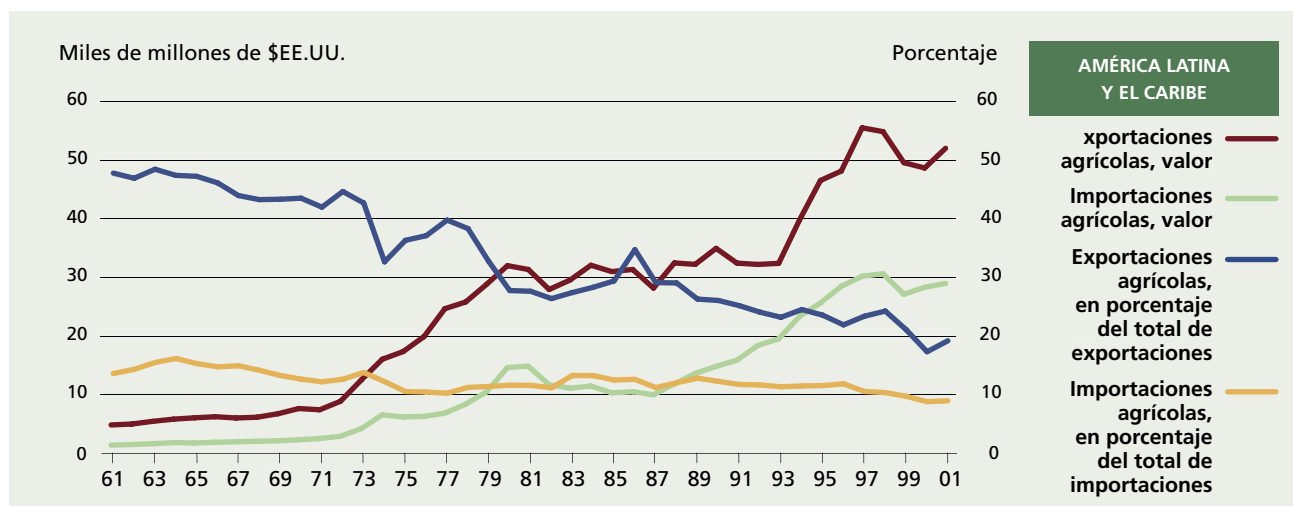
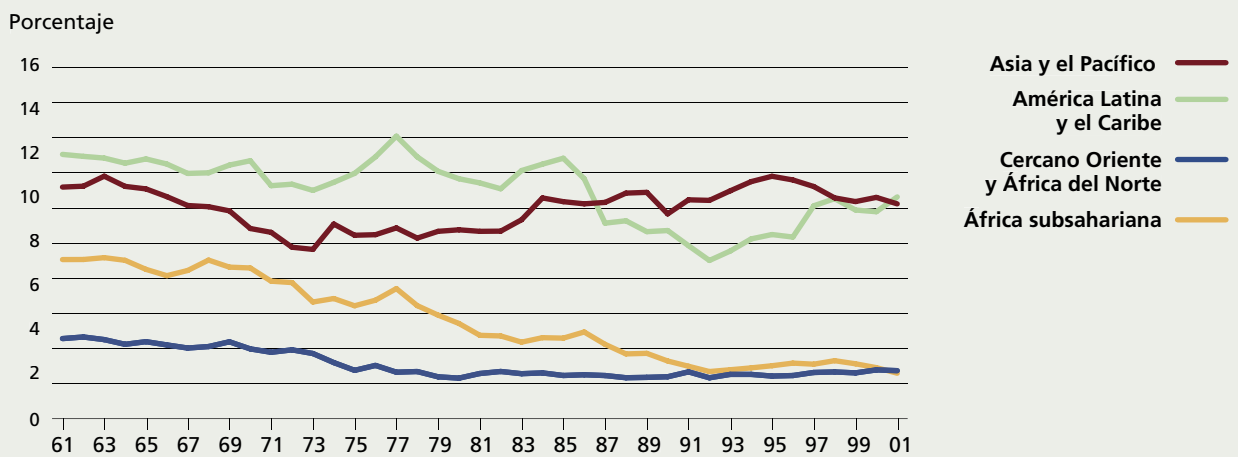
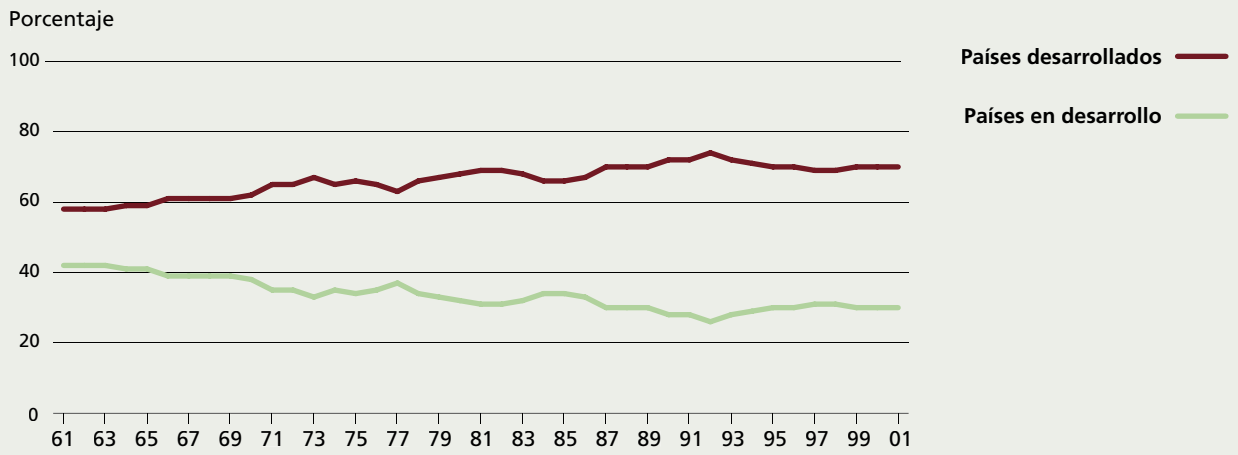


FIGURA 28 (conclusión)
Importaciones y exportaciones agrícolas, por regiones



Fuente: FAO.

FIGURA 29
Parte de las exportaciones agrícolas mundiales, por regiones



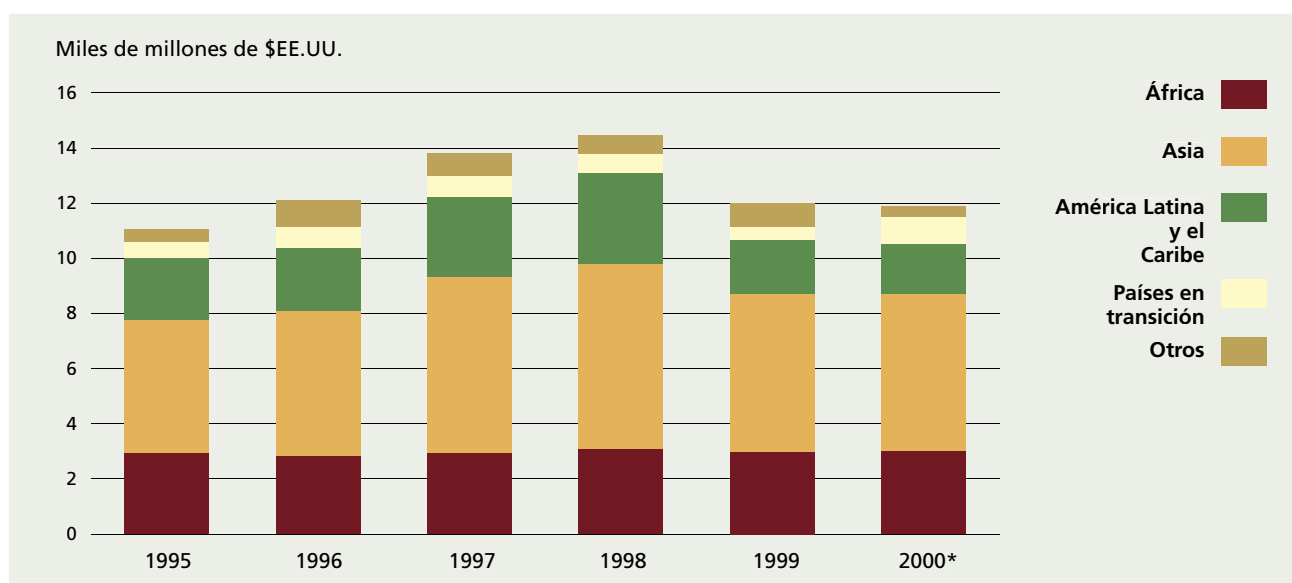
Fuente: FAO.

7. ASISTENCIA EXTERIOR A LA AGRICULTURA

- Medida en precios constantes de 1995, la asistencia exterior a la agricultura disminuyó en 1999, tras haber aumentado en los tres años anteriores (Figuras 30 y 31). Los datos para 2000 indican niveles estancados de asistencia exterior a la agricultura.
- La mayor parte de la disminución en 1999 se debió a los niveles más bajos de asistencia multilateral. En general, la asistencia multilateral ha fluctuado más en los últimos años, mientras que la bilateral ha permanecido relativamente más constante.
- En términos reales, la asistencia exterior a la agricultura ha disminuido considerablemente desde comienzos del decenio de 1980.
- En cambio, la parte de la asistencia en condiciones de favor ha tendido a aumentar, llegando a ser de más del 80 por ciento en 2000 (Figura 32).
- Si se mide por trabajador agrícola, la asistencia exterior a la agricultura ha disminuido significativamente desde el nivel máximo de los primeros años del decenio de 1980. La disminución ha sido especialmente grave en el África subsahariana, donde la asistencia exterior por persona empleada en la agricultura es sólo una cuarta parte, aproximadamente, del nivel máximo de 1982.
- Hay diferencias significativas en la asistencia por trabajador agrícola entre las diversas regiones de países en desarrollo, con niveles en América Latina y el Caribe que exceden ampliamente a los de otras regiones (Figura 33).
- Además, la asistencia exterior a la agricultura no suele llegar a los países más necesitados desde el punto de vista de la prevalencia de la subnutrición. La asistencia por trabajador agrícola es mayor en los países de prevalencia más baja de personas subnutridas (Figura 34).

FIGURA 30

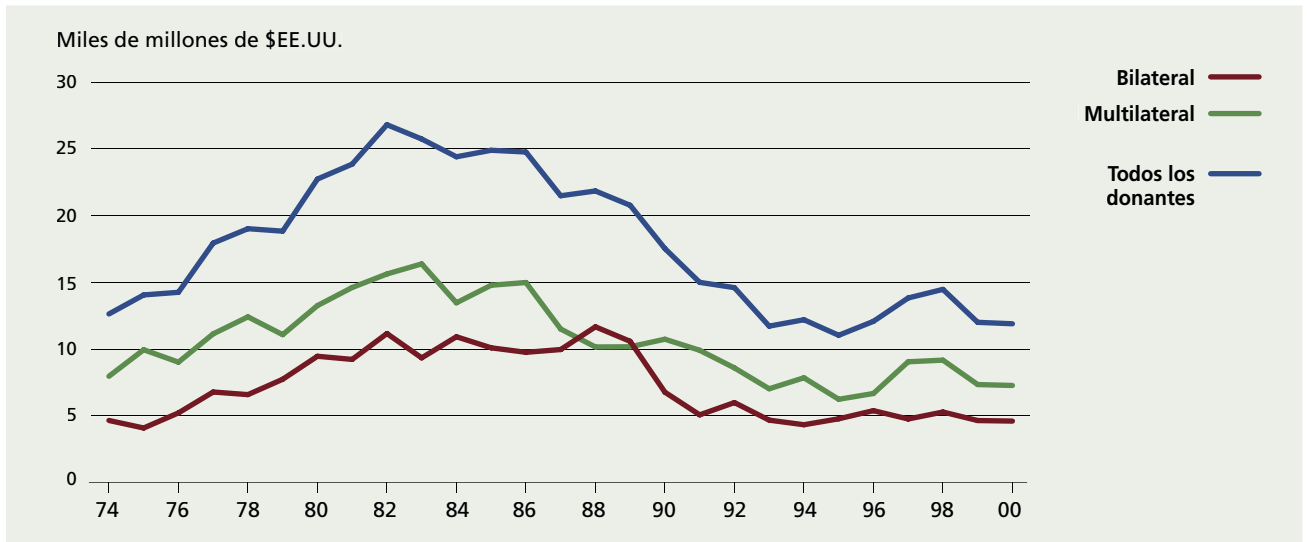
Compromisos de asistencia exterior a la agricultura, por principales regiones receptoras (a los precios constantes de 1995)



* Datos incompletos y provisionales.

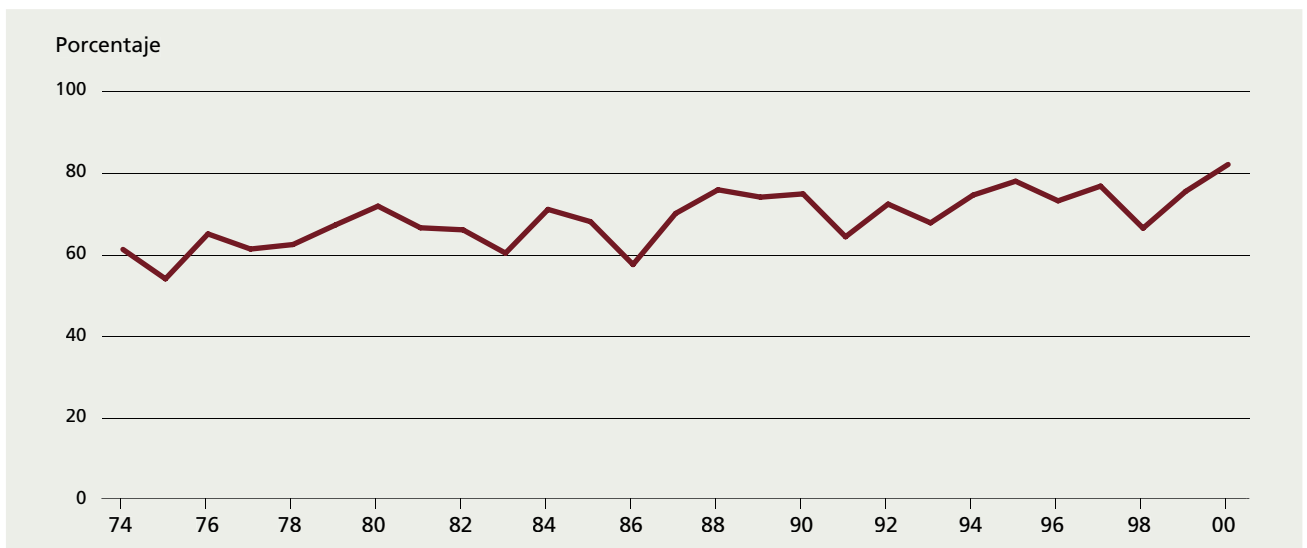
Fuente: FAO.

FIGURA 31
Tendencia a largo plazo de la asistencia exterior a la agricultura, 1974-2000
(a los precios constantes de 1995)



Fuente: FAO.

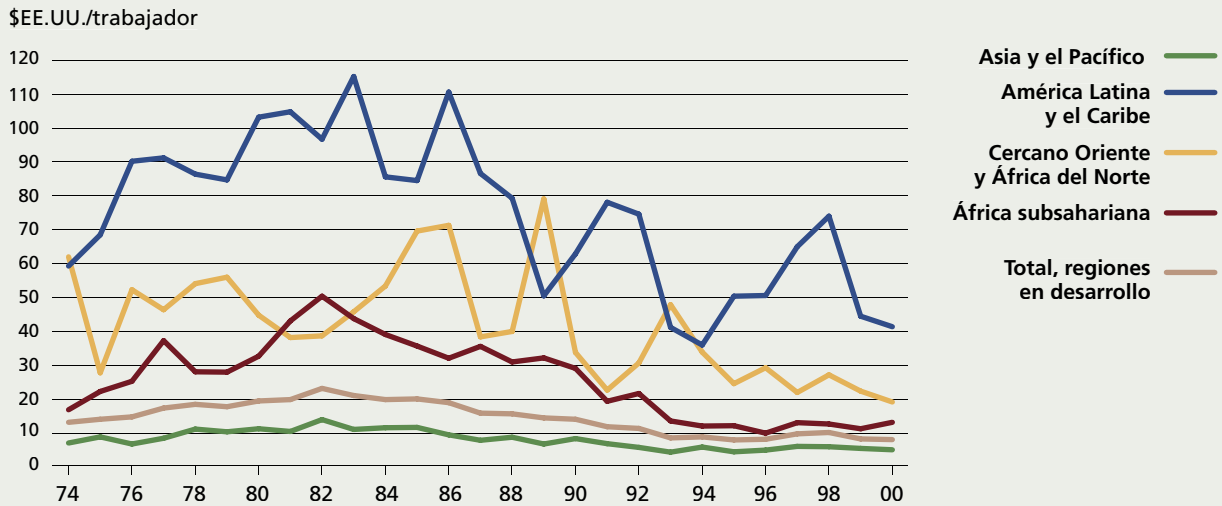
FIGURA 32
Parte de la asistencia en condiciones de favor en el total de la asistencia a la agricultura



Fuente: FAO.

FIGURA 33

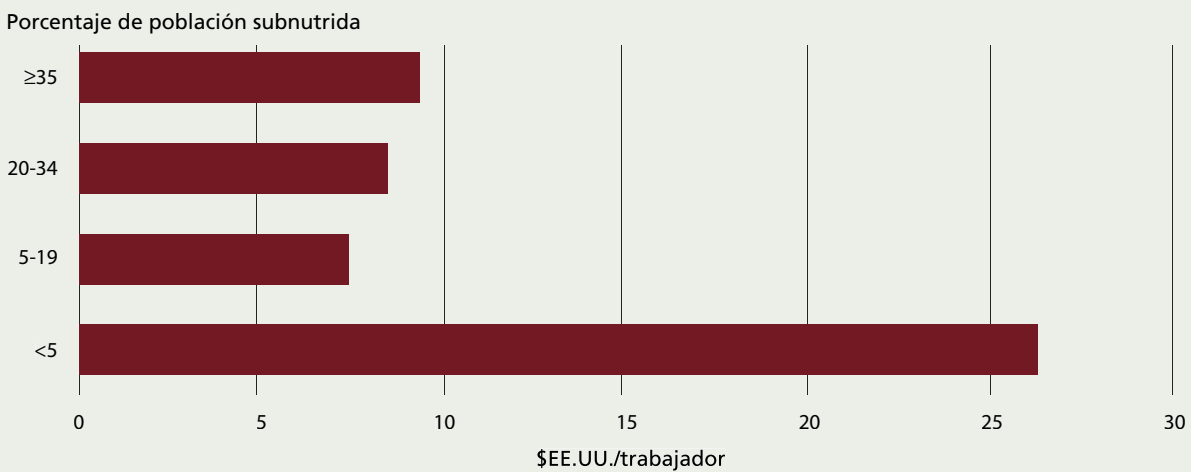
Asistencia exterior a la agricultura por trabajador agrícola
(a los precios constantes de 1995)



Fuente: FAO.

FIGURA 34

Asistencia exterior a la agricultura por trabajador agrícola,
según la prevalencia de la subnutrición, 1998-2000
(a los precios constantes de 1995)



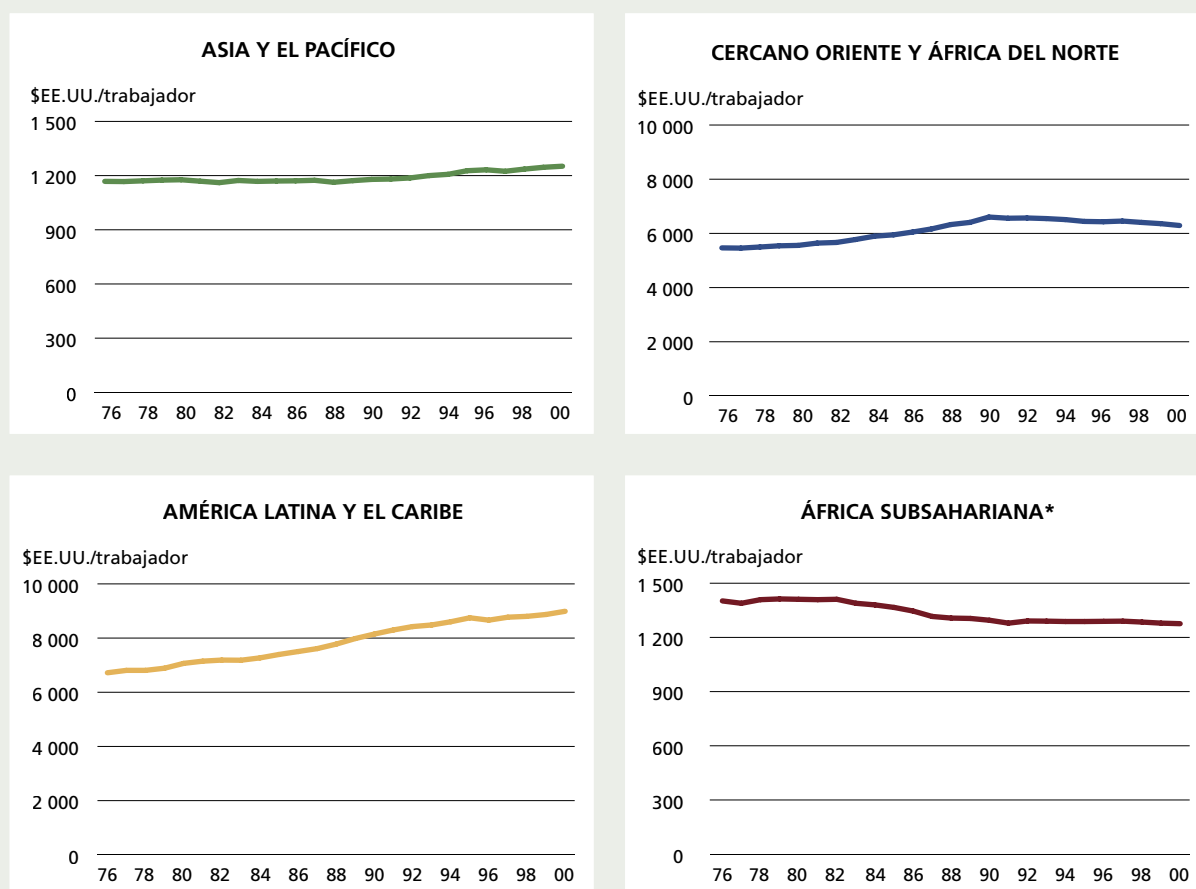
Fuente: FAO.

8. RESERVA DE CAPITAL AGRÍCOLA¹

- La reserva de capital agrícola por trabajador agrícola difiere de forma muy significativa entre las regiones de países en desarrollo, y los niveles en América Latina y el Caribe y en el Cercano Oriente y el África del Norte son muy superiores a los del África subsahariana y Asia y el Pacífico.
- Desde 1975 la reserva de capital agrícola por trabajador agrícola ha aumentado de forma relativamente significativa
- sólo en América Latina y el Caribe, mientras que en el Cercano Oriente y África del Norte, y Asia y el Pacífico se han producido únicamente aumentos limitados (Figura 35).
- La característica más preocupante es la disminución lenta, pero aparentemente inexorable de la reserva de capital por trabajador agrícola en el África subsahariana.

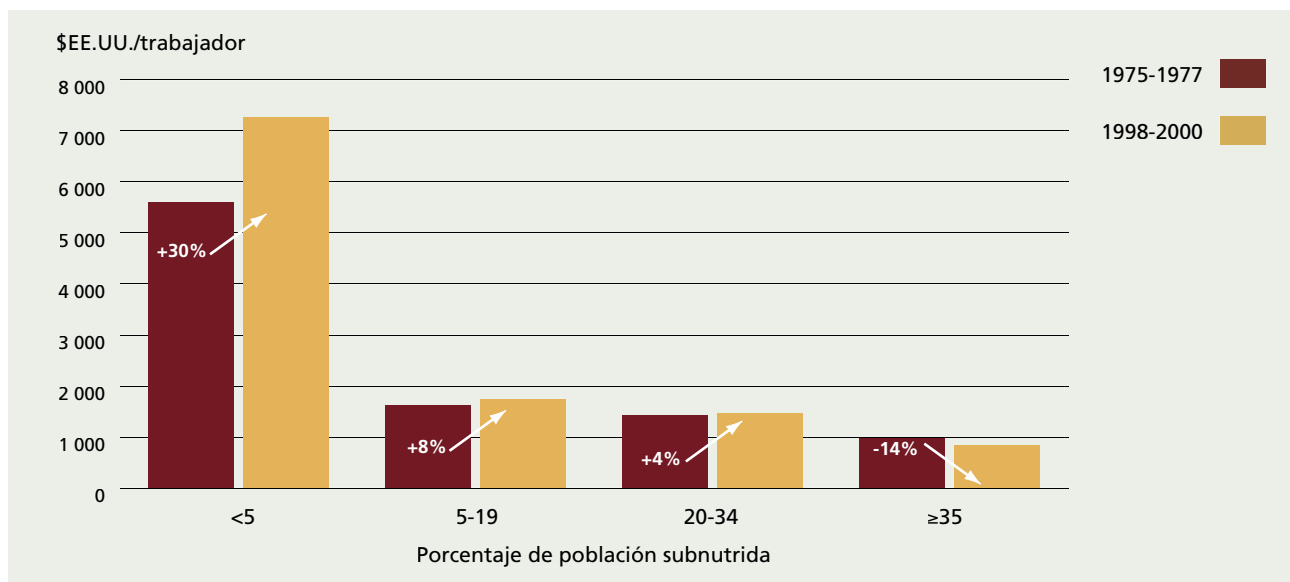
FIGURA 35

Reserva de capital agrícola por trabajador agrícola, por regiones
(a los precios constantes de 1995)



*No se incluye Sudáfrica.

FIGURA 36
Reserva de capital agrícola por trabajador agrícola en países en desarrollo,
según la prevalencia de la subnutrición, 1998-2000
(a los precios constantes de 1995)



Fuente: FAO.

- Si se relaciona la reserva de capital por trabajador agrícola con la prevalencia de la subnutrición se observa que los países de menor incidencia de subnutrición tienen el nivel más alto de reserva de capital por trabajador agrícola y han experimentado el mayor aumento de ese capital en los últimos 25 años (Figura 36). En cambio, los países donde más del 35 por ciento de la población está subnutrida tienen los niveles más bajos de reserva de capital por trabajador y han experimentado una disminución en los últimos 25 años.

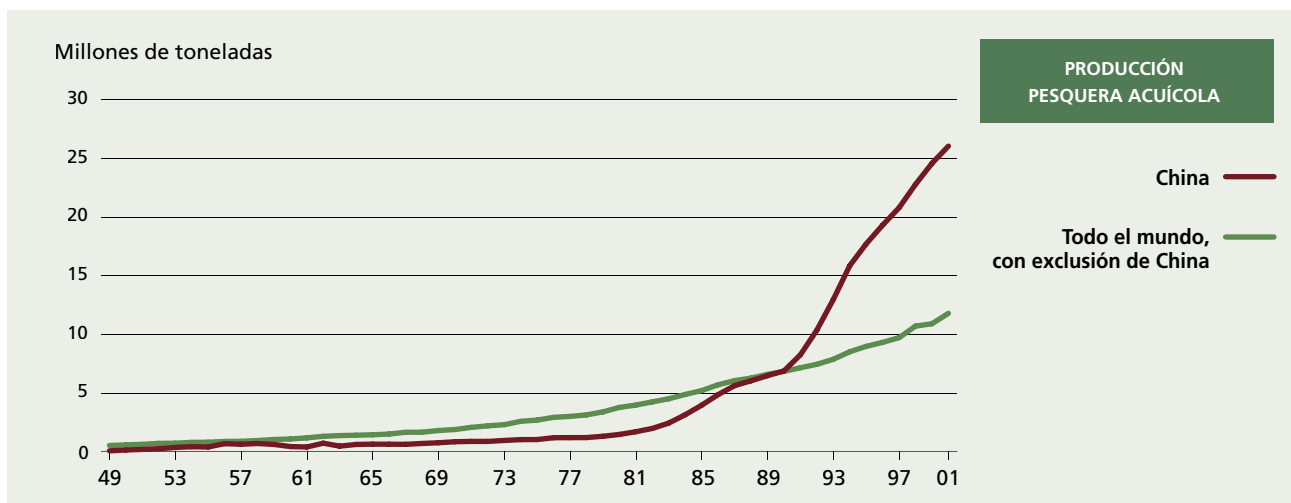
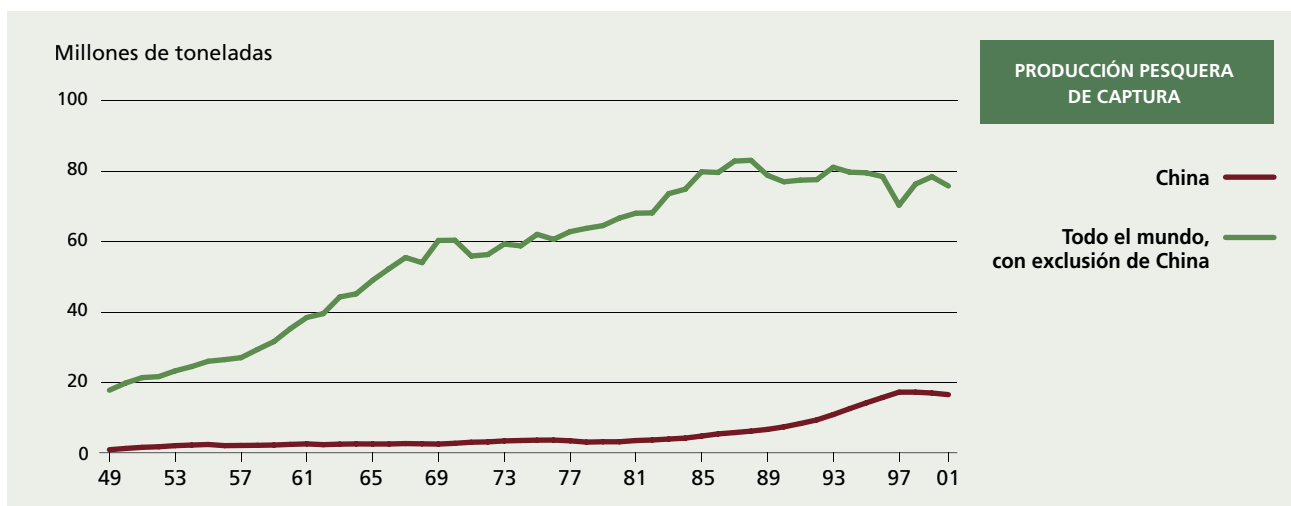
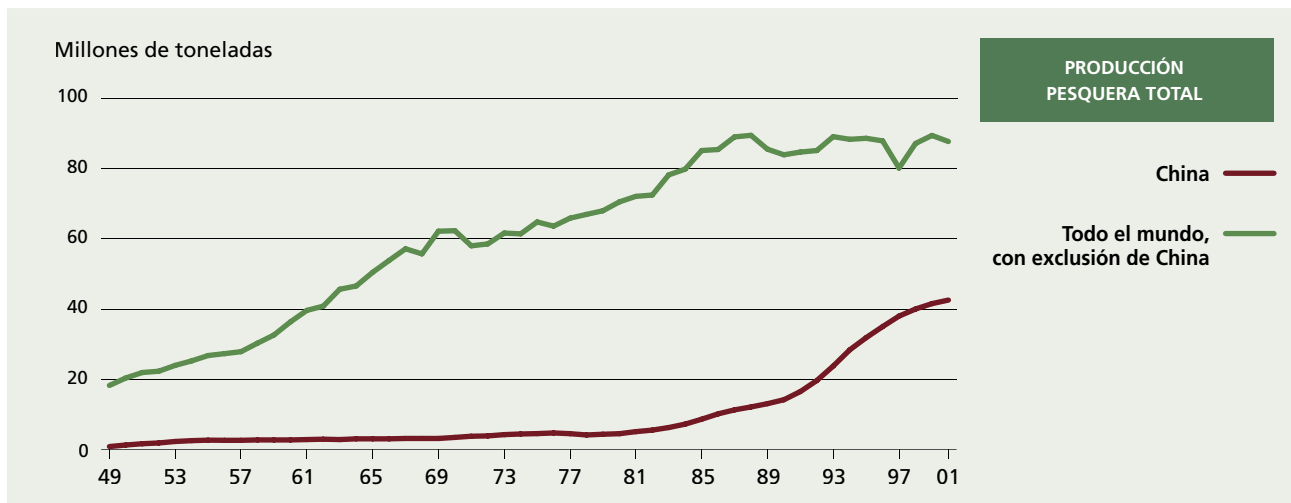
¹ La reserva de capital agrícola se refiere al valor de sustitución en términos monetarios (al final del año) de bienes fijos tangibles producidos o adquiridos para uso repetido en el proceso de producción agrícola durante un período largo. Las estimaciones de la reserva de capital agrícola se han elaborado utilizando datos físicos sobre ganado, tractores, tierras de regadío, tierras destinadas a cultivos perennes, etc., así como los precios medios en 1995.

9. PESCA: PRODUCCIÓN, UTILIZACIÓN Y COMERCIO

- Según los informes, la producción pesquera total en 2001 fue de 130,2 millones de toneladas, de los cuales 37,9 millones de toneladas corresponden a la acuicultura (Figura 37).
- La producción pesquera mundial disminuyó desde 95,4 millones de toneladas en 2000 a 92,4 en 2001 (Figura 37). La mayoría de las fluctuaciones de la producción pesquera de los últimos años se han debido a variaciones en las capturas de anchoveta peruana, a causa de las condiciones climáticas (El Niño). Salvo en el caso de la anchoveta, la producción pesquera mundial ha permanecido bastante estable desde 1995.
- La producción acuícola mundial ha aumentado rápidamente en los últimos años y representa ahora casi el 30 por ciento de la producción pesquera total (Figura 37). La mayor parte de la expansión debe atribuirse a China, a la que corresponden ahora más de los dos tercios de la producción acuícola total en términos de volumen.
- En 2001, alrededor del 38 por ciento (equivalente de peso en vivo) de la producción pesquera mundial entró en el comercio internacional (Figuras 38 y 39). Los países en desarrollo suministraron algo más del 50 por ciento de las exportaciones, y los primeros ocho o nueve exportadores representaron los dos tercios del total de los países en desarrollo. Más del 80 por ciento del total de las importaciones pesqueras mundiales se concentró en los países desarrollados, abarcando el Japón y los Estados Unidos el 45 por ciento del total.
- En 2001, unos 31 millones de toneladas estimados de producción pesquera mundial se transformaron en harina, y los 99 millones de toneladas restantes se destinaron al consumo humano.
- En términos per cápita, mientras el suministro total de pescado para alimentación procedente de capturas se ha estancado en los últimos años, los suministros per cápita procedentes de la acuicultura han aumentado considerablemente (Figura 40). Esto se aplica especialmente a China, donde los suministros per cápita procedentes de la acuicultura han aumentado hasta el punto de proporcionar algo más del 75 por ciento del total de suministros pesqueros per cápita para la alimentación, en comparación con sólo el 18 por ciento en el resto del mundo.

FIGURA 37

Producción pesquera total: China y el resto del mundo



Fuente: FAO.

FIGURA 38
Comercio de pescado y de productos pesqueros en países desarrollados y países en desarrollo

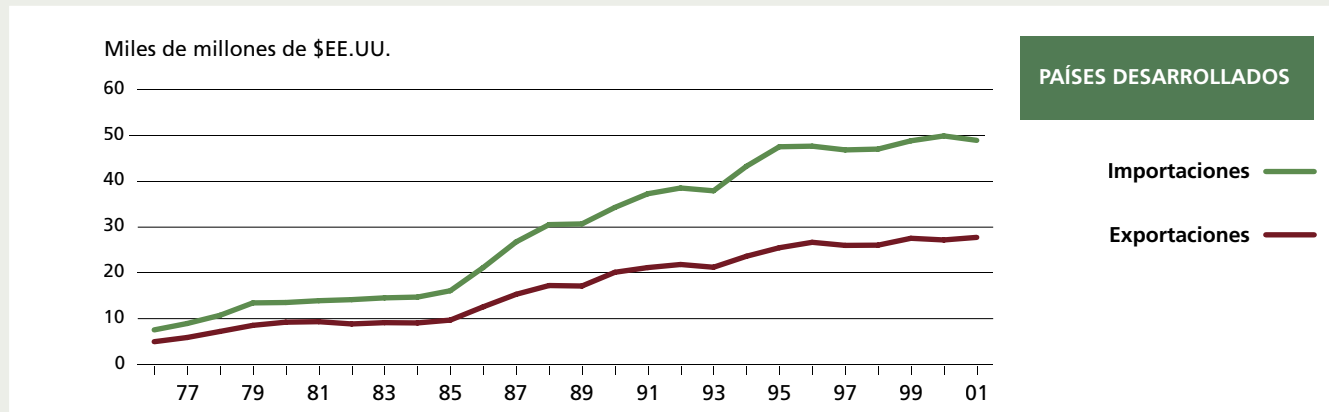
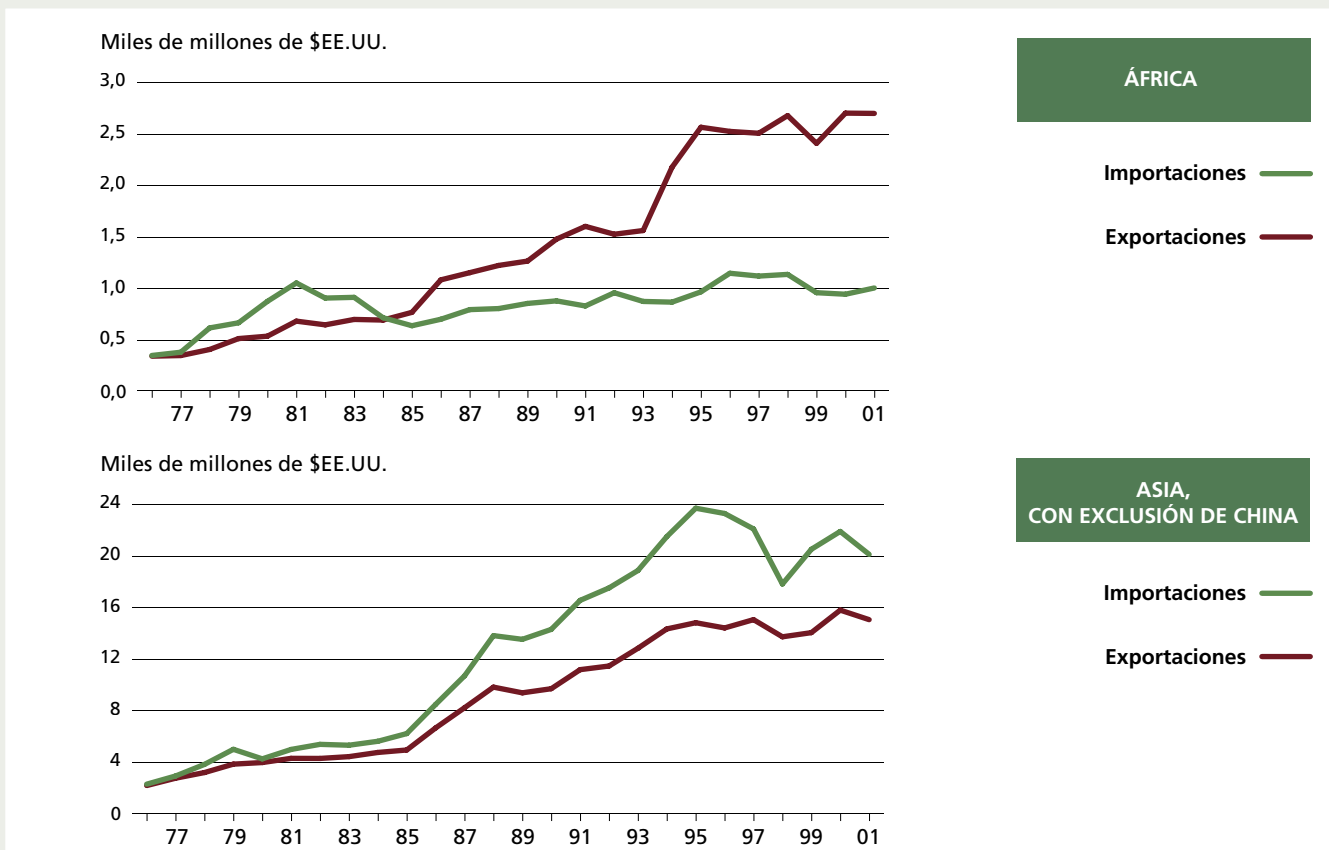
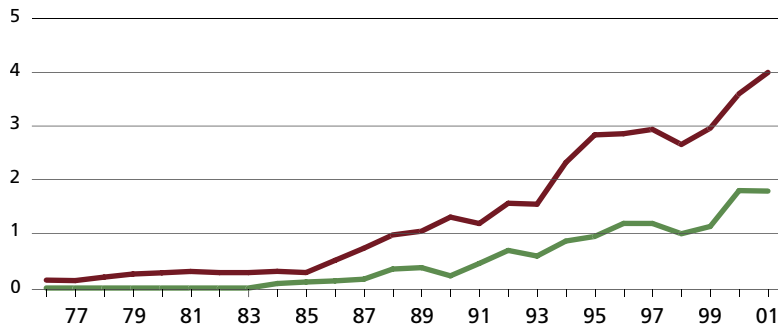


FIGURA 39
Comercio de pescado y de productos pesqueros en países en desarrollo



Miles de millones de \$EE.UU.

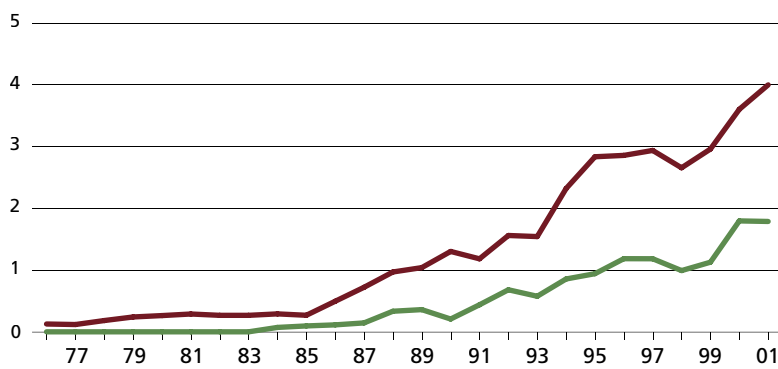


PAÍSES EN DESARROLLO

Importaciones —
Exportaciones —

Fuente: FAO.

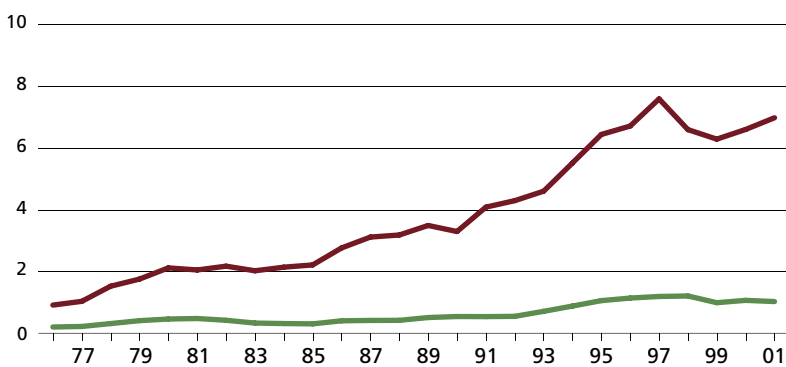
Miles de millones de \$EE.UU.



CHINA

Importaciones —
Exportaciones —

Miles de millones de \$EE.UU.

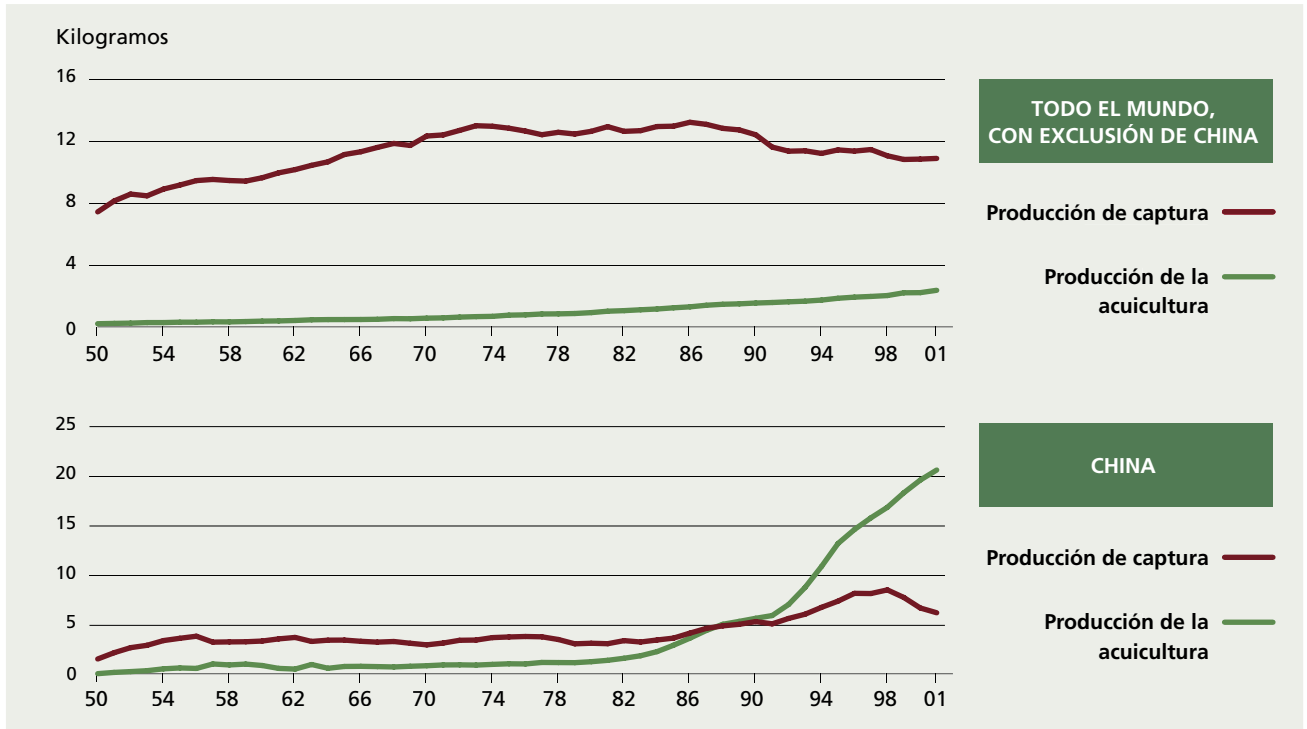


AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE

Importaciones —
Exportaciones —

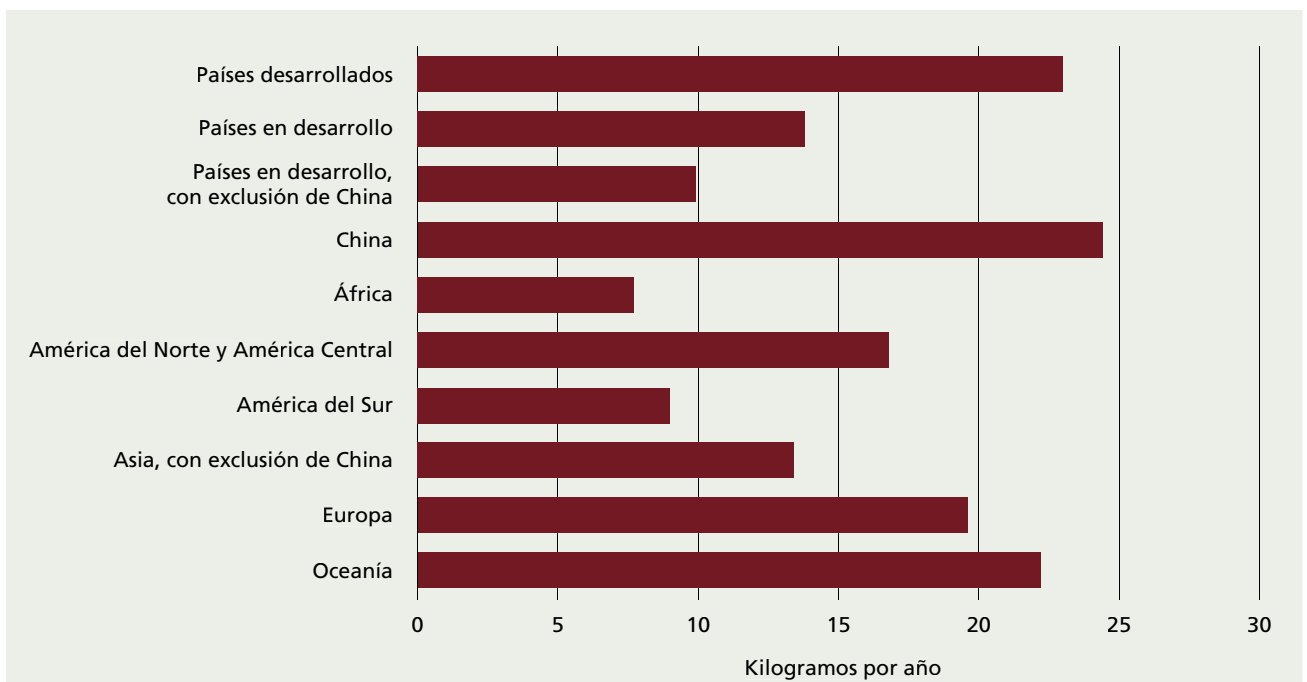
Fuente: FAO.

FIGURA 40
Suministro pesquero per cápita (capturas y acuicultura): China y el resto del mundo



Fuente: FAO.

FIGURA 41
Suministro pesquero per cápita por regiones, 1997-1999



Fuente: FAO.

10. SECTOR FORESTAL

- La producción mundial estimada de madera en rollo en 2002 llegó a los 3 380 millones de metros cúbicos, es decir alrededor del 1,1 por ciento por encima del nivel del año anterior (Figura 42). La producción total de madera en rollo ha permanecido estancada el pasado decenio, y la producción en 2002 estuvo aproximadamente al nivel del decenio anterior.
- De la producción total de madera en rollo en 2002, el 47 por ciento se destinó a madera en rollo industrial, y el 53 por ciento a combustible.
- La mayor parte de esta producción, 2 015 millones de metros cúbicos, o sea, el 60 por ciento de la producción total de 2002, correspondió a los países en desarrollo (Figura 42).
- Salvo para 2000 y 2001, la producción de los países en desarrollo ha seguido una tendencia ascendente a lo largo del último decenio, mientras que la producción en los países desarrollados, tras una considerable disminución a comienzos del decenio de 1990, sigue estando todavía muy por debajo de los niveles máximos de 1989-1990.
- La composición de la producción total de madera en rollo difiere considerablemente entre los grupos de países desarrollados y en desarrollo. En los países desarrollados, la madera en rollo para fines industriales representa el grueso de la producción, mientras que la leña sólo representa alrededor del 15 por ciento del total. En los países en desarrollo casi el 80 por ciento de la producción de madera en rollo se destina a leña, cuya producción sigue una tendencia ascendente.
- En cambio, la mayor parte de la producción industrial de madera en rollo sigue correspondiendo a los países desarrollados, que proporcionan más del 70 por ciento del total, aunque la participación de los países en desarrollo haya aumentado a lo largo del tiempo.
- Según la Evaluación de los recursos forestales mundiales de 2000, la pérdida media anual neta de cubierta forestal de 1990 a 2000 ha sido de 9,4 millones de hectáreas, es decir, el 0,2 por ciento de la cubierta forestal total. Las mayores pérdidas porcentuales se produjeron en África y América del Sur (Figura 46).

FIGURA 42
Producción de madera en rollo: todo el mundo

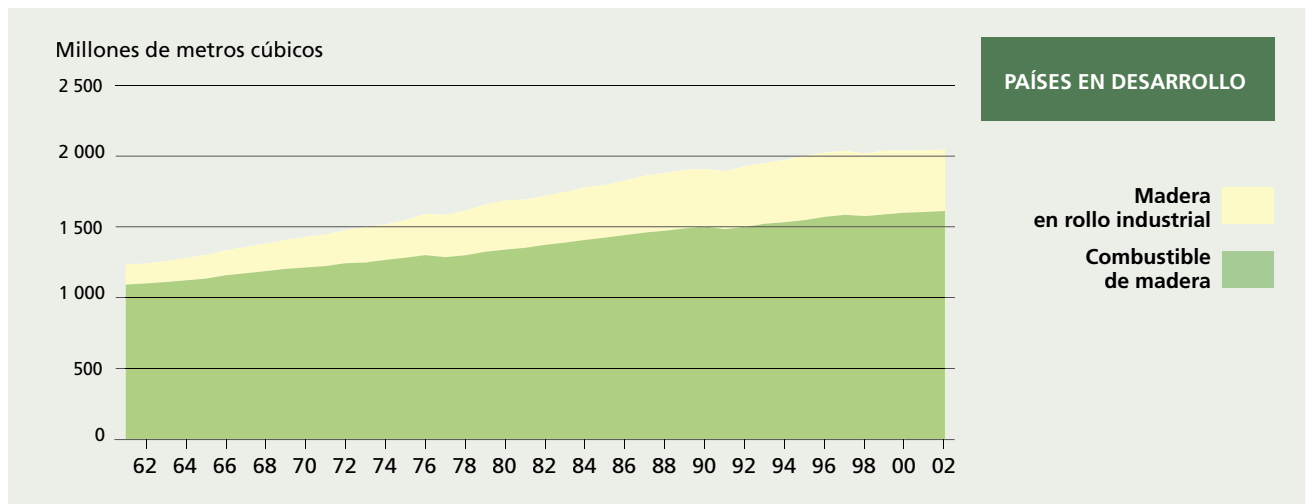
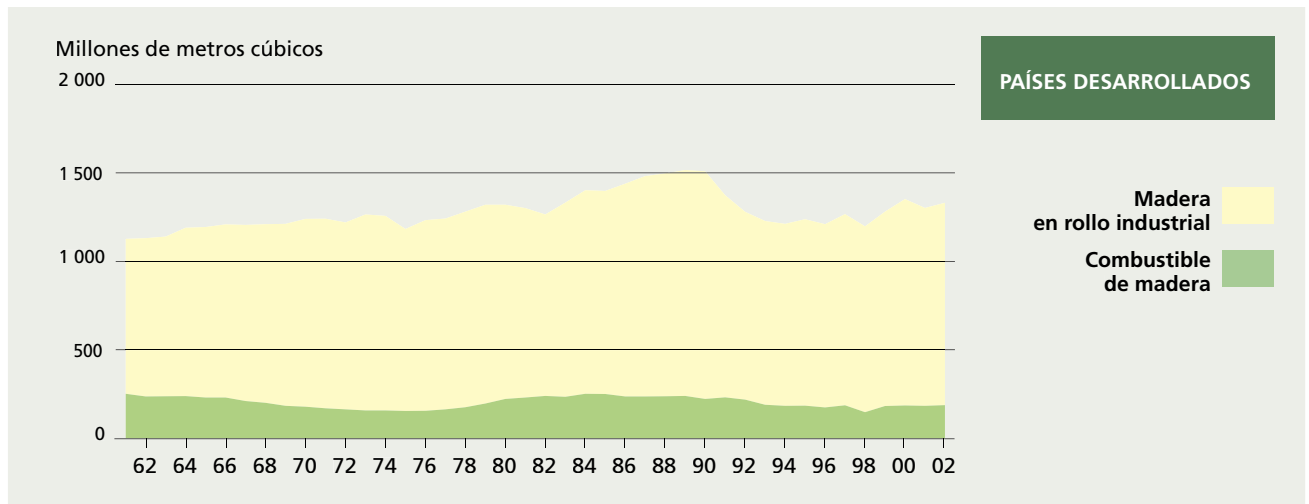
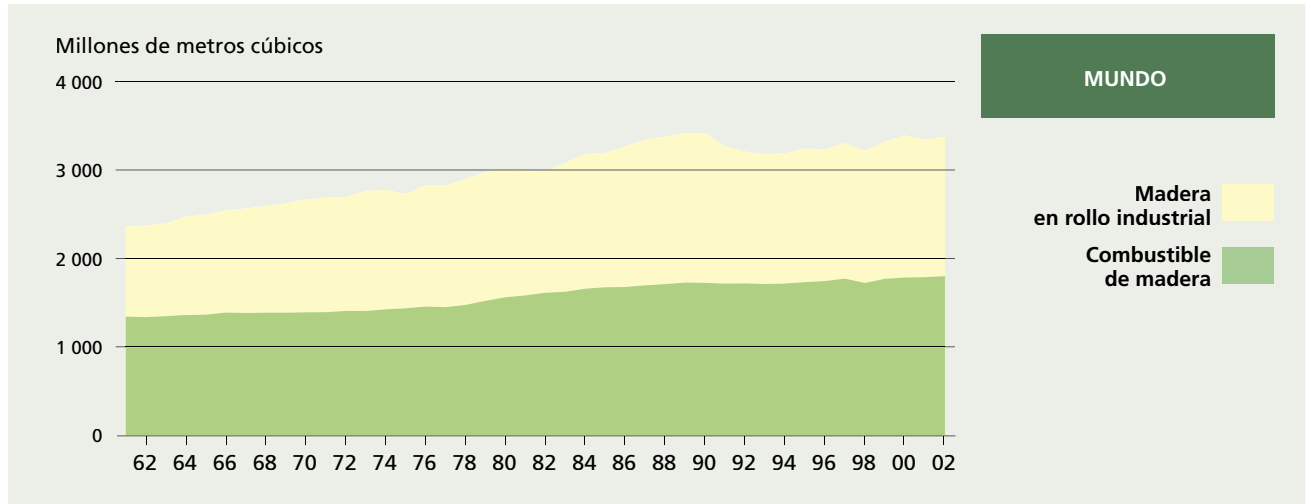
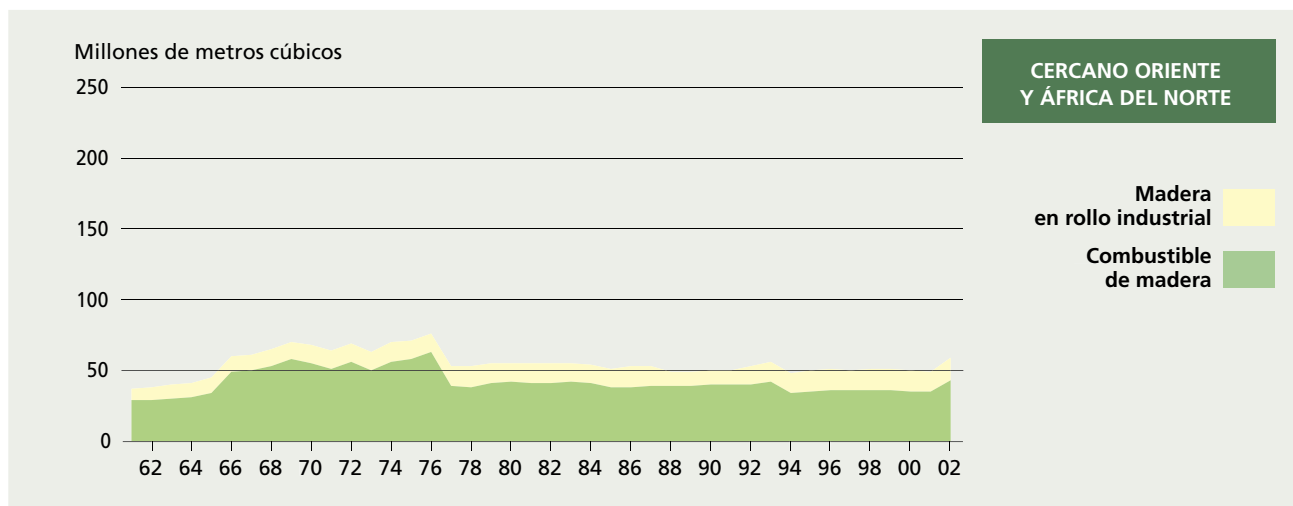
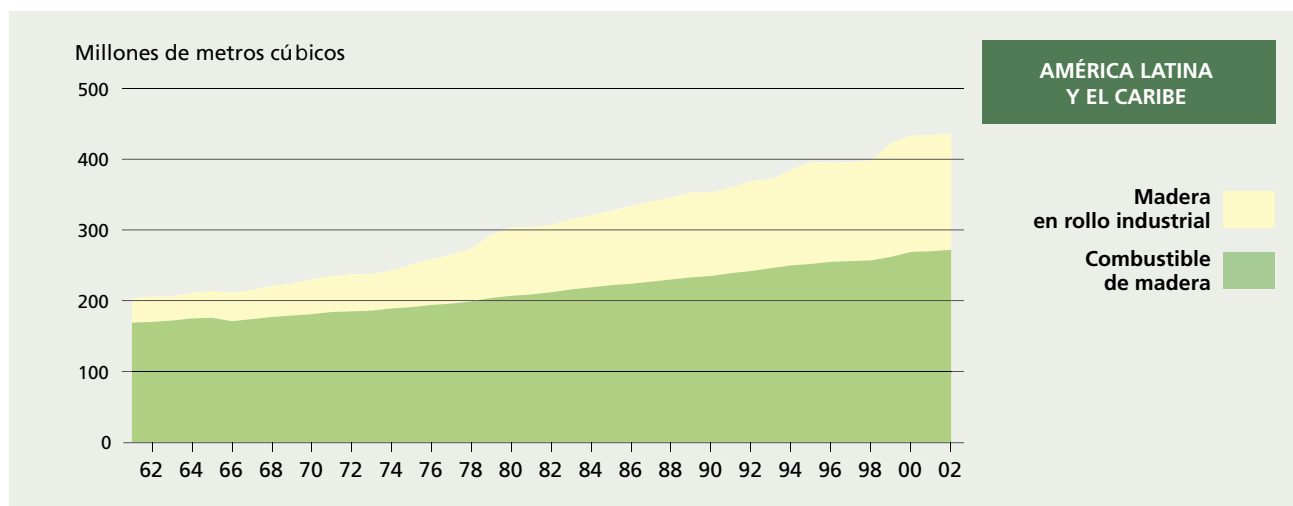
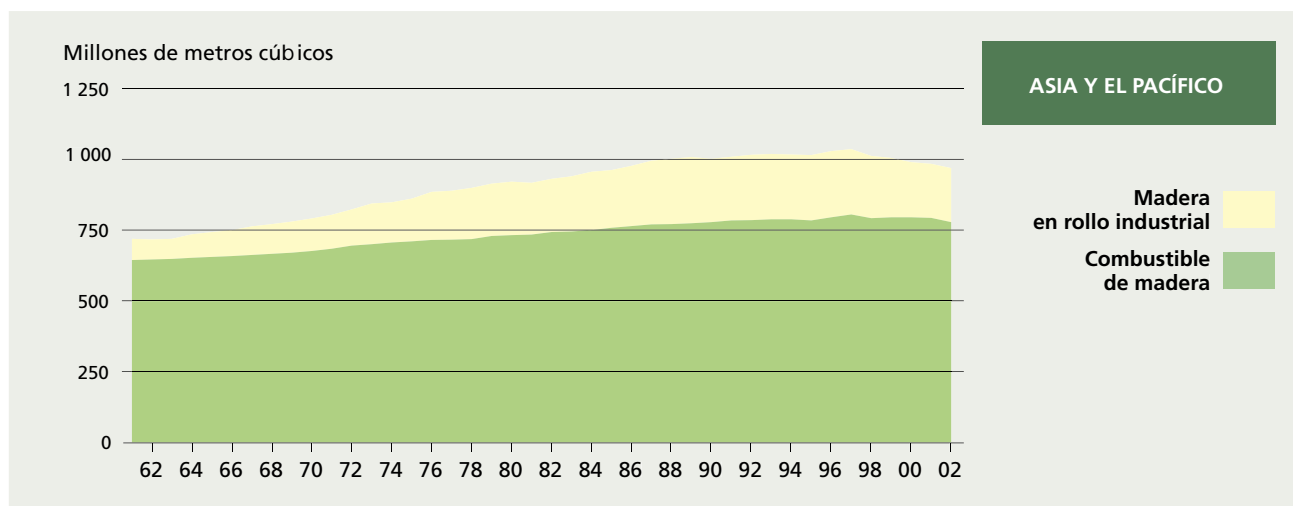


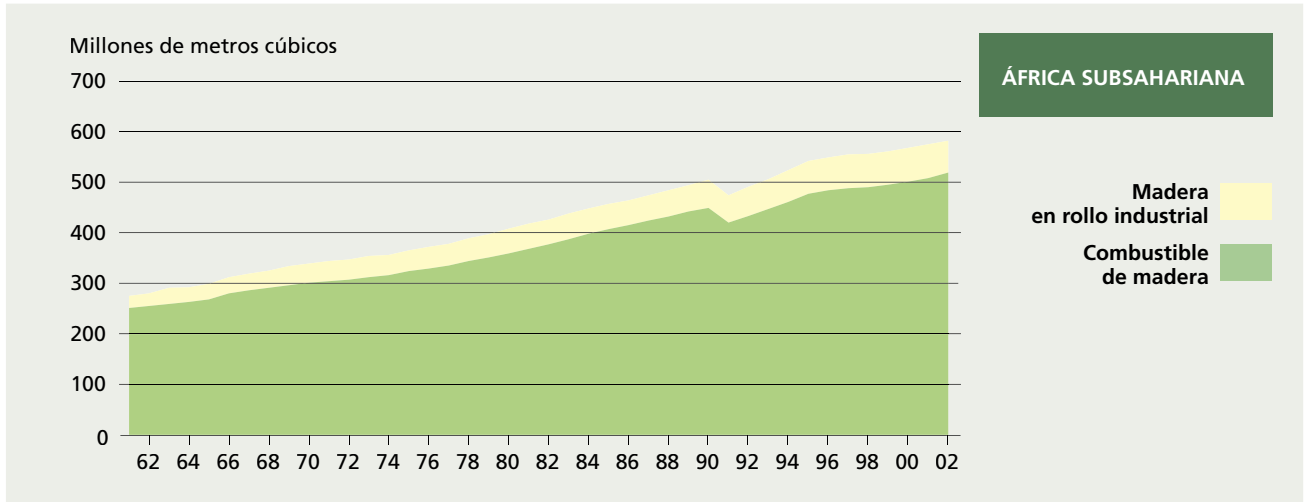
FIGURA 43

Producción de madera en rollo por regiones de países en desarrollo



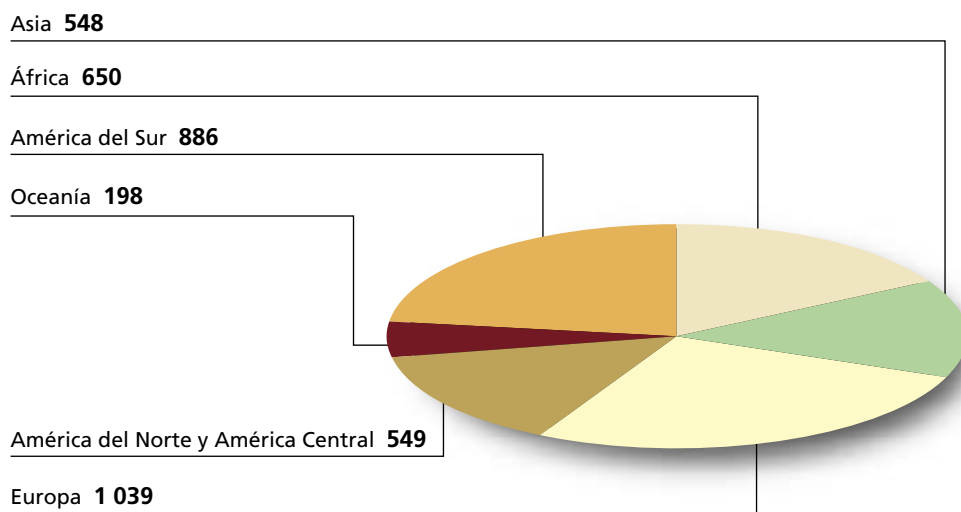
(Continúa)

FIGURA 43 (conclusión)
Producción de madera en rollo por regiones de países en desarrollo



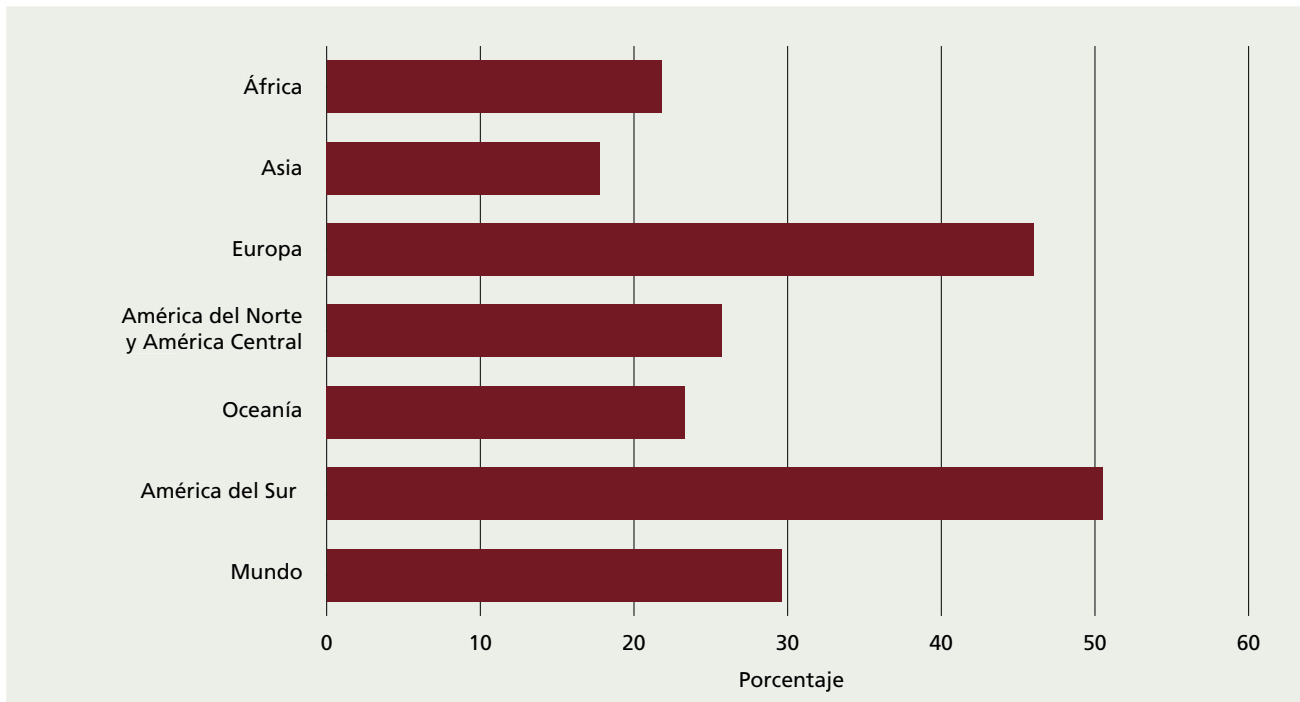
Fuente: FAO.

FIGURA 44
Superficie forestal en 2000 (millones de hectáreas)



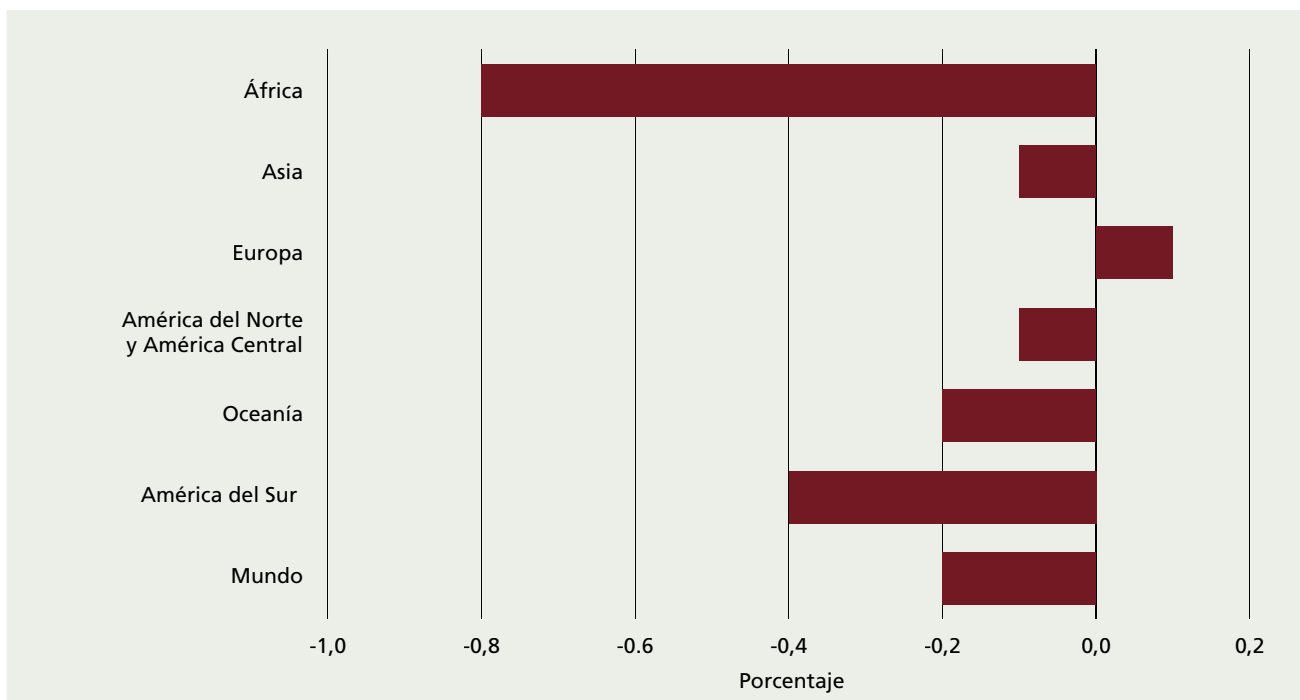
Fuente: FAO.

FIGURA 45
Parte de la superficie terrestre poblada por bosques en 2000



Fuente: FAO.

FIGURA 46
Variación media anual en la superficie poblada por bosques, 1999-2000



Fuente: FAO.

Parte III

ANEXO ESTADÍSTICO

2002	1985
1995	2001
2000	1992
1986	1990
1999	1989

Parte III

2002 1985

1995 2001

2000 1992

1986 1990

1999 1989

1996 2003

Notas sobre los cuadros del Anexo

Símbolos

En los cuadros se utilizan los símbolos siguientes:

...	= no disponible
ha	= hectárea
hg/ha	= hectogramos por hectárea
hg	= hectogramo
PIB	= producto interno bruto
PNB	= producto nacional bruto
kcal/persona/día	= calorías por persona por día
kg	= kilogramo

Para separar los decimales de los enteros se usa una coma.

Notas técnicas

En los cuadros no figuran los países respecto de los cuales no se dispone de datos suficientes,

Las cifras que aparecen en los cuadros pueden haberse redondeado y, por tanto, diferir ligeramente de las obtenidas de FAOSTAT y de los indicadores de desarrollo mundial.

1. Seguridad alimentaria y nutrición (Cuadro A2)

Fuente: FAO.

Subnutrición

Las estimaciones de la FAO sobre la prevalencia de la subnutrición se basan en cálculos de la cantidad de alimentos disponibles en cada país (suministro de energía alimentaria nacional, SEA) y en un índice de la desigualdad en la distribución derivado de encuestas de ingresos o gastos de los hogares.

Las cifras relativas a la subnutrición en China continental incluyen Taiwan, Provincia de China.

En el caso de Afganistán, Iraq y Somalia no se dispone de estimaciones sobre la proporción de personas subnutridas en 1999-2001; en lugar de éstas se han utilizado las estimaciones correspondientes a 1998-2000.

Símbolo empleado

Para indicar una proporción de personas subnutridas inferior al 2,5 por ciento, se ha utilizado un guión.

Suministro de energía alimentaria

Los suministros per cápita, expresados como peso de los productos, se han derivado de los suministros totales disponibles para el consumo

humano (es decir, alimentos) dividiendo las cantidades de alimentos por las cifras de la población total que efectivamente ha compartido los suministros alimentarios durante el período de referencia. El suministro de energía alimentaria se pondera con respecto a la población total.

Probabilidad de que el consumo efectivo descienda por debajo del 95 por ciento de la tendencia para 1980-2001

Según Sadoulet y de Janvry (1995), la probabilidad de que el consumo nacional descienda por debajo de un determinado porcentaje α (en estos cuadros $\alpha = 95$ por ciento) de su tendencia a largo plazo es: $\Pr(C < \alpha \hat{C}_t)$ donde \hat{C}_t es la tendencia de consumo estimada. Esta probabilidad puede calcularse a partir de los datos históricos suponiendo que el término de error u_t tenga una distribución normal en torno a la recta de regresión.

De acuerdo con esta hipótesis:

$$\Pr(C < \alpha \hat{C}_t) = \Pr\left[\frac{C - \bar{C}}{\sigma_c} < -\left(\frac{\bar{C} - \alpha \hat{C}_t}{\sigma_c}\right)\right] =$$

$$\Pr\left[u = \frac{C - \hat{C}_t}{\hat{C}_t} < -(1 - \alpha)\right] = \Pr\left[\frac{u}{I_c} < \frac{-(1 - \alpha)}{I_c}\right] = 1 - F_{(1-\alpha)/I_c}$$

donde $I_c = \frac{\sigma_c}{\hat{C}_t}$ y $F(\cdot)$ es la distribución estándar normal.

Específicamente, se aplica al consumo aparente una regresión en una tendencia temporal no lineal:

$$C_t = a_0 + a_1 t + a_2 t^2 + u_t$$

Se han obtenido, los coeficientes a_0 y a_1 mediante el método *bootstrap*, trabajando luego con los residuos estimados:

$$\hat{u}_t = \begin{cases} = C_t - \hat{a}_0 - \hat{a}_1 t - \hat{a}_2 t^2 & \text{si los dos coeficientes estimados fueran} \\ & \text{estadísticamente distintos de cero en el} \\ & \text{nivel del 5 por ciento} \\ = C_t - \bar{C} & \text{si no lo fueran} \end{cases}$$

donde \bar{C} representa el consumo aparente medio en el marco temporal especificado. La hipótesis de una distribución normal de los residuos implica un supuesto de simetría. Por consiguiente, un 10 por ciento de probabilidades de déficit por una parte irá acompañado de un 10 por ciento de probabilidades de consumo superior al 105 por ciento de la tendencia.

Coefficiente de variación del consumo de alimentos

Este coeficiente se deriva de la desviación estándar de la variable $100 \times (\text{tendencia } C_t - C_t) / \text{tendencia } C_t$.

2. Producción y productividad agrícolas (Cuadro A3)

Fuente: FAO

Tasas medias de crecimiento anual de la producción agropecuaria y la producción de alimentos per cápita

Las tasas de crecimiento se refieren al nivel de cambio del volumen agregado de producción. Las cantidades de producción relativas a cada

producto básico se ponderan con arreglo a la media de 1989-91 de los precios internacionales de los productos básicos, y se suman para cada año.

3. Indicadores de población y fuerza laboral (Cuadro A4)

Fuente: FAO

Población total

Habitualmente se considera población total la que está presente en el lugar (población *de facto*), lo que incluye a todas las personas físicamente presentes dentro de las fronteras geográficas actuales de los países a mitad del período de referencia.

Población rural

Generalmente se define la zona urbana y se considera población rural el residuo correspondiente de la población total. En la práctica, el criterio de distinción entre las zonas urbanas y rurales difiere de un país a otro.

Población agrícola

La población agrícola se define como todas las personas que dependen de la agricultura, la caza, la pesca o la silvicultura para su subsistencia. Esta estimación comprende a todas las personas que se dedican activamente a la agricultura, así como a sus familiares a cargo que no trabajan.

Población económicamente activa

Comprende tanto a las personas que tienen empleo como a las que no lo tienen (inclusive las que buscan trabajo por primera vez).

Población económicamente activa en agricultura

La población económicamente activa en la agricultura es la parte de la población económicamente activa que trabaja o busca trabajo en la agricultura, la caza, la pesca o la silvicultura.

4. Indicadores del uso de la tierra (Cuadro A5)

Fuente: FAO

Superficie total de las tierras

Superficie total de tierras, con exclusión de las superficies ocupadas por las masas de agua interiores.

Superficie forestal y maderera

Superficie de tierras cubiertas por masas de árboles naturales o plantadas, sean o no productivas.

Superficie agrícola

La suma de la superficie de tierras cultivables, cultivos permanentes y pastos permanentes.

Tierras cultivables

Las tierras cultivables comprenden las cultivadas temporalmente (las de cultivos dobles se computan una sola vez), las praderas temporales destinadas al corte o el pastoreo, las tierras utilizadas para la horticultura comercial y los huertos familiares y las tierras mantenidas temporalmente en barbecho (menos de cinco años).

Cultivos perennes

Tierra cultivada con especies que la ocupan durante períodos prolongados y no necesitan ser sembradas después de cada cosecha.

Pastos perennes

Tierras utilizadas permanentemente (durante cinco años o más) para forrajes herbáceos, ya sean cultivados o silvestres (praderas o tierras de pastoreo silvestres).

Superficie regada

Los datos relativos al riego se relacionan con las superficies equipadas para proporcionar agua a los cultivos.

- *China*: los datos sobre la superficie regada comprenden únicamente las tierras agrícolas (con exclusión de los terrenos destinados a huertos y pastos).
- *Cuba*: los datos de Cuba se refieren únicamente al sector estatal.
- *Japón, República de Corea, Sri Lanka*: los datos se refieren únicamente al arroz de regadío.

Consumo de fertilizantes (uso)

Los datos se refieren al uso total de fertilizantes. Este valor se obtiene sumando los volúmenes de fertilizantes nitrogenados, fosfatados y a base de potasa, expresados como nutrientes de las plantas (N_2 , P_2O_5 y K_2O respectivamente).

5. Indicadores comerciales (Cuadro A6)

Fuente: FAO y Banco Mundial (*Indicadores del desarrollo mundial 2003*, CD-ROM y conjunto de datos en línea).

Comercio total de mercancías

Los datos se refieren al comercio total de mercancías. En general, el valor de las exportaciones se expresa en precios f.o.b. (franco a bordo) y las importaciones en precios c.i.f. (costo, seguro y flete).

Comercio agrícola

Los datos se refieren a la agricultura en sentido estricto, excluyendo los productos pesqueros y forestales.

Comercio alimentario

Los datos se refieren a alimentos y animales.

PIB agrícola

El valor añadido de la agricultura (porcentaje del PIB) se deriva de los datos del Banco Mundial sobre las cuentas nacionales y de los archivos de datos de la OCDE sobre cuentas nacionales. La agricultura incluye la silvicultura, la pesca y la caza, así como la producción de cultivos y la producción ganadera.

Exportaciones agrícolas en relación con el PIB agrícola

Las cifras de las exportaciones agrícolas en relación con el PIB agrícola se han ponderado con respecto a la agricultura, valor añadido.

6. Indicadores económicos (Cuadro A7)

Fuente: Banco Mundial (*Indicadores del desarrollo mundial 2003*, CD-ROM y conjunto de datos en línea).

Ponderación: el PNB per cápita (en dólares EE.UU. corrientes), el PIB

per cápita (porcentaje de crecimiento anual) y el PIB per cápita, PPP (en dólares EE.UU. corrientes) se ponderaron con respecto a la población total. El PIB (porcentaje de crecimiento anual) y la agricultura, valor añadido (porcentaje del PIB) se ponderaron en relación con el PIB (en dólares EE.UU. constantes de 1995). La agricultura, valor añadido (porcentaje del crecimiento anual) se ponderó con respecto a la agricultura, valor añadido (en dólares EE.UU. constantes de 1995). La agricultura, valor añadido por trabajador, se ponderó con respecto a la población económicamente activa en la agricultura.

Recuento de la pobreza nacional

La tasa nacional de pobreza es el porcentaje de la población que vive por debajo de la línea de pobreza del país. Las estimaciones nacionales se basan en estimaciones sobre subgrupos derivadas de encuestas por hogares y ponderadas con arreglo a la población.

PIB per cápita (en dólares EE.UU. corrientes)

El PIB per cápita es la renta nacional bruta convertida en dólares EE.UU. mediante el método del Atlas del Banco Mundial y dividida por la población a mediados de año.

PNB (tasa anual de crecimiento porcentual)

Tasa anual de crecimiento porcentual del PIB per cápita sobre la base de una moneda local constante.

PIB per cápita (tasa anual de crecimiento porcentual)

Tasa anual de crecimiento porcentual del PIB per cápita sobre la base de una moneda local constante. El PIB per cápita es el PIB dividido por la población a mediados de año.

PIB per cápita, PPP (en dólares internacionales corrientes)

PIB per cápita basado en la paridad de poder adquisitivo (PPP). El PIB medido en paridad de poder adquisitivo es el producto interno bruto convertido en dólares internacionales utilizando tipos de cambio correspondientes a la paridad de poder adquisitivo. Un dólar internacional tiene el mismo poder adquisitivo en relación con el PIB que un dólar EE.UU. en los Estados Unidos.

Agricultura, valor añadido por trabajador

El valor añadido de la agricultura por trabajador es un índice de la productividad agrícola. El valor añadido en la agricultura corresponde a la producción del sector agrícola menos el valor de los insumos intermedios. La agricultura comprende el valor añadido de la silvicultura, la caza y la pesca, así como la explotación agrícola y la producción ganadera.

PIB, en dólares EE.UU. constantes de 1995

Los datos se proporcionan en dólares EE.UU. constantes de 1995. Las cifras del PIB en las monedas nacionales se han convertido en dólares utilizando los tipos de cambio oficiales de 1995.

7. Productividad total de los factores (Cuadro A8)

Fuente: FAO

La productividad total de los factores (PTF) es la cantidad de producción dividida por una medida de la cantidad de insumos empleados. El enfoque adoptado consiste en aplicar métodos de análisis envolvente

de datos a los datos de producción e insumos obtenidos de FAOSTAT para calcular un índice de Malmquist de la PTF (Malmquist, 1953). Los datos abarcan los períodos 1961-1980 y 1981-2000. El cambio resultante en el índice de productividad total puede desglosarse en un componente de tecnología y uno de eficiencia técnica. Una ventaja peculiar del método de Malmquist es que no requiere informaciones sobre los precios de los insumos. Los datos utilizados son los siguientes: la Producción es la producción agrícola neta, con exclusión de las semillas y los piensos, en dólares internacionales constantes (1989-91); los Insumos son: Tierras: tierras cultivables y con cultivos perennes; Mano de obra: población total económicamente activa en la agricultura; Fertilizantes: consumo total (en el equivalente de nutrientes) de nitrógeno, potasa y fosfatos; Ganadería: la suma ponderada de camellos, búfalos, caballos, vacunos, asnos, cerdos, ovejas, cabras y aves de corral (utilizando las ponderaciones propuestas por Hayami y Ruttan, 1985); Capital físico: número de tractores en uso. Asimismo se ha incluido la proporción de tierras cultivables y tierras con cultivos perennes que se halla bajo riego, así como la proporción de tierras cultivables y tierras con cultivos perennes con respecto a la superficie agrícola (que incluye también los pastos permanentes).

Notas sobre países y regiones

Salvo que se indique otra cosa, los datos relativos a **China** no incluyen informaciones sobre Hong Kong, Región Administrativa Especial; Macao, ni Taiwan, Provincia de China.

Siempre que es posible, los datos relativos a **Bélgica** y **Luxemburgo** se indican por separado; sin embargo, en la mayoría de los casos los datos sobre ambos países figuran agregados para Bélgica/Luxemburgo.

Cuando es posible, se proporcionan por separado los datos sobre los dos países surgidos de la ex **Checoslovaquia**, es decir, la **República Checa** y la **República Eslovaca**. Los datos anteriores a 1993 figuran bajo Checoslovaquia.

Cuando es posible, los datos sobre **Eritrea** y **Etiopía** figuran por separado, pero en la mayoría de los casos los datos sobre ambos países anteriores a 1992 figuran agregados como datos sobre Etiopía, RPD.

En 1991, la **Unión de Repúblicas Socialistas Soviéticas** («URSS» en las listas de los cuadros) se dividió en 15 países (**Armenia**, **Azerbaiyán**, **Belarús**, **Estonia**, **Georgia**, **Kazajstán**, la **República Kirguisa**, **Letonia**, **Lituania**, la **República de Moldova**, la **Federación de Rusia**, **Tayikistán**, **Turkmenistán**, **Ucrania** y **Uzbekistán**). De ser posible, los datos se indican para los distintos países. Los datos anteriores a 1992 figuran bajo URSS.

Los datos relativos a la **República del Yemen** se refieren a ese país a partir de 1990; los que se refieren a años anteriores corresponden a datos agregados de la ex República Popular Democrática del Yemen y la ex República Árabe del Yemen, salvo indicación en contrario.

Cuando es posible, se indican por separado los datos relativos a los distintos países surgidos de la ex **Yugoslavia** («Yugoslavia, RFS» en las listas de los cuadros), a saber, **Bosnia y Herzegovina**, **Croacia**, la ex **República Yugoslava de Macedonia**, **Eslovenia** y la **República Federal de Yugoslavia**. Todas las referencias a la República Federal de Yugoslavia que figuran en los cuadros corresponden a la **República Federal de Yugoslavia (Serbia y Montenegro)**. Los datos anteriores a 1992 figuran bajo Yugoslavia, RFS.

CUADRO A1

Países y territorios utilizados para fines estadísticos en esta publicación

Países en desarrollo				Países desarrollados	
Asia y el Pacífico/ Lejano Oriente y Oceanía	América Latina y el Caribe	Cercano Oriente y África del Norte	África subsahariana	Economías de mercado desarrolladas	Países en transición
Samoa Americana	Anguila	Afganistán	Angola	Andorra	Albania
Bangladesh	Antigua y Barbuda	Argelia	Benin	Australia	Armenia
Bhután	Argentina	Bahrein	Botswana	Austria	Azerbaiyán
Islas Vírgenes Británicas	Aruba	Chipre	Burkina Faso	Bélgica/ Luxemburgo	Belarús
Brunei Darussalam	Bahamas	Egipto	Burundi	Canadá	Bosnia y Herzegovina
Camboya	Barbados	Irán, Rep. Islámica del	Camerún	Dinamarca	Bulgaria
China, RAE de Hong Kong	Belize	Iraq	Cabo Verde	Feroe, Islas	Croacia
China, RAE de Macao	Bermuda	Jordania	República Centroafricana	Finlandia	República Checa
China (continental)	Bolivia	Kuwait	Chad	Francia	Estonia
China, Prov. de Taiwan	Brasil	Líbano	Comoras	Alemania	Georgia
Islas Cocos (Keeling)	Caimán, Islas	Jamahiriya Árabe Libia	Congo, Rep. Dem. del	Gibraltar	Hungría
Cook, Islas	Chile	Marruecos	Congo, Rep. del	Grecia	Kazajstán
Fiji	Colombia	Omán	Côte d'Ivoire	Groelandia	Kirguistán
Polinesia Francesa	Costa Rica	Territorio Palestino Ocupado	Djibouti	Islandia	Letonia
Guam	Cuba	Qatar	Guinea Ecuatorial	Irlanda	Lituania
India	Dominica	Arabia Saudita	Eritrea	Israel	Macedonia, la ex República Yugoslava de
Indonesia	República Dominicana	República Árabe Siria	Etiopía	Italia	Moldova, República de
Kiribati	Ecuador	Túnez	Gabón	Japón	Polonia
Corea, Rep. Pop. Dem. de	El Salvador	Turquía	Gambia	Liechtenstein	Rumania
Corea, Rep. de	Islas Malvinas (Falkland)	Emiratos Árabes Unidos	Ghana	Malta	Federación de Rusia
Lao, Rep. Dem. Popular	Guayana francesa	Yemen	Guinea	Mónaco	Eslovaquia
Malasia	Granada		Guinea-Bissau	Países Bajos	Eslovenia
Maldivas	Guadalupe		Kenya	Nueva Zelandia	Tayikistán
Islas Marshall	Guatemala		Lesotho	Noruega	Turkmenistán
Micronesia, Est. Fed. de	Guyana		Liberia	Portugal	Ucrania
Mongolia	Haití		Madagascar	San Pedro y Miquelón	Uzbekistán
Myanmar	Honduras		Malawi	San Marino	Yugoslavia
Nauru	Jamaica		Malí	España	
Nepal	Martinica		Mauritania	Suecia	
Nueva Caledonia	México		Mauricio	Suiza	
Niue	Montserrat		Mozambique	Reino Unido	
Norfolk, Isla	Antillas Neerlandesas		Namibia	Estados Unidos de América	
Islas Marianas septentrionales	Nicaragua		Níger		
Pakistán	Panamá		Nigeria		
Palau	Paraguay		Reunión		

CUADRO A1 (conclusión)

Países en desarrollo				Países desarrollados	
Asia y el Pacífico/ Lejano Oriente y Oceanía	América Latina y el Caribe	Cercano Oriente y África del Norte	África subsahariana	Economías de mercado desarrolladas	Países en transición
Papua Nueva Guinea	Perú		Rwanda		
Filipinas	Puerto Rico		Santa Elena		
Samoa	Saint Kitts y Nevis		Santo Tomé y Príncipe		
Singapur	Santa Lucía		Senegal		
Islas Salomón	San Vicente y las Granadinas		Seychelles		
Sri Lanka	Suriname		Sierra Leona		
Tailandia	Trinidad y Tabago		Somalia		
Timor-Leste	Islas Turcas y Caicos		Sudáfrica		
Tokelau	Islas Vírgenes (EE.UU.)		Sudán		
Tonga	Uruguay		Swazilandia		
Tuvalu	Venezuela		Tanzanía, República Unida de		
Vanuatu			Togo		
Viet Nam			Uganda		
Islas Wallis y Futuna			Zambia		
			Zimbabwe		

Nota: Sudáfrica se ha incluido en el África subsahariana y no en el grupo de países desarrollados.

CUADRO A2
Seguridad alimentaria y nutrición

	Número de personas subnutridas		Proporción de personas subnutridas en la población total		Suministro de energía alimentaria		Coeficiente de variación del consumo de alimentos	Probabilidad del consumo efectivo inferior al 95% de la tendencia	
	(Millones)		(%)		(kcal/persona/día)				
	1990-92	1999-2001	1990-92	1999-2001	1990-92	1999-2001	(Aumento porcentual anual medio)	1980-2001	1980-2001
A NIVEL MUNDIAL	...	...	...	...	2 705	2 803	0,28	...	...
PAÍSES DESARROLLADOS	...	...	...	...	3 273	3 273	-0,07	...	...
PAÍSES EN DESARROLLO	816,6	797,9	20	17	2 535	2 677	0,49	...	...
ASIA Y EL PACÍFICO	566,8	505,2	20	16	2 522	2 702	0,61	4,8	13,9
Bangladesh	39,2	44,1	35	32	2 074	2 156	0,61	2,6	2,7
Brunei Darussalam	...	...	...	...	2 760	2 771	-0,01	...	...
Camboya	4,3	5,0	43	38	1 871	1 973	0,88	6,4	21,7
China, RAE de Hong Kong	0,0	0,1	-	-	3 228	3 099	-0,53	...	...
China, RAE de Macao	...	...	...	...	2 716	2 509	-0,35	...	...
China (continental)	193,0	135,3	17	11	2 701	2 972	0,98	4,4	12,7
China, Provincia de Taiwan	...	...	...	...	2 966	3 059	0,41	...	...
Fiji	...	...	...	...	2 638	2 782	0,72	...	...
Polinesia Francesa	...	...	...	...	2 864	2 881	0,16	...	...
India	214,5	213,7	25	21	2 368	2 492	0,30	5,2	17,0
Indonesia	16,6	12,6	9	6	2 694	2 903	0,90	1,2	0,0
Kiribati	...	...	...	...	2 653	2 917	1,36	3,2	6,4
Corea, Rep. Pop. Dem. de	3,7	7,5	18	34	2 452	2 176	-0,06	3,2	6,5
Corea, Rep. de	0,8	0,7	-	-	3 005	3 074	-0,04	...	...
Lao, Rep. Dem. Popular	1,2	1,2	29	22	2 113	2 282	0,78	1,9	0,3
Malasia	0,6	0,5	3	-	2 782	2 916	0,78	...	...
Maldivas	...	...	...	...	2 387	2 561	0,74	3,8	9,5
Mongolia	0,8	1,0	34	38	2 062	2 068	-0,82	5,7	18,6
Myanmar	4,0	3,2	10	7	2 636	2 813	0,69	...	...
Nepal	3,4	3,8	18	17	2 396	2 442	0,05	4,0	11,1
Nueva Caledonia	...	...	...	...	2 792	2 769	-0,15	...	...
Pakistán	29,0	26,8	26	19	2 282	2 458	0,36	6,8	23,1
Papua Nueva Guinea	0,9	1,3	25	27	2 208	2 176	-0,10	8,3	27,4
Filipinas	16,1	16,8	26	22	2 266	2 374	0,28	5,1	16,2
Islas Salomón	...	...	...	...	2 016	2 236	0,56	8,1	28,2
Sri Lanka	5,0	4,6	29	25	2 202	2 328	0,16	3,2	5,7
Tailandia	15,6	11,9	28	19	2 244	2 466	0,84	...	...
Vanuatu	...	...	...	...	2 538	2 575	0,05	9,0	28,9
Viet Nam	18,1	15,1	27	19	2 252	2 501	1,19	...	...

CUADRO A2 (continuación)

	Número de personas subnutridas		Proporción de personas subnutridas en la población total		Suministro de energía alimentaria		Coeficiente de variación del consumo de alimentos		Probabilidad del consumo efectivo inferior al 95% de la tendencia
	(Millones)		(%)		(kcal/persona/día)		(Aumento porcentual anual medio)		(%)
	1990-92	1999-2001	1990-92	1999-2001	1990-92	1999-2001	1990-2001	1980-2001	1980-2001
AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE	59,0	53,4	13	10	2 707	2 842	0,47	5,1	13,4
Antigua y Barbuda	...	...	...	...	2 486	2 367	-0,26	...	...
Argentina	0,7	0,4	-	-	2 993	3 178	0,54	...	...
Bahamas	...	...	...	...	2 620	2 725	-0,02	...	...
Barbados	...	...	...	...	3 080	2 959	-0,42	...	...
Belice	...	...	...	...	2 687	2 863	1,09	...	...
Bermuda	...	...	...	...	2 945	2 946	-0,03	...	...
Bolivia	1,8	1,8	26	22	2 141	2 236	0,44	2,0	0,6
Brasil	18,6	15,6	12	9	2 811	3 002	0,59	...	...
Chile	1,1	0,6	8	4	2 612	2 851	1,24	...	...
Colombia	6,1	5,7	17	13	2 435	2 572	0,70	...	...
Costa Rica	0,2	0,2	7	6	2 683	2 758	0,20	...	...
Cuba	0,9	1,3	8	11	2 697	2 607	-0,93	11,4	33,1
Dominica	...	...	...	...	2 992	2 981	0,04	...	...
República Dominicana	1,9	2,1	27	25	2 260	2 323	0,06	...	...
Ecuador	0,9	0,6	8	4	2 508	2 735	0,97	...	...
El Salvador	0,6	0,8	12	14	2 492	2 460	0,40	...	...
Granada	...	...	...	...	2 682	2 742	0,37	...	...
Guatemala	1,4	2,9	16	25	2 352	2 160	-0,18	5,9	20,0
Guyana	0,2	0,1	21	14	2 350	2 536	0,46	...	...
Haití	4,6	4,0	65	49	1 781	2 041	1,40	4,3	10,9
Honduras	1,1	1,3	23	20	2 313	2 398	0,36	1,6	0,1
Jamaica	0,3	0,2	14	9	2 503	2 690	0,34	...	...
México	4,6	5,2	5	5	3 107	3 152	0,23	...	...
Antillas Neerlandesas	...	...	...	...	2 523	2 581	0,15	...	...
Nicaragua	1,2	1,5	30	29	2 215	2 247	0,00	5,0	16,0
Panamá	0,5	0,7	20	26	2 339	2 252	0,65	...	...
Paraguay	0,8	0,7	18	13	2 393	2 560	0,09	...	...
Perú	8,9	2,9	40	11	1 979	2 602	1,57	...	...
Saint Kitts y Nevis	...	...	...	...	2 576	2 977	1,20	...	...
Santa Lucía	...	...	...	...	2 735	2 921	0,64	...	...
San Vicente y las Granadinas	...	...	...	...	2 393	2 638	0,83	...	...
Suriname	0,1	0,0	13	11	2 548	2 630	0,75	...	...
Trinidad y Tabago	0,2	0,2	13	12	2 638	2 714	0,21	...	...
Uruguay	0,2	0,1	6	3	2 662	2 841	1,11	...	...
Venezuela	2,3	4,4	11	18	2 465	2 331	0,21	...	...

CUADRO A2 (continuación)

	Número de personas subnutridas		Proporción de personas subnutridas en la población total		Suministro de energía alimentaria		Coeficiente de variación del consumo de alimentos	Probabilidad del consumo efectivo inferior al 95% de la tendencia	
	(Millones)		(%)		(kcal/personaldía)				
	1990-92	1999-2001	1990-92	1999-2001	1990-92	1999-2001	(Aumento porcentual anual medio)	1980-2001	1980-2001
CERCANO ORIENTE Y ÁFRICA DEL NORTE	25,3	40,9	8	10	2 972	2 951	-0,17	5,2	10,7
Afganistán	8,4	15,3	58	70	1 818	1 673	-2,13	13,8	35,8
Argelia	1,3	1,7	5	6	2 932	2 965	0,25	...	...
Chipre	...	...	...	...	3 127	3 264	0,81	...	...
Egipto	2,7	2,3	5	3	3 174	3 366	0,71	...	...
Irán, República Islámica del	2,8	3,8	5	5	2 886	2 933	0,33	...	...
Iraq	1,2	6,2	7	27	2 657	2 191	-3,39	...	...
Jordania	0,1	0,3	4	6	2 826	2 736	0,15	...	...
Kuwait	0,5	0,1	22	4	2 293	3 151	1,16	...	...
Líbano	0,1	0,1	3	3	3 151	3 166	0,17	...	...
Jamahiriya Árabe Libia	0,0	0,0	-	-	3 274	3 316	0,19	...	...
Marruecos	1,5	2,1	6	7	3 017	3 002	0,19	2,7	3,1
Arabia Saudita	0,6	0,6	4	3	2 771	2 837	0,41	1,7	0,2
República Árabe Siria	0,6	0,6	5	4	2 834	3 043	0,74	...	...
Túnez	0,1	0,1	-	-	3 173	3 344	0,43	...	...
Turquía	1,0	1,8	-	3	3 509	3 357	-0,45	...	...
Emiratos Árabes Unidos	0,1	0,0	4	-	2 969	3 332	0,87	...	...
Yemen	4,2	6,1	35	33	2 036	2 046	-0,42	2,8	3,8
ÁFRICA SUBSAHARIANA	165,5	198,4	35	33	2 185	2 255	0,45	7,1	19,4
Angola	6,1	6,4	61	49	1 734	1 903	1,08	4,8	19,3
Benin	1,0	1,0	20	16	2 334	2 481	0,59	16,6	38,2
Botswana	0,2	0,4	18	24	2 355	2 270	0,08	...	...
Burkina Faso	2,0	1,9	22	17	2 334	2 464	1,02	5,1	14,3
Burundi	2,8	4,5	49	70	1 886	1 609	-0,73	12,5	33,5
Camerún	3,9	4,0	33	27	2 123	2 240	0,54	3,3	7,4
Cabo Verde	...	...	...	...	3 086	3 295	0,90	3,8	9,1
República Centroafricana	1,5	1,6	50	44	1 875	1 955	0,34	5,6	20,7
Chad	3,5	2,7	58	34	1 781	2 143	2,50	3,2	5,9
Comoras	...	...	...	...	1 915	1 753	-0,61	3,0	4,9
Congo, Rep. Democrática del	12,1	38,3	31	75	2 175	1 566	-2,97	10,5	31,7
Congo, Rep. del	0,9	0,9	37	30	2 089	2 214	0,07	11,4	33,1
Côte d'Ivoire	2,4	2,4	18	15	2 457	2 586	0,52	4,9	17,4
Djibouti	...	...	...	...	1 884	2 161	1,43	7,0	23,6

CUADRO A2 (continuación)

	Número de personas subnutridas		Proporción de personas subnutridas en la población total		Suministro de energía alimentaria		Coeficiente de variación del consumo de alimentos	Probabilidad del consumo efectivo inferior al 95% de la tendencia	
	(Millones)		(%)		(kcal/persona/día)			(Aumento porcentual anual medio)	
	1990-92	1999-2001	1990-92	1999-2001	1990-92	1999-2001	1990-2001	1980-2001	1980-2001
Eritrea	...	2,2	...	61	...	1 667	...	5,9	19,9
Etiopía	...	26,4	...	42	...	1 908	...	9,4	29,7
Etiopía, RPD	...	...	...	...	1 684	...	...	...	...
Gabón	0,1	0,1	11	7	2 462	2 580	0,37	...	...
Gambia	0,2	0,4	22	27	2 380	2 282	-0,24	7,8	26,0
Ghana	5,5	2,4	35	12	2 094	2 621	2,58	27,5	42,8
Guinea	2,5	2,3	40	28	2 092	2 327	1,56	5,4	19,7
Guinea-Bissau	...	...	...	...	2 485	2 440	0,42	3,9	10,0
Kenya	10,6	11,5	44	37	1 924	2 044	0,18	4,1	10,8
Lesotho	0,5	0,5	27	25	2 268	2 307	0,28	1,3	0,0
Liberia	0,7	1,2	33	42	2 224	2 080	-2,01	9,9	30,7
Madagascar	4,3	5,7	35	36	2 085	2 069	-0,19	4,1	11,3
Malawi	4,7	3,7	49	33	1 886	2 164	0,95	3,7	8,8
Malí	2,2	2,4	25	21	2 296	2 371	0,20	4,3	12,0
Mauritania	0,3	0,3	14	10	2 606	2 733	0,57	2,4	1,7
Mauricio	0,1	0,1	6	5	2 894	2 982	0,68	...	...
Mozambique	9,7	9,7	69	53	1 708	1 945	1,12	6,4	23,4
Namibia	0,3	0,1	20	7	2 292	2 698	1,98	...	...
Níger	3,3	3,7	42	34	2 006	2 128	0,28	3,9	9,9
Nigeria	11,2	9,1	13	8	2 559	2 768	1,54	18,4	39,3
Rwanda	2,8	3,1	43	41	1 957	1 992	0,54	13,6	35,5
Santo Tomé y Príncipe	...	...	...	...	2 313	2 464	1,07	11,5	33,2
Senegal	1,7	2,3	23	24	2 283	2 275	0,50	4,9	15,3
Seychelles	...	...	...	...	2 344	2 433	0,25	...	...
Sierra Leona	1,9	2,2	46	50	1 996	1 928	-0,03	5,6	18,8
Somalia	4,9	6,2	68	71	1 638	1 679	-0,69	9,9	30,7
Sudáfrica	...	...	...	...	2 870	2 894	0,36	...	...
Sudán	7,9	7,7	31	25	2 168	2 290	0,51	5,2	16,6
Swazilandia	0,1	0,1	10	12	2 606	2 565	0,05	2,7	3,2
Tanzanía, República Unida de	9,5	15,2	35	43	2 078	1 970	-0,77	6,1	20,5
Togo	1,2	1,1	33	25	2 153	2 315	0,55	6,1	21,3
Uganda	4,1	4,5	23	19	2 291	2 371	0,15	6,4	23,0
Zambia	3,7	5,2	45	50	1 965	1 900	-0,61	2,8	3,6
Zimbabwe	4,5	4,9	43	39	2 015	2 095	-0,11	...	...
ECONOMÍAS DE MERCADO DESARROLLADAS	...	...	...	...	3 330	3 459	0,42	...	...
Australia	...	...	...	...	3 176	3 109	-0,22	...	...
Austria	...	...	...	...	3 519	3 788	0,78	...	...

CUADRO A2 (continuación)

	Número de personas subnutridas		Proporción de personas subnutridas en la población total		Suministro de energía alimentaria		Coeficiente de variación del consumo de alimentos	Probabilidad del consumo efectivo inferior al 95% de la tendencia	
	(Millones)		(%)		(kcal/personaldía)				
	1990-92	1999-2001	1990-92	1999-2001	1990-92	1999-2001	(Aumento porcentual anual medio)	1990-2001	1980-2001	1980-2001
Bélgica/Luxemburgo	...	...	...	...	3 579	3 674	0,38	...	...
Canadá	...	...	...	...	3 021	3 176	0,46	...	...
Dinamarca	...	...	...	...	3 227	3 437	0,66	...	...
Finlandia	...	...	...	...	3 145	3 183	-0,05	...	...
Francia	...	...	...	...	3 535	3 603	0,16	...	...
Alemania	...	...	...	...	3 398	3 499	0,30	...	...
Grecia	...	...	...	...	3 563	3 730	0,30	...	...
Islandia	...	...	...	...	3 095	3 206	0,24	...	...
Irlanda	...	...	...	...	3 629	3 691	0,13	...	...
Israel	...	...	...	...	3 390	3 518	0,27	...	...
Italia	...	...	...	...	3 591	3 665	0,29	...	...
Japón	...	...	...	...	2 812	2 753	-0,28	...	...
Malta	...	...	...	...	3 239	3 511	0,52	...	...
Países Bajos	...	...	...	...	3 352	3 294	0,27	...	...
Nueva Zelanda	...	...	...	...	3 217	3 211	0,25	...	...
Noruega	...	...	...	...	3 181	3 366	0,53	...	...
Portugal	...	...	...	...	3 441	3 749	1,02	...	...
España	...	...	...	...	3 307	3 405	0,55	...	...
Suecia	...	...	...	...	2 987	3 137	0,52	...	...
Suiza	...	...	...	...	3 307	3 382	0,30	...	...
Reino Unido	...	...	...	...	3 218	3 343	0,43	...	...
Estados Unidos de América	...	...	...	...	3 516	3 769	0,80	...	...
	1993-95	1999-2001	1993-95	1999-2001	1993-95	1999-2001	1993-2001		
PAÍSES EN TRANSICIÓN	25,2	33,6	6	8	2 939	2 886	-0,23	...	...
Albania	0,2	0,1	5	4	2 888	2 943	1,61	...	...
Armenia	2,0	1,9	55	51	1 926	2 001	1,95	...	...
Azerbaiyán	2,8	1,7	37	21	2 109	2 382	0,92	...	...
Belarús	0,1	0,3	-	3	3 163	2 964	-0,83	...	...
Bosnia y Herzegovina	0,5	0,3	13	8	2 582	2 731	2,01	...	...
Bulgaria	0,7	1,3	8	16	2 891	2 626	-1,86	...	...
Croacia	0,8	0,5	18	12	2 486	2 619	0,74	...	...
República Checa	0,2	0,2	-	-	3 074	3 082	...	...	...
Estonia	0,2	0,1	10	4	2 706	3 021	2,05	...	...
Georgia	2,4	1,4	45	26	2 042	2 285	0,81	...	...
Hungría	0,1	0,0	-	-	3 343	3 498	-0,24	...	...
Kazajstán	0,2	3,5	-	22	3 256	2 362	-1,76	...	...
Kirguistán	1,3	0,4	28	7	2 263	2 857	1,90	...	...

CUADRO A2 (conclusión)

	Número de personas subnutridas		Proporción de personas subnutridas en la población total		Suministro de energía alimentaria		Coeficiente de variación del consumo de alimentos	Probabilidad del consumo efectivo inferior al 95% de la tendencia	
	(Millones)		(%)		(kcal/persona/día)				
	1990-92	1999-2001	1990-92	1999-2001	1990-92	1999-2001	(Aumento porcentual anual medio)	1980-2001	1980-2001
Letonia	0,1	0,2	3	6	2 966	2 786	-0,30	...	...
Lituania	0,2	0,0	4	-	2 894	3 262	1,41	...	...
Macedonia, la ex República Yugoslava de	0,3	0,2	15	10	2 526	2 662	0,48	...	...
Moldova, República de	0,2	0,5	5	12	2 930	2 682	-1,85	...	...
Polonia	0,3	0,3	-	-	3 337	3 385	0,15	...	...
Rumania	0,4	0,2	-	-	3 209	3 340	1,61	...	...
Federación de Rusia	6,4	6,2	4	4	2 925	2 944	0,35	...	...
Serbia y Montenegro	0,5	0,9	5	9	2 901	2 717	-1,05	...	...
Eslovaquia	0,2	0,2	4	5	2 917	2 905	...	...	...
Eslovenia	0,1	0,0	3	-	2 942	3 057	0,74	...	...
Tayikistán	1,2	4,3	22	71	2 304	1 716	-3,67	...	...
Turkmenistán	0,6	0,3	15	7	2 478	2 756	0,03	...	...
Ucrania	1,2	2,0	-	4	3 030	2 899	-1,16	...	...
Uzbekistán	2,1	6,4	10	26	2 583	2 273	-1,93	...	...

CUADRO A3
Producción y productividad agrícolas

	Producción agropecuaria		Producción de alimentos per cápita		Producción de cereales	
	<i>(Tasa media de crecimiento anual [%])</i>		<i>(hg/ha)</i>		<i>(Tasa media de crecimiento anual [%])</i>	
	1983-1992	1993-2002	1983-1992	1993-2002	1998-2002	1993-2002
A NIVEL MUNDIAL	2,1	2,1	0,5	0,8	30 885	1,1
PAÍSES DESARROLLADOS	0,5	0,0	-0,1	-0,3	36 602	1,1
PAÍSES EN DESARROLLO	3,6	3,4	-0,2	0,8	27 867	1,3
ASIA Y EL PACÍFICO	4,2	3,8	-0,6	0,7	34 106	1,3
Samoa Americana	-2,1	0,1	...	...	...	...
Bangladesh	2,3	3,0	-0,2	1,2	32 059	2,5
Bhután	1,6	-0,4	-0,8	-2,4	14 966	3,4
Islas Vírgenes Británicas	5,3	0,0	...	...	...	...
Brunei Darussalam	-3,7	16,3	...	...	15 984	4,7
Camboya	4,6	3,8	0,5	1,3	19 718	4,2
China, RAE de Hong Kong	4,6	8,4	...	...	0	...
China, RAE de Macao	8,1	5,5	...	...	...	...
China (continental)	2,5	5,6	...	...	48 883	1,3
China, Provincia de Taiwan	3,4	0,3	...	...	54 804	1,5
Islas Cocos (Keeling)	1,9	2,7	...	...	...	...
Islas Cook	-13,7	-0,4	...	...	...	...
Fiji	2,0	0,3	1,0	-0,8	21 119	18,8
Polinesia Francesa	1,4	-6,9	...	...	...	...
Guam	1,3	1,9	-1,0	0,6	20 000	0,0
India	3,9	2,1	1,9	0,6	23 501	1,5
Indonesia	5,2	1,1	3,3	-0,2	39 722	0,7
Kiribati	5,3	2,0	3,7	0,8	...	...
Corea, Rep. Pop. Dem. de	4,2	-0,1	...	...	29 228	-1,4
Corea, Rep. de	2,6	-0,5	...	...	63 042	0,3
Lao, Rep. Dem. Popular	4,2	5,7	1,5	3,9	30 264	3,0
Malasia	4,2	2,0	3,3	1,0	30 033	0,5
Maldivas	2,6	3,3	-0,5	0,5	11 600	4,0
Islas Marshall	-13,5	-10,6	...	...	...	...
Mongolia	0,4	0,6	-2,3	-0,2	6 930	-1,2
Myanmar	0,6	5,2	-1,2	3,8	31 596	1,9
Nauru	0,8	0,2	-1,4	-2,3	...	...
Nepal	4,2	3,8	2,0	1,6	21 100	2,4
Nueva Caledonia	-9,5	0,1	...	...	36 899	2,8
Niue	-1,7	0,9	3,3	0,9	...	...
Pakistán	4,4	3,4	1,2	1,4	22 519	1,8
Papua Nueva Guinea	0,7	2,7	...	...	41 043	4,8
Filipinas	1,2	3,4	-1,1	1,7	25 369	2,7
Samoa	-4,8	3,1	-5,2	3,2	...	...
Singapur	-5,2	-7,0	-7,4	-9,4	...	...
Islas Salomón	8,6	2,1	...	...	39 872	...
Sri Lanka	0,3	2,2	-0,7	0,6	34 134	2,4

CUADRO A3 (continuación)

	Producción agropecuaria		Producción de alimentos per cápita		Producción de cereales	
	<i>(Tasa media de crecimiento anual [%])</i>		<i>(hg/ha)</i>		<i>(Tasa media de crecimiento anual [%])</i>	
	1983-1992	1993-2002	1983-1992	1993-2002	1998-2002	1993-2002
Tailandia	3,0	1,6	0,9	0,4	26 619	1,9
Timor-Leste	6,3	-0,2	3,3	0,2	20 049	1,6
Tokelau	3,3	0,3	3,3	10,3	...	...
Tonga	-0,3	0,6	-0,6	0,3	...	...
Tuvalu	5,2	-2,5	4,2	-3,5	...	...
Vanuatu	1,2	-0,5	-1,3	-2,9	5 385	0,6
Viet Nam	4,2	5,5	1,9	3,6	40 921	3,2
Islas Wallis y Futuna	0,6	0,0	...	...	...	...
AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE	2,3	3,2	0,3	1,3	28 722	1,8
Antigua y Barbuda	-0,5	-1,1	...	...	16 029	-1,3
Argentina	1,2	2,8	-0,2	1,9	33 990	1,1
Bahamas	0,5	6,8	-1,4	5,2	20 886	3,0
Barbados	-1,5	1,6	-1,9	1,2	25 000	-0,8
Belize	4,7	3,9	2,2	2,0	26 482	3,2
Bermuda	0,2	-1,9	-0,7	-2,4	...	...
Bolivia	2,8	4,7	0,7	2,6	16 081	3,0
Brasil	3,5	4,2	1,7	3,0	27 751	3,0
Islas Caimán	-28,4	0,0	...	...	...	...
Chile	3,6	2,9	2,0	1,7	47 182	2,6
Colombia	2,9	1,2	0,7	0,5	32 436	3,0
Costa Rica	5,1	2,7	2,4	0,8	39 237	2,8
Cuba	-1,7	-0,5	-2,5	-0,9	25 259	6,1
Dominica	3,4	-1,6	3,7	-1,7	13 077	-0,4
República Dominicana	-1,5	-0,8	...	...	40 728	1,1
Ecuador	3,8	3,5	1,2	1,8	20 333	1,2
El Salvador	1,7	-1,1	2,3	-1,8	21 301	3,2
Islas Malvinas (Falkland)	1,9	2,8	...	...	...	...
Guayana francesa	3,5	3,8	...	...	26 333	-2,0
Granada	-0,8	0,0	-1,0	-0,3	10 000	-0,2
Guadalupe	-0,8	1,8	-2,5	1,0	0	...
Guatemala	2,1	2,2	0,5	0,7	17 484	-0,3
Guyana	-0,3	3,8	0,1	3,4	38 622	1,2
Haití	-0,9	0,6	-3,0	-0,8	8 975	-1,3
Honduras	1,7	2,9	-1,6	0,0	12 772	0,8
Jamaica	2,8	1,4	1,9	0,7	11 556	-2,5
Martinica	0,7	2,5	-0,4	1,9	...	...
México	1,5	2,6	-0,3	1,1	27 396	0,3
Montserrat	1,7	0,4	1,7	15,0	18 750	0,0
Antillas Neerlandesas	4,6	-10,1	...	...	...	...
Nicaragua	-1,2	3,5	-2,3	1,9	16 628	0,3

CUADRO A3 (continuación)

	Producción agropecuaria		Producción de alimentos per cápita		Producción de cereales	
	(Tasa media de crecimiento anual [%])		(hg/ha)		(Tasa media de crecimiento anual [%])	
	1983-1992	1993-2002	1983-1992	1993-2002	1998-2002	1993-2002
Panamá	0,8	1,0	-1,3	-0,5	25 456	8,6
Paraguay	4,9	2,4	2,0	0,8	20 083	1,1
Perú	0,9	6,5	-0,8	4,9	31 087	4,9
Puerto Rico	0,5	-1,3	-0,4	-2,2	18 704	7,3
Saint Kitts y Nevis	3,0	-7,0	...	...	...	...
Santa Lucía	19,7	9,1	...	...	0	...
San Vicente y las Granadinas	15,4	-1,7	...	...	33 333	0,0
Suriname	0,4	-2,3	-0,7	-2,6	37 899	0,1
Trinidad y Tabago	3,1	8,1	...	...	29 729	-1,6
Islas Vírgenes (EE.UU.)	8,6	0,0	...	...	...	...
Uruguay	0,7	1,7	0,1	1,8	34 926	2,5
Venezuela	0,0	2,6	...	...	32 841	2,9
CERCANO ORIENTE Y ÁFRICA DEL NORTE	3,4	2,1	1,0	0,7	20 278	2,3
Afganistán	-1,3	2,8	-2,0	-0,7	12 240	7,2
Argelia	6,7	1,9	4,2	0,3	10 082	5,5
Bahrein	3,3	-0,3	-0,1	-2,5	...	...
Chipre	2,2	2,0	0,9	0,8	17 852	12,2
Egipto	3,7	3,5	1,8	2,0	71 554	2,0
Irán, República Islámica del	8,5	5,7	...	...	20 039	2,7
Iraq	1,1	-0,8	-1,7	-3,0	5 788	-0,4
Jordania	8,2	4,1	3,8	1,2	16 182	5,7
Kuwait	12,6	26,2	10,3	27,6	23 063	-6,0
Líbano	5,6	-0,6	4,5	-3,0	23 311	5,0
Jamahiriya Árabe Libia	-2,3	2,9	...	...	6 508	-1,1
Marruecos	3,5	5,2	1,1	3,7	8 400	44,6
Omán	2,1	4,5	-2,3	1,4	22 808	0,9
Territorio Palestino Ocupado	5,2	0,3	1,0	1,6	16 497	28,5
Qatar	11,4	4,0	5,5	2,2	35 891	1,0
Arabia Saudita	16,6	1,0	12,2	-1,7	35 533	-1,6
República Árabe Siria	3,6	12,6	...	...	16 120	10,3
Túnez	7,9	2,8	5,8	1,7	13 107	3,7
Turquía	2,5	1,2	0,3	-0,2	22 315	1,2
Emiratos Árabes Unidos	-8,4	7,9	...	...	5 187	-3,3
Yemen	3,7	3,3	0,1	-0,8	10 657	-0,8
ÁFRICA SUBSAHARIANA	3,1	2,1	-1,0	0,0	10 792	1,9
Angola	1,8	4,9	-1,0	2,2	6 226	7,2
Benin	7,2	5,7	2,6	2,6	10 670	0,7
Botswana	0,9	-0,7	-2,2	-2,3	1 630	-2,3

CUADRO A3 (continuación)

	Producción agropecuaria		Producción de alimentos per cápita		Producción de cereales	
	<i>(Tasa media de crecimiento anual [%])</i>		<i>(hg/ha)</i>		<i>(Tasa media de crecimiento anual [%])</i>	
	1983-1992	1993-2002	1983-1992	1993-2002	1998-2002	1993-2002
Burkina Faso	6,5	5,1	3,5	2,5	9 143	1,7
Burundi	3,2	-1,3	0,2	-2,0	12 898	-0,5
Camerún	2,0	2,8	-0,7	0,6	17 329	5,7
Cabo Verde	8,2	4,5	6,3	2,4	6 762	62,8
República Centrafricana	-0,5	1,9	...	...	10 618	1,0
Chad	4,1	3,8	1,3	1,0	6 296	0,9
Comoras	2,9	2,5	0,0	0,0	13 262	0,3
Congo, Rep. Democrática del	2,6	-5,8	...	...	7 871	0,1
Congo, Rep. del	2,7	4,4	...	...	8 149	0,9
Côte d'Ivoire	6,5	-1,2	...	...	13 815	3,8
Djibouti	5,6	0,8	0,9	-1,2	16 250	0,8
Guinea Ecuatorial	-1,3	1,9	...	...	...	...
Eritrea	-0,7	3,1	-5,7	2,2	6 189	...
Etiopía	1,0	4,5	2,8	1,9	11 602	2,8
Etiopía, RPD	0,9	...	-2,1	...	0	...
Gabón	2,5	1,6	-0,5	-1,2	16 334	-0,7
Gambia	-3,9	4,5	-7,7	1,7	12 153	-0,8
Ghana	7,4	5,6	4,1	3,4	12 959	3,1
Guinea	2,6	3,9	-0,8	1,5	13 707	2,6
Guinea-Bissau	1,3	2,9	...	...	10 619	-3,6
Kenya	3,3	2,5	-0,3	0,2	15 073	1,3
Lesotho	0,2	3,6	-2,7	3,6	10 596	13,3
Liberia	-2,9	5,5	-2,2	-0,8	12 461	3,6
Madagascar	1,7	1,3	-1,0	-1,2	19 535	0,5
Malawi	-0,4	5,5	-6,1	6,6	13 817	21,9
Malí	2,5	4,1	-1,0	1,0	10 635	4,2
Mauritania	1,0	1,2	-1,5	-1,5	8 165	3,8
Mauricio	0,3	-0,1	-0,6	-0,5	77 317	9,6
Mozambique	-2,1	5,3	-3,3	2,5	8 882	26,7
Namibia	1,6	0,0	-1,8	-2,1	3 292	23,5
Níger	2,8	4,1	-0,5	0,9	3622	3,9
Nigeria	7,1	3,0	3,9	0,5	11 242	-1,0
Rwanda	2,0	3,2	0,9	0,0	9 236	3,0
Reunión	4,0	1,4	2,3	-0,1	67 244	1,5
Santo Tomé y Príncipe	0,8	6,1	...	...	22 571	1,4
Senegal	1,2	1,9	-1,4	-0,3	7 761	-0,5
Seychelles	-0,9	3,3	-2,5	2,3	...	...
Sierra Leona	0,8	-0,6	-1,8	-1,5	11 520	0,1
Somalia	-2,7	4,5	-3,4	2,1	4 813	-0,3
Sudáfrica	0,0	2,9	-2,0	1,6	24 873	19,3
Sudán	2,7	3,0	1,0	0,9	5 387	0,8
Swazilandia	1,4	0,5	-1,4	-1,4	16 426	9,0

CUADRO A3 (continuación)

	Producción agropecuaria		Producción de alimentos per cápita		Producción de cereales	
	(Tasa media de crecimiento anual [%])		(hg/ha)		(Tasa media de crecimiento anual [%])	
	1983-1992	1993-2002	1983-1992	1993-2002	1998-2002	1993-2002
Tanzania, Rep. Unida de	0,9	-0,9	...	...	13 532	3,9
Togo	3,7	3,9	-0,4	0,8	9 957	2,6
Uganda	2,6	3,4	-0,4	0,4	15 984	1,4
Zambia	2,2	4,6	-1,1	1,8	13 922	18,3
Zimbabwe	0,7	4,3	-4,0	4,3	10 605	30,1
ECONOMÍAS DE MERCADO DESARROLLADAS	1,0	0,6	0,3	-0,2	48 087	0,7
Australia	3,2	0,8	1,7	0,7	18 787	-1,4
Austria	-0,2	0,7	-0,6	0,4	58 125	1,9
Bélgica/Luxemburgo	2,2	0,5	2,0	0,2	77 958	3,1
Canadá	1,2	1,4	0,0	0,4	26 830	-0,4
Dinamarca	0,9	1,1	0,8	0,8	60 161	3,4
Islas Feroe	0,8	-7,2	0,4	-7,3	...	...
Finlandia	-0,9	0,8	-1,3	0,5	29 976	3,0
Francia	0,8	0,1	0,3	-0,3	72 146	1,5
Alemania	-0,3	0,2	-0,6	0,0	65 593	1,8
Grecia	1,3	-0,3	0,4	-0,8	35 899	0,0
Groenlandia	-0,5	0,1	-1,1	0,1	...	...
Islandia	-1,5	0,6	-2,5	-0,1	...	...
Irlanda	2,3	0,0	2,1	-0,8	71 115	0,2
Israel	0,3	1,2	-1,2	-1,1	24 551	4,0
Italia	0,8	-0,5	0,7	-0,6	50 113	0,8
Japón	0,2	-1,0	-0,1	-1,2	60 534	1,6
Liechtenstein	2,8	-0,7	1,4	-1,6	...	...
Malta	2,1	1,2	1,2	0,6	40 015	3,6
Países Bajos	1,7	-1,1	1,1	-1,6	73 247	-0,3
Nueva Zelandia	0,6	2,2	0,2	1,9	63 059	1,7
Noruega	-0,8	0,0	-1,2	-0,5	38 052	3,6
Portugal	2,6	0,8	2,7	0,7	28 385	6,0
España	1,8	2,0	1,4	1,9	31 435	10,2
San Pedro y Miquelón	133,9	0,0	133,9	-1,3	...	...
Suecia	-1,8	1,2	-2,2	1,0	45 747	4,9
Suiza	0,2	-0,7	-0,7	-1,0	64 757	1,9
Reino Unido	0,7	-0,9	0,3	-1,1	68 583	1,4
Estados Unidos de América	1,5	1,2	0,4	0,3	57 446	1,2
PAÍSES EN TRANSICIÓN	-0,5	-1,7	-1,0	-1,4	21 316	2,2
Albania	-0,6	4,3	-2,1	5,2	28 554	3,6
Armenia	7,2	0,5	...	0,1	17 489	5,1
Azerbaiyán	1,4	0,6	...	1,3	22 559	3,1
Belarús	15,1	-2,2	...	-1,9	18 868	-0,4

CUADRO A3 (conclusión)

	Producción agropecuaria		Producción de alimentos per cápita		Producción de cereales	
	<i>(Tasa media de crecimiento anual [%])</i>		<i>(hg/ha)</i>		<i>(Tasa media de crecimiento anual [%])</i>	
	1983-1992	1993-2002	1983-1992	1993-2002	1998-2002	1993-2002
Bosnia y Herzegovina	...	0,2	...	-0,4	31 069	0,8
Bulgaria	-2,7	-1,6	-2,0	-0,5	29 798	5,3
Croacia	...	0,6	...	0,4	46 377	3,1
República Checa	...	-1,1	...	...	42 147	0,7
Checoslovaquia	-0,2	...	-0,3	...	0	...
Estonia	12,5	-5,3	...	-4,0	18 135	9,0
Georgia	5,3	-0,8	...	0,3	17 588	2,1
Hungría	-2,3	0,1	-1,9	0,5	43 439	2,5
Kazajistán	8,3	-2,1	...	-1,4	10 341	6,5
Kirguistán	17,1	2,2	...	2,0	26 973	1,7
Letonia	10,9	-6,5	...	-5,7	21 193	4,7
Lituania	17,8	-2,9	...	-2,7	25 035	4,9
Macedonia, la ex República Yugoslava de	...	-1,7	...	-2,2	27 486	2,6
Moldova, República de	6,9	-1,6	...	-1,1	24 415	2,8
Polonia	0,0	0,1	-0,4	0,0	29 714	3,6
Rumania	-3,5	1,6	-3,7	2,0	26 761	6,0
Federación de Rusia	11,0	-2,2	...	-1,7	16 579	3,0
Serbia y Montenegro	...	-1,7	...	-2,0	37 390	6,3
Eslovaquia	...	-2,0	...	...	36 852	0,3
Eslovenia	...	3,0	...	2,8	50 839	4,0
Tayikistán	2,9	-2,7	...	-3,0	12 788	3,9
Turkmenistán	6,7	1,1	...	2,8	21 404	9,2
URSS	-9,6	...	-10,2	...	0	...
Ucrania	11,1	-2,7	...	-2,0	23 061	1,2
Uzbekistán	6,3	0,5	...	-0,1	26 598	6,6
Yugoslavia, RFS	-9,9	...	-10,3	...	0	...

CUADRO A4
Indicadores de población y fuerza laboral (2001)

	Población total		Población rural		Población agrícola		Población económicamente activa		Población económicamente activa en la agricultura	
	(Miles)	(Miles)	(% del total)	(Miles)	(% del total)	(Miles)	(Miles)	(%)	(Miles)	(%)
A NIVEL MUNDIAL	6 130 564	3 209 953	52	2 574 870	42	2 992 057	1 326 504	44		
PAÍSES DESARROLLADOS	1 274 401	333 785	26	90 702	7	640 157	44 911	7		
PAÍSES EN DESARROLLO	4 856 163	2 876 168	59	2 484 168	51	2 351 900	1 281 593	54		
ASIA Y EL PACÍFICO	3 257 570	2 141 994	66	1 855 475	57	1 675 947	1 004 002	60		
Samoa Americana	70	33	47	24	34	28	9	32		
Bangladesh	140 369	104 426	74	76 722	55	71 395	39 023	55		
Bhután	2 141	1 983	93	2 007	94	1 033	968	94		
Islas Vírgenes Británicas	24	9	38	6	25	11	3	27		
Brunei Darussalam	335	91	27	2	1	152	1	1		
Camboya	13 441	11 089	83	9 364	70	6 601	4 599	70		
China, RAE de Hong Kong	6 961	10	0	28	0	3 771	15	0		
China, RAE de Macao	449	5	1	0	0	236	0	0		
China (continental)	1 262 609	812 003	64	849 785	67	759 651	510 092	67		
China, Provincia de Taiwan	22 363	1 164	5	3 276	15	9 869	773	8		
Islas Cook	20	8	40	7	35	8	3	38		
Fiji	823	410	50	325	39	331	131	40		
Polinesia Francesa	237	113	48	80	34	102	34	33		
Guam	158	95	60	46	29	71	19	27		
India	1 025 096	739 399	72	545 254	53	451 384	267 125	59		
Indonesia	214 840	124 469	58	93 312	43	104 777	49 955	48		
Kiribati	84	52	62	22	26	35	9	26		
Corea, Rep. Pop. Dem. de	22 428	8 854	39	6 589	29	11 511	3 382	29		
Corea, Rep. de	47 069	8 274	18	3 876	8	24 258	2 268	9		
Lao, Rep. Dem. Popular	5 403	4 337	80	4 123	76	2 699	2 059	76		
Malasia	22 633	9 481	42	3 841	17	9 673	1 736	18		
Maldivas	300	216	72	78	26	127	27	21		
Islas Marshall	52	18	35	14	27	21	6	29		
Micronesia, Estados Federados de	126	90	71	33	26	52	14	27		
Mongolia	2 559	1 109	43	603	24	1 324	312	24		
Myanmar	48 364	34 769	72	33 806	70	26 157	18 284	70		
Islas Marianas Septentrionales	76	36	47	20	26	31	8	26		
Nauru	13	0	0	3	23	5	1	20		
Nepal	23 593	20 721	88	21 929	93	11 138	10 352	93		
Nueva Caledonia	220	48	22	79	36	116	42	36		
Niue	2	1	50	1	50	1	0	0		
Pakistán	144 971	96 574	67	73 030	50	53 737	25 033	47		
Palau	20	6	30	5	25	8	2	25		
Papua Nueva Guinea	4 920	4 052	82	3 768	77	2 372	1 745	74		

CUADRO A4 (continuación)

	Población total	Población rural		Población agrícola		Población económicamente activa	Población económicamente activa en la agricultura	
	(Miles)	(Miles)	(% del total)	(Miles)	(% del total)	(Miles)	(Miles)	(%)
Filipinas	77 131	31 321	41	29 883	39	32 217	12 541	39
Samoa	159	123	77	54	34	55	19	35
Singapur	4 108	0	0	6	0	2 053	3	0
Islas Salomón	463	369	80	337	73	230	167	73
Sri Lanka	19 104	14 685	77	8 788	46	8 662	3 916	45
Tailandia	63 584	50 891	80	30 631	48	37 858	21 076	56
Timor-Leste	750	677	90	613	82	392	321	82
Tokelau	1	1	100	0	0	1	0	0
Tonga	99	67	68	33	33	39	13	33
Tuvalu	10	5	50	3	30	4	1	25
Vanuatu	202	157	78	73	36	88	32	36
Viet Nam	79 175	59 738	75	52 991	67	41 657	27 881	67
Islas Wallis y Futuna	15	15	100	5	33	6	2	33
AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE	526 568	127 305	24	107 179	20	227 380	43 938	19
Anguila	12	0	0	3	25	5	1	20
Antigua y Barbuda	65	41	63	15	23	30	7	23
Argentina	37 488	4 374	12	3 709	10	15 335	1 462	10
Aruba	104	51	49	24	23	47	11	23
Bahamas	308	34	11	11	4	159	6	4
Barbados	268	133	50	11	4	149	6	4
Belize	231	120	52	70	30	82	25	30
Bermuda	63	0	0	1	2	33	1	3
Bolivia	8 516	3 161	37	3 638	43	3 487	1 531	44
Brasil	172 559	31 528	18	27 458	16	80 302	12 949	16
Islas Caimán	40	0	0	9	23	18	4	22
Chile	15 402	2 144	14	2 401	16	6 342	982	15
Colombia	42 803	10 489	25	8 666	20	18 655	3 706	20
Costa Rica	4 112	1 665	40	840	20	1 675	329	20
Cuba	11 237	2 758	25	1 793	16	5 592	771	14
Dominica	71	20	28	16	23	32	7	22
República Dominicana	8 507	2 893	34	1 447	17	3 710	595	16
Ecuador	12 880	4 707	37	3 453	27	5 092	1 282	25
El Salvador	6 400	2 461	38	2 067	32	2 782	790	28
Guayana francesa	170	42	25	30	18	72	13	18
Granada	94	58	62	22	23	43	10	23
Guadalupe	431	2	0	13	3	204	6	3
Guatemala	11 687	7 020	60	5 765	49	4 293	1 952	45
Guyana	763	484	63	132	17	323	56	17
Haití	8 270	5 263	64	5 096	62	3 582	2 210	62
Honduras	6 575	3 043	46	2 218	34	2 493	767	31

CUADRO A4 (continuación)

	Población total	Población rural		Población agrícola		Población económicamente activa	Población económicamente activa en la agricultura	
	(Miles)	(Miles)	(% del total)	(Miles)	(% del total)	(Miles)	(Miles)	(%)
Jamaica	2 598	1 129	43	526	20	1 303	264	20
Martinica	386	18	5	15	4	189	7	4
México	100 368	25 555	25	23 064	23	41 692	8 714	21
Montserrat	3	2	67	1	33	2	0	0
Antillas Neerlandesas	217	67	31	1	0	99	0	0
Nicaragua	5 208	2 266	44	1 046	20	2 056	396	19
Panamá	2 899	1 260	43	654	23	1 231	244	20
Paraguay	5 636	2 442	43	2 250	40	2 142	726	34
Perú	26 093	7 009	27	7 689	29	9 991	2 968	30
Puerto Rico	3 952	965	24	110	3	1 506	32	2
Saint Kitts y Nevis	38	25	66	9	24	17	4	24
Santa Lucía	149	93	62	34	23	66	15	23
San Vicente y las Granadinas	114	50	44	26	23	52	12	23
Suriname	419	106	25	79	19	162	30	19
Trinidad y Tabago	1 300	332	26	111	9	587	50	9
Islas Turcas y Caicos	17	9	53	4	24	8	2	25
Islas Vírgenes (EE.UU.)	122	65	53	27	22	56	13	23
Uruguay	3 361	264	8	372	11	1 518	190	13
Venezuela	24 632	3 157	13	2 253	9	10 166	792	8
CERCANO ORIENTE Y ÁFRICA DEL NORTE	405 003	170 979	42	119 514	30	152 281	49 849	33
Afganistán	22 474	17 411	77	14 976	67	9 153	6 099	67
Argelia	30 841	13 034	42	7 307	24	10 857	2 613	24
Bahrein	652	49	8	7	1	307	3	1
Chipre	790	236	30	65	8	390	32	8
Egipto	69 080	39 601	57	24 805	36	26 566	8 665	33
Irán, República Islámica del	71 369	25 133	35	18 465	26	25 062	6 515	26
Iraq	23 584	7 690	33	2 272	10	6 568	633	10
Jordania	5 051	1 075	21	561	11	1 624	180	11
Kuwait	1 971	77	4	21	1	845	9	1
Líbano	3 556	353	10	123	3	1 295	45	3
Jamahiriya Árabe Libia	5 408	651	12	303	6	1 846	103	6
Marruecos	30 430	13 345	44	10 877	36	12 093	4 271	35
Omán	2 622	620	24	917	35	749	262	35
Qatar	575	41	7	7	1	317	4	1
Arabia Saudita	21 028	2 799	13	1 928	9	6 338	581	9
República Árabe Siria	16 610	8 008	48	4 535	27	5 375	1 468	27
Túnez	9 562	3 232	34	2 319	24	3 913	949	24
Turquía	67 632	22 946	34	20 365	30	31 851	14 485	45
Emiratos Árabes Unidos	2 654	339	13	125	5	1 386	65	5
Yemen	19 114	14 339	75	9 536	50	5 746	2 867	50

CUADRO A4 (continuación)

	Población total	Población rural		Población agrícola		Población económicamente activa	Población económicamente activa en la agricultura	
	(Miles)	(Miles)	(% del total)	(Miles)	(% del total)	(Miles)	(Miles)	(%)
ÁFRICA SUBSAHARIANA	667 022	435 890	65	402 000	60	296 292	183 804	62
Angola	13 527	8 816	65	9 681	72	6 104	4 368	72
Benin	6 446	3 669	57	3 417	53	2 920	1 548	53
Botswana	1 554	791	51	688	44	680	301	44
Burkina Faso	11 856	9 841	83	10 937	92	5 609	5 174	92
Burundi	6 502	5 862	90	5 865	90	3 433	3 097	90
Camerún	15 203	7 643	50	7 821	51	6 261	3 647	58
Cabo Verde	437	159	36	98	22	179	40	22
República Centrafricana	3 782	2 211	58	2 716	72	1 780	1 278	72
Chad	8 135	6 171	76	6 043	74	3 722	2 765	74
Comoras	727	481	66	532	73	341	250	73
Congo, Rep. Democrática del	52 522	36 308	69	32 948	63	21 286	13 353	63
Congo, Rep. del	3 110	1 054	34	1 241	40	1 268	506	40
Côte d'Ivoire	16 349	9 147	56	7 858	48	6 689	3 215	48
Djibouti	644	102	16	505	78	315	248	79
Guinea Ecuatorial	470	238	51	329	70	194	136	70
Eritrea	3 816	3 066	80	2 947	77	1 906	1 472	77
Etiopía	64 459	54 222	84	52 842	82	28 416	23 294	82
Gabón	1 262	223	18	461	37	566	207	37
Gambia	1 337	919	69	1 052	79	687	540	79
Ghana	19 734	12 553	64	11 041	56	9 771	5 534	57
Guinea	8 274	5 977	72	6 907	83	4 104	3 426	83
Guinea-Bissau	1 227	829	68	1 013	83	560	462	83
Kenya	31 293	20 542	66	23 467	75	16 188	12 140	75
Lesotho	2 057	1 468	71	774	38	874	329	38
Liberia	3 108	1 705	55	2 083	67	1 237	829	67
Madagascar	16 437	11 488	70	12 133	74	7 861	5 803	74
Malawi	11 572	9 807	85	8 912	77	5 564	4 587	82
Malí	11 677	8 068	69	9 391	80	5 695	4 580	80
Mauritania	2 747	1 126	41	1 444	53	1 213	638	53
Mauricio	1 171	684	58	131	11	513	59	12
Mozambique	18 644	12 471	67	14 128	76	9 766	7 844	80
Namibia	1 788	1 226	69	862	48	708	287	41
Níger	11 227	8 859	79	9 827	88	5 170	4 525	88
Nigeria	116 929	64 384	55	37 880	32	46 450	15 048	32
Reunión	7 949	7 582	95	7 168	90	4 321	3 897	90
Rwanda	732	204	28	22	3	303	9	3
Santo Tomé y Príncipe	140	73	52	89	64	59	38	64
Senegal	9 662	5 006	52	7 091	73	4 294	3 151	73
Seychelles	81	29	36	64	79	39	31	79
Sierra Leona	4 587	2 841	62	2 827	62	1 697	1 046	62

CUADRO A4 (continuación)

	Población total	Población rural		Población agrícola		Población económicamente activa	Población económicamente activa en la agricultura	
	(Miles)	(Miles)	(% del total)	(Miles)	(% del total)	(Miles)	(Miles)	(%)
Somalia	9 157	6 593	72	6 475	71	3 906	2 762	71
Sudáfrica	43 792	18 521	42	6 035	14	18 247	1 690	9
Santa Elena	6	2	33	3	50	3	1	33
Sudán	31 809	20 017	63	19 136	60	12 557	7 554	60
Swazilandia	938	688	73	309	33	347	114	33
Tanzania, Rep. Unida de	35 965	23 980	67	27 944	78	18 556	14 845	80
Togo	4 657	3 084	66	2 752	59	1 972	1 166	59
Uganda	24 023	20 527	85	18 851	78	11 714	9 326	80
Zambia	10 649	6 417	60	7 304	69	4 498	3 085	69
Zimbabwe	12 852	8 216	64	7 956	62	5 749	3 559	62
ECONOMÍAS DE MERCADO DESARROLLADAS	863 444	181 277	21	29 316	3	430 006	14 224	3
Andorra	90	7	8	8	9	41	4	10
Australia	19 338	1 687	9	871	5	9 872	444	4
Austria	8 075	2 631	33	397	5	3 728	183	5
Bélgica	10 264	267	3	181	2	4 223	74	2
Canadá	31 015	6 535	21	766	2	16 690	380	2
Dinamarca	5 333	795	15	194	4	2 926	106	4
Islas Feroe	47	29	62	2	4	24	1	4
Finlandia	5 178	2 170	42	295	6	2 592	137	5
Francia	59 453	14 549	24	1 896	3	26 893	857	3
Alemania	82 007	10 053	12	1 969	2	40 288	967	2
Gibraltar	27	0	0	2	7	12	1	8
Grecia	10 623	4 217	40	1 381	13	4 643	752	16
Groenlandia	56	10	18	1	2	29	1	3
Islandia	281	21	7	23	8	159	13	8
Irlanda	3 841	1 568	41	377	10	1 629	160	10
Israel	6 172	506	8	160	3	2 662	69	3
Italia	57 503	18 945	33	2 911	5	25 383	1 285	5
Japón	127 335	26 877	21	4 646	4	68 318	2 607	4
Liechtenstein	33	26	79	1	3	16	0	0
Luxemburgo	442	36	8	9	2	186	4	2
Malta	392	35	9	6	2	149	2	1
Mónaco	34	0	0	1	3	16	0	0
Países Bajos	15 930	1 657	10	521	3	7 370	241	3
Nueva Zelandia	3 808	537	14	330	9	1 901	169	9
Noruega	4 488	1 122	25	221	5	2 323	103	4
Portugal	10 033	3 437	34	1 390	14	5 109	630	12
San Marino	27	3	11	2	7	12	1	8
España	39 921	8 846	22	2 780	7	17 611	1 234	7
San Pedro y Miquelón	7	1	14	0	0	4	0	0

CUADRO A4 (conclusión)

	Población total	Población rural		Población agrícola		Población económicamente activa	Población económicamente activa en la agricultura	
	(Miles)	(Miles)	(% del total)	(Miles)	(% del total)	(Miles)	(Miles)	(%)
Suecia	8 833	1 474	17	302	3	4 792	146	3
Suiza	7 170	2 347	33	457	6	3 806	156	4
Reino Unido	59 762	6 350	11	1 054	2	29 964	529	2
Estados Unidos de América	285 926	64 539	23	6 162	2	146 635	2 968	2
PAÍSES EN TRANSICIÓN	410 957	152 508	37	61 386	15	210 151	30 687	15
Albania	3 145	1 784	57	1 496	48	1 573	748	48
Armenia	3 788	1 241	33	469	12	1 951	242	12
Azerbaiyán	8 096	3 906	48	2 123	26	3 707	972	26
Belarús	10 147	3 095	31	1 283	13	5 427	686	13
Bosnia y Herzegovina	4 067	2 318	57	194	5	1 904	91	5
Bulgaria	7 867	2 566	33	559	7	4 066	269	7
Croacia	4 655	1 949	42	370	8	2 195	174	8
República Checa	10 260	2 613	25	815	8	5 749	457	8
Estonia	1 377	421	31	152	11	763	84	11
Georgia	5 239	2 279	44	1 015	19	2 655	514	19
Hungría	9 917	3 491	35	1 152	12	4 744	490	10
Kazajstán	16 095	7 110	44	3 110	19	8 012	1 386	17
Kirguistán	4 986	3 284	66	1 251	25	2 220	557	25
Letonia	2 406	982	41	280	12	1 330	155	12
Lituania	3 689	1 158	31	526	14	1 933	228	12
Macedonia, la ex República Yugoslava de	2 044	832	41	249	12	947	115	12
Moldova, República de	4 285	2 519	59	940	22	2 192	481	22
Polonia	38 577	14 462	37	7 133	18	20 048	4 243	21
Rumanía	22 388	10 031	45	2 956	13	10 726	1 547	14
Federación de Rusia	144 664	39 208	27	14 779	10	78 069	7 975	10
Serbia y Montenegro	10 538	5 096	48	2 015	19	5 068	969	19
Eslovaquia	5 403	2 295	42	475	9	2 977	262	9
Eslovenia	1 985	1 011	51	34	2	1 017	18	2
Tayikistán	6 135	4 437	72	2 031	33	2 467	817	33
Turkmenistán	4 835	2 665	55	1 594	33	2 111	696	33
Ucrania	49 112	15 720	32	7 571	15	25 214	3 520	14
Uzbekistán	25 257	16 035	63	6 814	27	11 086	2 991	27

CUADRO A5
Aprovechamiento de la tierra

	Superficie total de las tierras (Miles de ha)	Superficie forestal y maderera (Miles de ha)	Superficie agrícola (Miles de ha)	Superficie agrícola per cápita (ha/persona)	Tierras cultivables (% de la superficie agrícola)	Cultivos perennes (% de la superficie agrícola)	Pastos perennes (% de la superficie agrícola)	Superficie regada (% de la superficie cultivable+ cultivos perennes)	Consumo de fertilizantes (kg/ha de superficie cultivable)
	2001	2000	2001	2001	2001	2001	2001	2001	2001
A NIVEL MUNDIAL	13 041 038	3 868 796	5 016 729	0,82	27,9	2,6	69,5	17,8	98,3
PAÍSES DESARROLLADOS	5 382 812	1 720 221	1 743 778	1,36	34,3	1,3	64,4	10,7	84,0
PAÍSES EN DESARROLLO	7 658 226	2 148 575	3 272 951	0,67	24,5	3,3	72,2	22,7	109,0
ASIA Y EL PACÍFICO	2 014 355	511 796	1 029 003	0,32	39,8	5,2	55,0	33,2	163,2
Samoa Americana	20	12	5	0,07	40,0	60,0	0,0	0,0	0,0
Bangladesh	13 017	1 334	9 085	0,06	89,0	4,4	6,6	52,1	167,6
Bhután	4 700	3 016	580	0,27	25,0	3,4	71,6	24,2	0,0
Islas Vírgenes Británicas	15	3	9	0,38	33,3	11,1	55,6	0,0	0,0
Brunei Darussalam	527	442	13	0,04	23,1	30,8	46,2	14,3	0,0
Camboya	17 652	9 335	5 307	0,39	69,7	2,0	28,3	7,1	0,0
China, RAE de Hong Kong	99	...	7	0,00	71,4	14,3	14,3	33,3	0,0
China, RAE de Macao	2	...	...	0,00	...	...	...	...	...
China (continental)	929 100	163 480	554 420	0,44	25,8	2,1	72,1	35,1	244,8
China, Provincia de Taiwan	3 541	...	849	0,04	73,0	27,0	0,0	68,3	681,9
Islas Cocos (Keeling)	1	...	...	...	...	...	...	...	...
Islas Cook	23	22	7	0,35	57,1	42,9	0,0	0,0	0,0
Fiji	1 827	815	460	0,56	43,5	18,5	38,0	1,1	50,0
Polinesia Francesa	366	105	43	0,18	7,0	46,5	46,5	4,3	400,0
Guam	55	21	22	0,14	22,7	40,9	36,4	0,0	0,0
India	297 319	64 113	180 810	0,18	89,5	4,5	6,0	32,3	107,6
Indonesia	181 157	104 986	44 777	0,21	45,8	29,3	25,0	14,3	123,1
Kiribati	73	28	39	0,46	5,1	94,9	0,0	0,0	0,0
Corea, Rep. Pop. Dem. de	12 041	8 210	2 850	0,13	87,7	10,5	1,8	52,1	114,8
Corea, Rep. de	9 873	6 248	1 943	0,04	87,3	9,9	2,8	60,6	422,6
Lao, Rep. Dem. Popular	23 080	12 561	1 836	0,34	47,8	4,4	47,8	18,3	14,0
Malasia	32 855	19 292	7 870	0,35	22,9	73,5	3,6	4,8	628,2
Maldivas	30	1	10	0,03	40,0	50,0	10,0	0,0	0,0
Islas Marshall	18	...	14	0,27	21,4	50,0	28,6	0,0	0,0
Micronesia, Estados Federados de	70	15	47	0,37	8,5	68,1	23,4	0,0	0,0
Mongolia	156 650	10 645	130 500	51,00	0,9	0,0	99,1	7,0	2,7
Myanmar	65 755	34 419	10 939	0,23	91,3	5,8	2,9	18,7	16,4

CUADRO A5 (continuación)

	Superficie total de las tierras (Miles de ha)	Superficie forestal y maderera (Miles de ha)	Superficie agrícola (Miles de ha)	Superficie agrícola per cápita (halpersona)	Tierras cultivables (% de la superficie agrícola)	Cultivos perennes (% de la superficie agrícola)	Pastos perennes (% de la superficie agrícola)	Superficie regada (% de la superficie cultivable+cultivos perennes)	Consumo de fertilizantes (kg/ha de superficie cultivable)
	2001	2000	2001	2001	2001	2001	2001	2001	2001
Islas Marianas Septentrionales	46	14	13	0,17	46,2	15,4	38,5	0,0	0,0
Nauru	2	...	...	0,00	...	...	...	...	...
Nepal	14 300	3 900	4 949	0,21	62,6	1,9	35,5	35,6	22,7
Nueva Caledonia	1 828	372	229	1,04	3,1	2,6	94,3	0,0	128,6
Niue	26	6	8	4,00	50,0	37,5	12,5	0,0	0,0
Isla Norfolk	4	...	1	...	0,0	0,0	100,0	...	...
Pakistán	77 088	2 361	27 160	0,19	79,1	2,5	18,4	80,4	136,0
Palau	46	35	9	0,45	44,4	22,2	33,3	0,0	0,0
Papua Nueva Guinea	45 286	30 601	1 035	0,21	20,3	62,8	16,9	0,0	56,2
Filipinas	29 817	5 789	11 930	0,15	47,4	41,9	10,7	14,6	138,3
Samoa	283	105	131	0,82	45,8	52,7	1,5	0,0	81,7
Singapur	61	2	1	0,00	100,0	0,0	0,0	0,0	2353,0
Islas Salomón	2 799	2 536	114	0,25	15,8	49,1	35,1	0,0	0,0
Sri Lanka	6 463	1 940	2 351	0,12	38,1	43,2	18,7	31,2	261,7
Tailandia	51 089	14 762	19 100	0,30	78,5	17,3	4,2	26,9	114,5
Timor-Leste	1 487	...	230	0,31	30,4	4,3	65,2	0,0	0,0
Tokelau	1	...	...	0,00	...	...	...	...	...
Tonga	72	4	52	0,53	32,7	59,6	7,7	0,0	0,0
Tuvalu	3	...	...	0,00	...	...	...	...	...
Vanuatu	1 219	447	162	0,80	18,5	55,6	25,9	0,0	0,0
Viet Nam	32 549	9 819	9 080	0,11	71,6	21,3	7,1	35,6	307,6
Islas Wallis y Futuna	20	...	6	0,40	16,7	83,3	0,0	0,0	0,0
AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE	2 017 772	964 355	784 197	1,49	19,0	2,6	78,4	11,0	84,8
Antigua y Barbuda	44	9	14	0,22	57,1	14,3	28,6	0,0	0,0
Argentina	273 669	34 648	177 000	4,72	19,0	0,7	80,2	4,5	25,5
Aruba	19	...	2	0,02	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Bahamas	1 001	842	14	0,05	57,1	28,6	14,3	8,3	100,0
Barbados	43	2	19	0,07	84,2	5,3	10,5	5,9	187,5
Belize	2 280	1 348	154	0,67	42,2	25,3	32,5	2,9	72,3
Bermuda	5	...	1	0,02	100,0	0,0	0,0	0,0	100,0
Bolivia	108 438	53 068	36 931	4,34	7,9	0,5	91,6	4,3	4,2
Brasil	845 651	543 905	263 465	1,53	22,3	2,9	74,8	4,4	115,1
Islas Caimán	26	13	3	0,08	33,3	0,0	66,7	0,0	0,0
Chile	74 880	15 536	15 235	0,99	13,0	2,1	84,9	82,6	242,7
Colombia	103 870	49 601	46 049	1,08	5,5	3,8	90,8	21,2	254,5
Costa Rica	5 106	1 968	2 865	0,70	7,9	10,5	81,7	20,6	568,7
Cuba	10 982	2 348	6 665	0,59	54,5	12,5	33,0	19,5	55,3
Dominica	75	46	22	0,31	22,7	68,2	9,1	0,0	600,0
República Dominicana	4 838	1 376	3 696	0,43	29,7	13,5	56,8	17,2	89,5

CUADRO A5 (continuación)

	Superficie total de las tierras (Miles de ha)	Superficie forestal y maderera (Miles de ha)	Superficie agrícola (Miles de ha)	Superficie agrícola per cápita (ha/persona)	Tierras cultivables (% de la superficie agrícola)	Cultivos perennes (% de la superficie agrícola)	Pastos perennes (% de la superficie agrícola)	Superficie regada (% de la superficie cultivable+ cultivos perennes)	Consumo de fertilizantes (kg/ha de superficie cultivable)
	2001	2000	2001	2001	2001	2001	2001	2001	2001
Ecuador	27 684	10 557	8 075	0,63	20,1	16,9	63,0	29,0	142,3
El Salvador	2 072	121	1 704	0,27	38,7	14,7	46,6	4,9	110,9
Islas Malvinas (Falkland)	1 217	...	1 130	565,00	0,0	0,0	100,0	...	...
Guayana francesa	8 815	7 926	23	0,14	52,2	17,4	30,4	12,5	100,0
Granada	34	5	13	0,14	15,4	76,9	7,7	0,0	0,0
Guadalupe	169	82	48	0,11	39,6	12,5	47,9	24,0	1015,8
Guatemala	10 843	2 850	4 507	0,39	30,2	12,1	57,7	6,8	134,5
Guyana	19 685	16 879	1 740	2,28	27,6	1,7	70,7	29,4	27,1
Haití	2 756	88	1 590	0,19	49,1	20,1	30,8	6,8	17,9
Honduras	11 189	5 383	2 936	0,45	36,4	12,3	51,4	5,6	141,9
Jamaica	1 083	325	513	0,20	33,9	21,4	44,6	8,8	67,2
Martinica	106	47	33	0,09	33,3	30,3	36,4	33,3	1609,1
México	190 869	55 205	107 300	1,07	23,1	2,3	74,6	23,2	75,4
Montserrat	10	3	3	1,00	66,7	0,0	33,3	0,0	0,0
Antillas Neerlandesas	80	1	8	0,04	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Nicaragua	12 140	3 278	6 986	1,34	27,7	3,4	68,9	4,4	11,7
Panamá	7 443	2 876	2 230	0,77	24,6	6,6	68,8	5,0	53,3
Paraguay	39 730	23 372	24 810	4,40	12,2	0,4	87,5	2,2	22,1
Perú	128 000	65 215	31 310	1,20	11,8	1,6	86,6	28,4	81,3
Puerto Rico	887	229	294	0,07	11,9	16,7	71,4	47,6	0,0
Saint Kitts y Nevis	36	4	10	0,26	70,0	10,0	20,0	0,0	242,9
Santa Lucía	61	9	20	0,13	20,0	70,0	10,0	16,7	1325,0
San Vicente y las Granadinas	39	6	16	0,14	43,8	43,8	12,5	7,1	557,1
Suriname	15 600	14 113	88	0,21	64,8	11,4	23,9	76,1	98,2
Trinidad y Tabago	513	259	133	0,10	56,4	35,3	8,3	3,3	144,9
Islas Turcas y Caicos	43	...	1	0,06	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Uruguay	17 502	1 292	14 883	4,43	8,7	0,3	91,0	13,5	92,0
Islas Vírgenes (EE.UU.)	34	14	10	0,08	40,0	10,0	50,0	0,0	150,0
Venezuela	88 205	49 506	21 648	0,88	12,0	3,7	84,3	16,9	115,5
CERCANO ORIENTE Y ÁFRICA DEL NORTE	1 263 233	28 820	454 982	1,12	18,9	2,6	78,5	28,5	70,9
Afganistán	65 209	1 351	38 054	1,69	20,8	0,4	78,8	29,6	2,3
Argelia	238 174	2 145	40 052	1,30	19,1	1,5	79,4	6,8	13,7
Bahrein	71	...	10	0,02	20,0	40,0	40,0	66,7	150,0
Chipre	924	172	117	0,15	61,5	35,0	3,4	35,4	315,5
Egipto	99 545	72	3 338	0,05	85,6	14,4	0,0	100,0	457,4
Irán, República Islámica del	163 620	7 299	60 548	0,85	23,6	3,8	72,7	45,3	92,5

CUADRO A5 (continuación)

	Superficie total de las tierras (Miles de ha)	Superficie forestal y maderera (Miles de ha)	Superficie agrícola (Miles de ha)	Superficie agrícola per cápita (halpersona)	Tierras cultivables (% de la superficie agrícola)	Cultivos perennes (% de la superficie agrícola)	Pastos perennes (% de la superficie agrícola)	Superficie regada (% de la superficie cultivable+cultivos perennes)	Consumo de fertilizantes (kg/ha de superficie cultivable)
	2001	2000	2001	2001	2001	2001	2001	2001	2001
Iraq	43 737	799	10 090	0,43	57,0	3,4	39,6	57,9	57,6
Jordania	8 893	86	1 142	0,23	20,8	14,3	65,0	20,0	94,3
Kuwait	1 782	5	151	0,08	8,6	1,3	90,1	86,7	80,5
Libano	1 023	36	329	0,09	51,7	43,5	4,9	33,2	321,1
Jamahiriyá Árabe Libia	175 954	358	15 450	2,86	11,7	2,2	86,1	21,9	30,9
Marruecos	44 630	3 025	30 720	1,01	28,5	3,2	68,4	13,8	41,2
Omán	30 950	1	1 081	0,41	3,5	4,0	92,5	76,5	157,7
Territorio Palestino Ocupado	618	...	358	...	30,4	33,0	41,9	10,6	0,0
Qatar	1 100	1	71	0,12	25,4	4,2	70,4	61,9	50,0
Arabia Saudita	214 969	1 504	173 794	8,26	2,1	0,1	97,8	42,7	106,6
República Árabe Siria	18 378	461	13 723	0,83	33,8	5,9	60,3	23,2	60,0
Túnez	15 536	510	8 999	0,94	30,8	23,7	45,4	7,8	39,2
Turquía	76 963	10 225	38 733	0,57	61,5	6,6	32,0	17,1	70,1
Emiratos Árabes Unidos	8 360	321	543	0,20	9,2	34,6	56,2	31,9	700,0
Yemen	52 797	449	17 660	0,92	8,3	0,7	91,0	31,3	11,1
ÁFRICA SUBSAHARIANA	2 362 866	643 604	1 004 769	1,51	15,8	2,2	82,1	3,7	12,6
Angola	124 670	69 756	57 300	4,24	5,2	0,5	94,2	2,3	0,0
Benin	11 062	2 650	2 815	0,44	71,0	9,4	19,5	0,5	15,6
Botswana	56 673	12 427	25 973	16,71	1,4	0,0	98,6	0,3	12,4
Burkina Faso	27 360	7 089	10 000	0,84	39,5	0,5	60,0	0,6	8,2
Burundi	2 568	94	2 195	0,34	41,0	16,4	42,6	5,9	3,9
Camerún	46 540	23 858	9 160	0,60	65,1	13,1	21,8	0,5	8,8
Cabo Verde	403	85	66	0,15	59,1	3,0	37,9	7,3	2,6
República Centroafricana	62 298	22 907	5 145	1,36	37,5	1,7	60,7	0,0	0,3
Chad	125 920	12 692	48 630	5,98	7,4	0,1	92,5	0,6	4,9
Comoras	223	8	147	0,20	54,4	35,4	10,2	0,0	3,8
Congo, Rep. Democrática del	226 705	135 207	22 880	0,44	29,3	5,2	65,6	0,1	0,2
Congo, Rep. del	34 150	22 060	10 220	3,29	1,7	0,4	97,8	0,5	28,6
Côte d'Ivoire	31 800	7 117	20 500	1,25	15,1	21,5	63,4	1,0	20,2
Djibouti	2 318	6	1 301	2,02	0,1	0,0	99,9	100,0	0,0
Guinea Ecuatorial	2 805	1 752	334	0,71	38,9	29,9	31,1	0,0	0,0
Eritrea	10 100	1 585	7 470	1,96	6,7	0,0	93,3	4,2	20,0
Etiopía	100 000	4 593	31 462	0,49	34,0	2,4	63,6	1,7	12,6
Gabón	25 767	21 826	5 160	4,09	6,3	3,3	90,4	3,0	0,9
Gambia	1 000	481	714	0,53	35,0	0,7	64,3	0,8	3,2
Ghana	22 754	6 335	14 250	0,72	26,0	15,4	58,6	0,2	2,8
Guinea	24 572	6 929	12 225	1,48	7,3	5,2	87,5	6,2	3,6

CUADRO A5 (continuación)

	Superficie total de las tierras (Miles de ha)	Superficie forestal y maderera (Miles de ha)	Superficie agrícola (Miles de ha)	Superficie agrícola per cápita (ha/persona)	Tierras cultivables (% de la superficie agrícola)	Cultivos perennes (% de la superficie agrícola)	Pastos perennes (% de la superficie agrícola)	Superficie regada (% de la superficie cultivable+ cultivos perennes)	Consumo de fertilizantes (kg/ha de superficie cultivable)
	2001	2000	2001	2001	2001	2001	2001	2001	2001
Guinea-Bissau	2 812	2 187	1 628	1,33	18,4	15,2	66,3	3,1	8,0
Kenya	56 914	17 096	26 460	0,85	17,4	2,1	80,5	1,7	31,4
Lesotho	3 035	14	2 334	1,13	14,1	0,2	85,7	0,3	34,4
Liberia	9 632	3 481	2 600	0,84	14,6	8,5	76,9	0,5	0,0
Madagascar	58 154	11 727	27 550	1,68	10,7	2,2	87,1	30,7	2,3
Malawi	9 408	2 562	4 190	0,36	52,5	3,3	44,2	1,3	10,3
Malí	122 019	13 186	34 700	2,97	13,4	0,1	86,5	2,9	9,0
Mauritania	102 522	317	39 750	14,47	1,2	0,0	98,7	9,8	4,1
Mauricio	203	16	113	0,10	88,5	5,3	6,2	20,8	372,0
Mozambique	78 409	30 601	48 235	2,59	8,3	0,5	91,2	2,5	6,2
Namibia	82 329	8 040	38 820	21,71	2,1	0,0	97,9	0,9	0,4
Níger	126 670	1 328	16 500	1,47	27,2	0,1	72,7	1,5	1,1
Nigeria	91 077	13 517	70 400	0,60	40,5	3,8	55,7	0,7	7,8
Reunión	250	71	49	0,07	69,4	6,1	24,5	32,4	147,1
Rwanda	2 467	307	1 850	0,23	54,1	16,2	29,7	0,4	0,3
Santa Elena	31	2	12	2,00	33,3	0,0	66,7	0,0	0,0
Santo Tomé y Príncipe	96	27	54	0,39	11,1	87,0	1,9	18,9	0,0
Senegal	19 253	6 205	8 150	0,84	30,2	0,5	69,3	2,8	16,2
Seychelles	45	30	7	0,09	14,3	85,7	0,0	0,0	20,0
Sierra Leona	7 162	1 055	2 764	0,60	18,1	2,3	79,6	5,3	0,6
Somalia	62 734	7 515	44 071	4,81	2,4	0,1	97,6	18,7	0,5
Sudáfrica	122 104	8 917	99 640	2,28	14,8	1,0	84,2	9,5	50,1
Sudán	237 600	61 627	133 833	4,21	12,1	0,3	87,6	11,7	4,9
Swazilandia	1 720	522	1 390	1,48	12,8	0,9	86,3	36,8	39,3
Tanzania, Rep. Unida de	88 359	38 811	39 950	1,11	10,0	2,4	87,6	3,4	5,6
Togo	5 439	510	3 630	0,78	69,1	3,3	27,5	0,7	7,6
Uganda	19 710	4 190	12 312	0,51	41,4	17,1	41,5	0,1	1,1
Zambia	74 339	31 246	35 280	3,31	14,9	0,1	85,0	0,9	6,9
Zimbabwe	38 685	19 040	20 550	1,60	15,7	0,6	83,7	3,5	47,3
ECONOMÍAS DE MERCADO DESARROLLADAS	3 070 589	783 052	1 110 147	1,27	31,7	1,4	66,9	11,3	121,3
Andorra	45	...	26	0,29	3,8	0,0	96,2	0,0	0,0
Australia	768 230	154 539	455 500	23,55	11,0	0,1	88,9	4,7	49,0
Austria	8 273	3 886	3 390	0,42	41,3	2,1	56,6	0,3	162,1
Bélgica/Luxemburgo	3 282	728	1 544	0,14	54,5	1,6	43,9	4,6	343,2
Canadá	922 097	244 571	74 880	2,41	61,1	0,2	38,7	1,6	52,2
Dinamarca	4 243	455	2 676	0,50	85,7	0,3	14,1	19,4	138,3
Islas Feroe	140	...	3	0,06	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Finlandia	30 459	21 935	2 219	0,43	98,7	0,4	0,9	2,9	135,6
Francia	55 010	15 341	29 631	0,50	62,3	3,8	33,9	13,3	226,5

CUADRO A5 (continuación)

	Superficie total de las tierras (Miles de ha)	Superficie forestal y maderera (Miles de ha)	Superficie agrícola (Miles de ha)	Superficie agrícola per cápita (halpersona)	Tierras cultivables (% de la superficie agrícola)	Cultivos perennes (% de la superficie agrícola)	Pastos perennes (% de la superficie agrícola)	Superficie regada (% de la superficie cultivable+cultivos perennes)	Consumo de fertilizantes (kg/ha de superficie cultivable)
	2001	2000	2001	2001	2001	2001	2001	2001	2001
Alemania	34 895	10 740	17 033	0,21	69,4	1,2	29,4	4,0	221,1
Gibraltar	1	...	...	0,00	...	...	...	...	...
Grecia	12 890	3 599	8 502	0,80	32,0	13,3	54,7	37,1	154,4
Groenlandia	41 045	...	235	4,20	0,0	0,0	100,0	...	...
Islandia	10 025	31	2 281	8,12	0,3	0,0	99,7	0,0	3 028,6
Irlanda	6 889	659	4 399	1,15	23,8	0,0	76,2	0,0	547,3
Israel	2 062	132	566	0,09	59,7	15,2	25,1	45,8	263,3
Italia	29 411	10 003	15 355	0,27	53,2	18,3	28,5	24,6	205,7
Japón	36 450	24 081	5 199	0,04	85,5	6,7	7,8	54,8	304,6
Liechtenstein	16	7	9	0,27	44,4	0,0	55,6	0,0	0,0
Malta	32	...	10	0,03	90,0	10,0	0,0	20,0	77,8
Mónaco	...	...	...	0,00	...	...	...	...	...
Países Bajos	3 388	375	1 931	0,12	46,9	1,7	51,4	60,2	451,9
Nueva Zelanda	26 799	7 946	17 235	4,53	8,7	10,9	80,4	8,5	592,8
Noruega	30 683	8 868	1 042	0,23	84,5	0,0	15,5	14,4	217,0
Portugal	9 150	3 666	4 142	0,41	48,0	17,3	34,7	24,0	114,6
San Pedro y Miquelón	23	...	3	0,43	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0
San Marino	6	...	1	0,04	100,0	0,0	0,0	0,0	390,0
España	49 944	14 370	29 398	0,74	44,3	16,8	38,9	20,4	167,7
Suecia	41 162	27 134	3 144	0,36	85,7	0,1	14,2	4,3	106,5
Suiza	3 955	1 199	1 580	0,22	26,1	1,5	72,4	5,7	221,9
Reino Unido	24 088	2 794	16 954	0,28	33,3	0,3	66,4	1,9	337,8
Estados Unidos de América	915 896	225 993	411 259	1,44	42,6	0,5	56,9	12,7	111,9
PAÍSES EN TRANSICIÓN	2 312 223	937 169	633 631	1,54	38,9	1,1	60,0	9,8	30,7
Albania	2 740	991	1 139	0,36	50,7	10,6	38,6	48,6	32,4
Armenia	2 820	351	1 360	0,36	36,4	4,8	58,8	51,3	10,1
Azerbaiyán	8 660	1 094	4 535	0,56	37,5	5,2	57,3	75,2	7,0
Belarús	20 748	9 402	9 250	0,91	66,3	1,3	32,4	2,1	127,2
Bosnia y Herzegovina	5 073	2 273	1 850	0,45	37,3	8,1	64,9	0,4	47,2
Bulgaria	11 055	3 690	6 251	0,79	70,8	3,4	25,8	17,3	35,4
Croacia	5 592	1 783	3 149	0,68	46,3	4,0	49,6	0,3	147,5
República Checa	7 728	2 632	4 278	0,42	71,9	5,5	22,6	0,7	128,3
Estonia	4 227	2 060	890	0,65	76,2	2,1	21,7	0,6	62,3
Georgia	6 949	2 988	3 003	0,57	26,5	8,9	64,6	44,1	52,8
Hungría	9 211	1 840	5 865	0,59	78,7	3,2	18,1	4,8	70,0
Kazajstán	269 970	12 148	206 769	12,85	10,4	0,1	89,5	10,8	2,3
Kirguistán	19 180	1 003	10 758	2,16	13,0	0,6	86,4	73,1	5,0
Letonia	6 205	2 923	2 480	1,03	74,2	1,2	24,6	1,1	34,8
Lituania	6 480	1 994	3 487	0,95	84,0	1,7	14,3	0,2	55,3

CUADRO A5 (conclusión)

	Superficie total de las tierras (Miles de ha)	Superficie forestal y maderera (Miles de ha)	Superficie agrícola (Miles de ha)	Superficie agrícola per cápita (ha/persona)	Tierras cultivables (% de la superficie agrícola)	Cultivos perennes (% de la superficie agrícola)	Pastos perennes (% de la superficie agrícola)	Superficie regada (% de la superficie cultivable+ cultivos perennes)	Consumo de fertilizantes (kg/ha de superficie cultivable)
	2001	2000	2001	2001	2001	2001	2001	2001	2001
Macedonia, la ex República Yugoslava de	2 543	906	1 242	0,61	45,6	3,7	50,7	9,0	53,5
Moldova, República de	3 291	325	2 559	0,60	71,1	13,9	15,0	14,1	2,8
Polonia	30 435	9 047	18 392	0,48	76,0	1,8	22,2	0,7	111,4
Rumania	23 034	6 448	14 852	0,66	63,3	3,5	33,2	31,1	34,8
Federación de Rusia	1 688 850	851 392	216 861	1,50	57,1	0,9	42,0	3,7	12,9
Serbia y Montenegro	10 200	2 887	5 592	0,53	60,8	5,8	33,3	0,8	78,2
Eslovaquia	4 808	2 177	2 450	0,45	59,2	5,1	35,7	11,6	82,6
Eslovenia	2 012	1 107	510	0,26	33,9	5,9	60,2	1,5	418,9
Tayikistán	14 060	400	4 560	0,74	20,4	2,9	76,8	67,8	13,0
Turkmenistán	46 993	3 755	32 515	6,72	5,4	0,2	94,4	99,2	66,9
Ucrania	57 935	9 584	41 404	0,84	78,6	2,2	19,1	7,2	14,6
Uzbekistán	41 424	1 969	27 630	1,09	16,2	1,2	82,5	88,6	154,6

CUADRO A6
Indicadores comerciales (promedio de 1999-2001)

	Exportaciones agrícolas	Importaciones agrícolas	Exportaciones agrícolas como porcentaje de las exportaciones totales	Importaciones agrícolas como porcentaje de las importaciones totales	Importaciones netas de alimentos	Exportaciones agrícolas en relación con el PIB agrícola
	(Millones de \$EE.UU.)	(Millones de \$EE.UU.)	(%)	(%)	(Miles de \$EE.UU.)	(%)
A NIVEL MUNDIAL	414 219	437 650	6,9	7,1	15 934 841	33,4
PAÍSES DESARROLLADOS	289 662	306 612	6,9	6,9	13 803 974	64,1
PAÍSES EN DESARROLLO	124 558	131 039	6,9	7,7	2 130 867	18,3
ASIA Y EL PACÍFICO	51 331	60 643	4,4	5,6	2 003 351	12,1
Samoa Americana	5	21	1,5	4,0	12 868	...
Bangladesh	100	1 613	1,8	20,5	811 629	0,9
Bhután	17	20	14,0	8,4	-637	11,5
Islas Vírgenes Británicas	0	8	0,3	5,5	2 844	...
Brunei Darussalam	1	186	0,0	14,0	136 107	...
Camboya	31	353	8,2	48,3	65 552	2,5
China, RAE de Hong Kong	3 991	8 397	2,1	4,3	3 375 162	3044,3
China, RAE de Macao	40	274	1,7	12,3	112 098	...
China (continental)	11 605	9 148	5,0	4,3	-5 454 607	6,7
China, Provincia de Taiwan	1 010	5 720	0,8	4,9	2 345 745	...
Islas Cook	0	11	2,6	11,4	9 092	...
Fiji	164	111	28,6	13,2	-54 902	63,6
Polinesia Francesa	8	277	2,2	18,8	237 743	4,2
Guam	0	55	0,1	11,4	36 900	...
India	4 958	3 634	11,8	7,3	-2 701 894	4,7
Indonesia	4 817	4 292	8,4	14,3	934 484	18,7
Kiribati	2	13	38,4	34,6	9 258	...
Corea, Rep. Pop. Dem. de	26	379	2,7	29,1	278 675	...
Corea, Rep. de	1 609	7 963	1,0	5,7	3 806 767	7,9
Lao, Rep. Dem. Pop.	32	75	10,2	13,9	9 124	3,8
Malasia	6 151	3 851	6,9	5,3	1 381 494	77,2
Maldivas	0	71	0,1	18,0	56 571	...
Islas Marshall	1	0	...	...	-18	11,9
Micronesia, Estados Federados de	4	15	16,6	23,7	11 330	...
Mongolia	93	76	26,1	14,4	30 679	29,2
Myanmar	362	342	22,1	13,9	-177 903	...
Nauru	...	1	...	6,7	912	...
Nepal	60	244	9,5	17,2	71 417	3,0
Nueva Caledonia	3	127	0,4	8,8	88 984	...
Niue	0	1	77,7	8,8	178	...
Isla Norfolk	1	3	32,2	11,1	1 329	...
Pakistán	1 093	1 868	12,6	18,4	-23 013	7,6
Papua Nueva Guinea	324	183	16,6	18,3	5 462	35,8
Filipinas	1 447	2 569	4,0	7,9	1 229 989	12,1
Samoa	5	16	34,6	14,1	12 494	14,9

CUADRO A6 (continuación)

	Exportaciones agrícolas	Importaciones agrícolas	Exportaciones agrícolas como porcentaje de las exportaciones totales	Importaciones agrícolas como porcentaje de las importaciones totales	Importaciones netas de alimentos	Exportaciones agrícolas en relación con el PIB agrícola
	(Millones de \$EE.UU.)	(Millones de \$EE.UU.)	(%)	(%)	(Miles de \$EE.UU.)	(%)
Singapur	2 829	4 070	2,3	3,5	1 238 978	2 433,3
Islas Salomón	41	24	54,2	26,4	16 235	...
Sri Lanka	968	753	19,6	11,9	-223 728	34,1
Tailandia	7 285	2 643	11,6	4,6	-4 224 055	58,8
Tímor-Leste	0	1	...	...	1 233	...
Tonga	11	21	59,4	28,3	8 993	20,3
Tuvalu	0	1	0,0	21,2	1 140	...
Vanuatu	17	18	65,2	19,4	6 496	44,2
Viet Nam	2 219	1 193	16,5	8,5	-1 485 349	29,4
Islas Wallis y Futuna	0	1	7,1	4,5	1 493	...
AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE	50 087	28 148	19,2	9,2	-15 959 752	43,0
Antigua y Barbuda	0	32	0,5	4,8	25 342	1,9
Argentina	10 883	1 292	42,9	5,5	-6 446 597	85,5
Aruba	13	67	0,7	2,9	45 790	...
Bahamas	45	334	1,7	20,0	249 130	...
Barbados	70	156	26,5	14,1	65 871	55,1
Belice	125	53	65,4	12,5	-80 292	91,9
Bermuda	0	93	0,0	2,5	66 752	...
Bolivia	402	233	33,0	13,1	-77 511	36,7
Brasil	14 215	3 865	26,5	6,9	-7 339 680	39,5
Islas Caimán	...	59	...	11,8	40 475	...
Chile	2 933	1 181	16,9	7,1	-1 109 132	54,8
Colombia	2 890	1 431	23,5	12,3	-1 171 932	27,9
Costa Rica	1 686	451	29,8	7,3	-1 138 468	119,0
Cuba	683	720	41,3	15,3	46 524	...
Dominica	22	30	42,3	23,7	-123	55,1
República Dominicana	539	555	63,4	9,5	168 736	24,6
Ecuador	1 469	392	31,6	9,9	-929 201	88,7
El Salvador	520	662	18,7	14,0	32 630	40,1
Islas Malvinas (Falkland)	2	0	...	...	0	...
Granada	22	34	35,4	14,9	9 334	81,7
Guatemala	1 449	677	56,7	13,7	-717 225	32,9
Guyana	191	55	37,6	6,8	-136 063	99,5
Haití	27	362	8,6	35,4	266 593	...
Honduras	488	415	38,2	14,6	-73 931	64,4
Jamaica	262	409	17,4	13,5	143 407	51,6
México	7 413	9 714	9,2	9,3	1 207 431	33,6
Montserrat	0	5	1,6	24,6	3 231	...
Antillas Neerlandesas	15	138	0,9	6,5	94 062	...
Nicaragua	365	290	62,1	16,1	-90 686	...
Panamá	313	396	38,4	12,1	60 576	45,5

CUADRO A6 (continuación)

	Exportaciones agrícolas	Importaciones agrícolas	Exportaciones agrícolas como porcentaje de las exportaciones totales	Importaciones agrícolas como porcentaje de las importaciones totales	Importaciones netas de alimentos	Exportaciones agrícolas en relación con el PIB agrícola
	(Millones de \$EE.UU.)	(Millones de \$EE.UU.)	(%)	(%)	(Miles de \$EE.UU.)	(%)
Paraguay	674	426	69,2	15,0	-36 236	42,8
Perú	681	1 002	10,2	12,9	186 027	16,4
Saint Kitts y Nevis	11	20	26,6	11,8	4 396	127,7
Santa Lucía	34	73	57,5	19,3	34 435	80,0
San Vicente y las Granadinas	34	32	73,7	19,6	-5 713	115,2
Suriname	65	110	17,2	23,1	11 706	80,4
Trinidad y Tabago	220	316	6,2	10,0	128 624	160,8
Uruguay	981	389	44,6	11,8	-561 344	80,3
Venezuela	344	1 678	1,4	10,4	1 063 309	6,1
CERCANO ORIENTE Y ÁFRICA DEL NORTE	11 235	31 908	3,7	13,6	16 320 023	11,4
Afganistán	55	225	47,4	38,3	145 238	...
Argelia	28	2 570	0,2	25,0	2 267 586	0,6
Bahrein	29	388	0,6	9,1	291 901	...
Chipre	429	676	43,9	17,6	184 070	...
Egipto	571	3 447	10,7	22,0	2 348 862	3,8
Irán, República Islámica del	1 032	2 736	4,3	18,0	1 241 800	5,2
Iraq	8	1 577	0,1	50,6	1 311 372	...
Jordania	303	834	15,2	19,3	495 608	186,2
Kuwait	47	1 180	0,3	15,7	1 012 899	...
Líbano	149	1 162	19,7	17,7	800 237	7,8
Jamahiriyá Árabe Libia	41	796	0,5	18,1	616 486	...
Marruecos	760	1 618	10,6	14,6	549 618	15,0
Omán	418	1 138	4,2	22,0	430 137	...
Territorio Palestino Ocupado	94	590	24,0	23,0	412 139	...
Qatar	9	300	0,1	10,5	251 428	...
Arabia Saudita	402	4 816	0,6	16,2	3 819 394	...
República Árabe Siria	1 494	1 664	33,6	41,6	361 070	36,5
Túnez	487	784	8,0	8,8	380 164	19,7
Turquía	3 975	2 769	14,0	6,1	-2 099 958	17,0
Emiratos Árabes Unidos	895	2 382	1,2	5,0	1 275 501	...
Yemen	71	812	2,4	36,8	632 845	5,3
ÁFRICA SUBSAHARIANA	11 905	10 340	13,6	12,7	-232 755	21,9
Angola	3	383	0,1	15,3	227 648	0,5
Benin	176	127	45,5	18,9	89 393	20,6
Botswana	117	376	4,4	17,3	205 818	87,0
Burkina Faso	118	184	56,4	31,6	110 133	12,6

CUADRO A6 (continuación)

	Exportaciones agrícolas	Importaciones agrícolas	Exportaciones agrícolas como porcentaje de las exportaciones totales	Importaciones agrícolas como porcentaje de las importaciones totales	Importaciones netas de alimentos	Exportaciones agrícolas en relación con el PIB agrícola
	(Millones de \$EE.UU.)	(Millones de \$EE.UU.)	(%)	(%)	(Miles de \$EE.UU.)	(%)
Burundi	38	19	78,2	14,1	-20 062	11,8
Camerún	456	240	26,4	17,5	-108 141	12,1
Cabo Verde	0	80	2,4	31,9	59 951	0,4
República Centrafricana	23	32	11,0	21,7	12 952	4,7
Chad	96	47	51,1	11,7	-19 757	16,8
Comoras	6	18	38,1	31,2	9 494	6,7
Congo, Rep. Democrática del	36	179	8,1	36,7	118 803	1,4
Congo, Rep. del	20	122	1,0	20,8	78 851	11,1
Côte d'Ivoire	2 027	617	49,1	15,1	-1 163 584	77,5
Djibouti	3	124	20,5	77,2	48 145	19,6
Guinea Ecuatorial	8	12	1,9	43,7	578	7,0
Eritrea	2	44	8,5	8,6	38 739	1,8
Etiopía	319	207	62,8	14,3	-45 341	10,5
Gabón	8	141	0,3	16,6	100 418	2,5
Gambia	12	76	32,3	39,5	62 629	9,4
Ghana	464	363	28,2	12,2	-146 871	21,7
Guinea	10	153	1,5	17,2	108 630	1,3
Guinea-Bissau	65	35	95,3	48,2	-35 895	53,0
Kenya	986	464	52,5	13,8	-481 954	51,3
Lesotho	7	158	3,1	21,6	126 895	5,4
Liberia	71	71	14,2	17,8	50 864	...
Madagascar	105	92	22,4	14,0	-22 929	9,6
Malawi	442	55	96,6	10,1	-57 403	78,3
Malí	222	122	37,5	15,1	18 863	22,8
Mauritania	34	181	9,6	51,0	100 680	17,3
Mauricio	308	282	19,6	13,6	-80 033	116,0
Mozambique	49	218	12,5	17,3	128 812	5,6
Namibia	162	199	13,8	15,0	59 996	48,0
Níger	72	130	27,0	34,9	24 023	9,4
Nigeria	393	1 369	2,3	14,3	810 921	3,6
Rwanda	41	71	65,2	31,0	13 017	5,4
Santo Tomé y Príncipe	4	10	31,5	20,4	2 080	44,2
Senegal	138	469	14,3	28,2	341 898	16,7
Seychelles	1	49	0,8	11,5	34 227	7,6
Sierra Leona	8	133	33,3	42,4	108 631	2,5
Somalia	59	75	44,3	24,5	7 839	...
Sudáfrica	2 218	1 337	7,8	4,9	-720 989	61,4
Santa Elena	...	3	...	35,3	2 224	...
Sudán	344	317	27,6	20,8	74 068	7,7

CUADRO A6 (continuación)

	Exportaciones agrícolas	Importaciones agrícolas	Exportaciones agrícolas como porcentaje de las exportaciones totales	Importaciones agrícolas como porcentaje de las importaciones totales	Importaciones netas de alimentos	Exportaciones agrícolas en relación con el PIB agrícola
	(Millones de \$EE.UU.)	(Millones de \$EE.UU.)	(%)	(%)	(Miles de \$EE.UU.)	(%)
Swazilandia	307	197	36,4	20,6	-142 415	192,5
Tanzanía, Rep. Unida de	501	330	78,0	20,6	-102 260	13,3
Togo	89	56	27,0	12,1	6 285	17,4
Uganda	279	146	56,9	10,2	-127 113	14,0
Zambia	118	90	11,5	13,8	-4 797	17,4
Zimbabwe	940	135	43,3	6,7	-136 713	80,0
ECONOMÍAS DE MERCADO DESARROLLADAS	268 446	276 466	6,9	6,7	7 197 142	74,5
Australia	15 255	2 978	26,3	4,8	-8 637 468	117,2
Austria	3 526	4 550	9,4	6,3	906 708	89,8
Bélgica	11 451	9 692	9,3	8,4	-2 196 410	381,2
Canadá	15 880	11 443	6,2	5,1	-3 353 346	...
Dinamarca	9 023	4 424	17,6	9,7	-4 225 597	237,2
Islas Feroe	12	63	2,4	13,2	44 467	...
Finlandia	1 025	1 911	2,3	5,8	735 856	26,1
Francia	33 735	23 896	10,4	7,4	-5 381 690	95,4
Alemania	23 781	34 620	4,3	7,1	7 206 117	111,1
Grecia	2 669	3 311	24,9	11,3	1 034 042	35,0
Groenlandia	2	61	0,7	16,9	45 211	...
Islandia	30	186	1,5	7,6	120 779	...
Irlanda	6 428	3 408	8,4	6,9	-2 737 946	212,8
Israel	1 019	1 839	3,6	5,5	644 526	...
Italia	15 737	21 512	6,6	9,3	3 665 513	54,1
Japón	1 899	35 334	0,5	10,3	23 729 602	2,5
Luxemburgo	330	667	5,3	8,5	204 431	160,3
Malta	50	259	2,4	8,7	175 318	...
Países Bajos	30 016	17 772	13,2	8,5	-7 350 170	329,9
Nueva Zelanda	5 980	1 115	48,0	8,4	-4 184 616	...
Noruega	427	1 873	0,8	5,6	1 029 836	15,3
Portugal	1 443	4 015	5,9	10,2	2 198 608	39,7
España	14 179	11 208	12,9	7,8	-3 517 018	72,4
San Pedro y Miquelón	0	1	0,5	1,5	212	...
Suecia	1 861	4 067	2,3	6,0	1 766 723	51,3
Suiza	2 140	4 827	2,6	5,9	1 464 504	...
Reino Unido	15 256	27 054	5,5	8,1	11 579 711	111,2
Estados Unidos de América	55 293	44 380	7,5	3,8	-7 770 761	38,2
PAÍSES EN TRANSICIÓN	15 310	24 732	5,7	9,8	7 502 668	24,0
Albania	19	268	6,8	22,6	199 894	1,0
Armenia	33	335	10,9	38,7	282 221	6,7
Azerbaiyán	73	216	5,2	18,0	164 178	8,5

CUADRO A6 (conclusión)

	Exportaciones agrícolas	Importaciones agrícolas	Exportaciones agrícolas como porcentaje de las exportaciones totales	Importaciones agrícolas como porcentaje de las importaciones totales	Importaciones netas de alimentos	Exportaciones agrícolas en relación con el PIB agrícola
	(Millones de \$EE.UU.)	(Millones de \$EE.UU.)	(%)	(%)	(Miles de \$EE.UU.)	(%)
Belarús	534	912	7,7	11,8	163 798	37,9
Bosnia y Herzegovina	43	456	...	...	318 602	6,9
Bulgaria	537	354	11,8	5,6	-60 036	31,7
Croacia	394	701	8,8	8,8	308 511	25,3
República Checa	1 242	1 856	4,4	6,1	459 019	58,6
Estonia	274	574	7,6	12,1	177 574	92,9
Georgia	73	211	24,8	33,0	162 186	11,6
Hungría	2 276	1 025	8,2	3,3	-1 156 540	...
Kazajstán	551	437	7,3	8,9	-134 466	32,5
Kirguistán	106	80	22,2	14,7	20 102	22,0
Letonia	160	678	8,6	21,2	349 055	57,2
Lituania	452	474	12,0	8,6	-66 253	57,9
Macedonia, la ex República Yugoslava de	210	245	13,5	17,8	125 045	58,0
Moldova, República de	320	94	63,8	11,9	-75 924	100,5
Polonia	2 558	3 166	8,1	6,6	92 519	47,8
Rumania	433	1 005	4,4	7,7	448 662	9,2
Federación de Rusia	935	7 952	1,0	22,9	5 200 734	6,0
Serbia y Montenegro	293	355	17,5	9,4	20 304	...
Eslovaquia	443	889	3,9	6,9	291 505	54,8
Eslovenia	306	773	3,4	7,6	328 167	48,0
Tayikistán	102	132	14,4	19,6	94 914	36,9
Turkmenistán	130	173	7,4	10,1	141 242	10,9
Ucrania	1 847	954	13,4	6,9	-609 118	40,2
Uzbekistán	969	418	29,8	13,6	256 775	23,3

CUADRO A7
Indicadores económicos

	Recuento de la pobreza nacional	PNB per cápita	PIB	PIB per cápita	PIB per cápita, PPP	Agricultura, valor añadido		Agricultura, valor añadido por trabajador	
	(% de población)	(Dólares EE.UU. corrientes)	(Crecimiento porcentual anual)	(Crecimiento porcentual anual)	(Dólares EE.UU. corrientes)	(% del PIB)	(Crecimiento porcentual anual)	(Dólares EE.UU. constantes de 1995)	(Crecimiento porcentual anual)
	Último año	2001	1990-2001	1990-2001	2001	2001	1990-2001	2001	1990-2001
A NIVEL MUNDIAL	...	5 232	2,6	3,2	7 600	6,2	2,2	791	2,4
PAÍSES DESARROLLADOS	...	19 766	2,2	0,5	21 468	2,6	1,2	7 794	2,5
PAÍSES EN DESARROLLO	...	1 274	4,6	3,9	3 842	11,9	3,0	600	2,4
ASIA Y EL PACÍFICO	...	928	6,4	5,3	3 532	13,4	3,0	459	2,7
Bangladesh	33,7	380	5,0	3,1	1 613	23,3	3,8	322	2,7
Bhután	...	560	6,6	3,5	...	35,4	3,6	159	1,6
Brunei Darussalam	...	...	2,2	-0,7	...	...	2,6	...	9,2
Camboya	36,1	280	5,1	2,3	1 591	36,9	2,0	363	-0,7
China, RAE de Hong Kong	...	25 780	4,0	2,5	25 393	0,1	...	...	...
China, RAE de Macao	...	14 380	3,0	1,3	18 974	...	...	...	...
China (continental)	4,6	890	9,1	8,2	4 135	15,2	4,0	342	3,6
Fiji	...	2 140	2,7	1,7	5 105	...	2,2	...	0,6
Polinesia Francesa	...	...	2,4	0,6	...	...	...	...	...
India	28,6	470	5,6	3,7	2 493	25,0	3,0	407	1,6
Indonesia	27,1	680	4,5	3,0	3 020	17,0	2,0	749	0,8
Kiribati	...	830	2,3	0,0	...	...	3,3	...	2,9
Corea, Rep. de	...	9 490	6,1	5,2	15 528	4,3	1,8	14 743	6,1
Lao, Rep. Dem. Popular	38,6	300	6,3	3,7	1 641	50,9	5,0	624	2,6
Malasia	15,5	3 400	6,3	4,0	8 725	8,5	0,5	7 074	1,7
Maldivas	...	2 120	5,8	3,3	...	...	2,6	2 172	3,5
Islas Marshall	...	2 270	-0,2	-1,9	...	...	...	...	...
Micronesia, Estados Federados de	...	1 950	1,7	-0,5	...	...	...	...	...
Mongolia	36,3	410	0,1	-1,2	1 572	31,5	2,1	1 455	2,1
Myanmar	...	...	...	5,5	...	...	...	...	...
Nepal	42,0	250	5,0	2,5	1 328	39,1	3,0	204	0,8
Nueva Caledonia	...	...	1,8	-0,6	...	...	...	...	...
Pakistán	32,6	420	3,8	1,3	1 916	25,0	3,8	699	2,1
Palau	...	6 780	1,3	-0,8	...	3,9	...	...	...
Papua Nueva Guinea	37,5	580	3,6	0,9	2 238	26,4	3,4	793	1,3
Filipinas	36,8	1 030	3,0	0,7	3 919	15,1	1,9	1 462	0,7
Samoa	...	1 440	4,8	3,8	5 345	...	1,6	1 800	3,1
Singapur	...	21 100	6,5	3,8	22 456	0,1	-3,7	41 626	4,1
Islas Salomón	...	610	0,6	-2,7	1 614	...	...	...	...

CUADRO A7 (continuación)

	Recuento de la pobreza nacional	PNB per cápita	PIB	PIB per cápita	PIB per cápita, PPP	Agricultura, valor añadido		Agricultura, valor añadido por trabajador	
	(% de población)	(Dólares EE.UU. corrientes)	(Crecimiento porcentual anual)	(Crecimiento porcentual anual)	(Dólares EE.UU. corrientes)	(% del PIB)	(Crecimiento porcentual anual)	(Dólares EE.UU. constantes de 1995)	(Crecimiento porcentual anual)
	Último año	2001	1990-2001	1990-2001	2001	2001	1990-2001	2001	1990-2001
Sri Lanka	25,0	870	4,6	3,4	3 234	19,5	2,1	717	0,8
Tailandia	13,1	1 960	4,6	3,8	6 452	8,5	1,1	854	0,5
Timor-Leste	...	520	...	2,3	...	...	...	...	...
Tonga	...	1 490	2,4	1,9	6 272	...	2,9	3 100	4,5
Vanuatu	...	1 110	2,4	-0,5	2 871	...	6,0	...	4,8
Viet Nam	50,9	410	7,3	5,5	2 103	23,6	3,9	258	2,4
AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE	...	3 750	2,9	1,3	7 498	7,6	2,5	3 675	2,6
Antigua y Barbuda	...	9 150	3,0	2,4	10 319	4,0	1,9	2 645	3,2
Argentina	...	6 950	3,2	1,9	11 544	4,8	3,4	10 375	3,5
Bahamas	...	...	1,9	0,0	...	...	...	...	...
Barbados	...	9 750	1,5	1,0	16 024	5,5	0,2	17 491	3,4
Belice	...	2 940	5,1	2,6	5 786	22,7	7,3	6 179	4,7
Bermuda	...	...	1,3	...	...	...	...	...	...
Bolivia	62,7	950	3,5	1,2	2 338	15,7	2,9	747	0,8
Brasil	17,4	3 060	2,1	0,6	7 571	9,2	3,0	5 103	4,4
Chile	17,0	4 600	5,7	4,4	9 354	8,8	3,4	6 412	2,6
Colombia	17,7	1 890	2,6	0,7	6 050	13,0	0,1	3 657	-0,2
Costa Rica	22,0	3 970	4,7	2,4	8 543	9,0	3,7	5 322	2,9
Cuba	...	...	...	3,9	...	...	...	...	...
Dominica	...	3 280	1,4	1,5	5 331	17,5	-1,1	4 368	0,9
República Dominicana	28,6	2 230	5,0	3,0	5 998	11,4	3,3	3 393	4,2
Ecuador	35,0	...	8,8	6,4	...	9,0	3,1	...	...
El Salvador	48,3	2 040	4,2	2,2	4 614	9,5	1,5	1 656	0,4
Granada	...	3 610	3,3	2,4	6 851	8,2	-1,3	2 221	-0,6
Guatemala	57,9	1 690	3,9	1,2	3 894	22,3	2,8	2 104	0,7
Guyana	43,2	840	3,1	2,6	4 109	31,3	4,5	4 267	4,5
Haití	...	480	-0,4	-2,5	1 611	...	...	...	...
Honduras	53,0	910	3,0	0,2	2 508	13,7	2,1	1 007	1,2
Jamaica	18,7	2 800	0,9	0,2	3 754	6,4	2,3	1 535	3,0
México	...	5 560	3,4	1,7	8 738	4,3	1,9	1 832	1,7
Nicaragua	47,9	...	2,5	-0,3	...	...	4,3	...	3,9
Panamá	37,3	3 920	4,8	3,1	6 146	7,0	2,7	3 308	2,4
Paraguay	21,8	1 380	2,1	-0,3	4 643	21,4	1,9	3 324	0,1
Perú	49,0	1 990	3,1	1,2	4 699	8,5	4,3	1 843	2,7
Puerto Rico	...	10 950	4,2	3,4	24 268	0,7	...	...	...
Saint Kitts y Nevis	...	6 630	3,9	3,3	11 483	2,9	0,9	2 742	2,3
Santa Lucía	...	3 950	3,5	2,2	5 350	6,6	-1,5	1 945	-3,6
San Vicente y las Granadinas	...	2 770	2,3	1,5	5 356	10,3	2,6	2 505	1,3

CUADRO A7 (continuación)

	Recuento de la pobreza nacional	PNB per cápita	PIB	PIB per cápita	PIB per cápita, PPP	Agricultura, valor añadido		Agricultura, valor añadido por trabajador	
	(% de población)	(Dólares EE.UU. corrientes)	(Crecimiento porcentual anual)	(Crecimiento porcentual anual)	(Dólares EE.UU. corrientes)	(% del PIB)	(Crecimiento porcentual anual)	(Dólares EE.UU. constantes de 1995)	(Crecimiento porcentual anual)
	Último año	2001	1990-2001	1990-2001	2001	2001	1990-2001	2001	1990-2001
Suriname	...	1 810	2,7	2,0	...	11,3	3,5	2 241	2,5
Trinidad y Tabago	21,0	5 950	3,3	2,4	8 914	1,6	4,7	3 198	4,8
Uruguay	...	6 000	2,2	1,5	12 801	6,4	1,4	8 050	1,4
Venezuela	31,3	4 730	2,5	0,2	5 763	5,0	1,3	5 499	2,0
CERCANO ORIENTE Y ÁFRICA DEL NORTE	...	2 276	3,6	1,3	5 284	14,9	4,0	2 008	2,1
Argelia	22,6	1 660	1,8	-0,2	5 328	9,8	4,8	2 013	1,1
Bahrein	...	11 130	4,8	2,5	16 593	...	...	...	...
Chipre	...	12 320	4,4	3,4	17 725	...	...	...	...
Egipto	16,7	1 530	4,5	2,4	3 600	16,8	3,7	1 405	2,9
Irán, República Islámica del	...	1 690	4,7	3,1	6 094	18,6	4,4	3 791	3,3
Iraq	...	...	...	-42,6	...	...	...	...	...
Jordania	11,7	1 750	4,6	0,5	3 957	2,1	5,6	0	-9,9
Kuwait	...	18 270	5,2	1,4	16 328	...	...	...	...
Líbano	...	4 000	7,1	6,1	4 217	12,0	2,2	30 832	5,8
Marruecos	19,0	1 190	3,1	1,1	3 628	15,8	11,2	1 624	4,8
Omán	...	7 720	4,7	1,4	13 247	...	...	...	...
Territorio Palestino Ocupado	...	...	2,0	...	...	...	-6,0	...	...
Arabia Saudita	...	8 460	2,6	-0,3	11 516	...	...	...	...
República Árabe Siria	...	1 040	4,8	2,0	3 332	22,5	6,5	2 669	4,1
Túnez	7,6	2 070	5,0	3,4	6 501	11,6	5,5	3 088	3,9
Turquía	...	2 420	3,2	1,2	5 790	13,8	1,3	1 796	0,3
Emiratos Árabes Unidos	...	...	3,8	-1,5	...	...	-6,1	...	...
Yemen	41,8	460	5,1	1,4	779	14,6	4,8	392	1,8
ÁFRICA SUBSAHARIANA	...	482	2,4	0,0	1 744	17,1	3,0	360	1,1
Angola	...	500	1,8	-1,3	1 815	8,0	2,3	147	-0,5
Benin	33,0	380	4,7	1,8	998	35,5	5,3	627	3,8
Botswana	...	3 100	5,7	2,9	7 954	2,4	-0,5	580	-2,3
Burkina Faso	45,3	220	4,3	1,8	976	38,2	3,9	185	1,8
Burundi	36,2	100	-0,7	-3,0	602	50,0	0,3	152	-0,9
Camerún	...	580	1,4	-1,0	1 688	42,7	4,8	1 242	3,3
Cabo Verde	...	1 320	5,4	2,8	4 657	11,0	4,2	2 646	2,8
República Centrafricana	...	260	1,6	-0,7	1 155	55,4	3,6	511	2,5
Chad	64,0	200	3,0	-0,1	928	38,6	5,1	213	2,5
Comoras	...	380	1,4	-1,2	1 601	40,9	3,7	509	0,6

CUADRO A7 (continuación)

	Recuento de la pobreza nacional	PNB per cápita	PIB	PIB per cápita	PIB per cápita, PPP	Agricultura, valor añadido		Agricultura, valor añadido por trabajador	
	(% de población)	(Dólares EE.UU. corrientes)	(Crecimiento porcentual anual)	(Crecimiento porcentual anual)	(Dólares EE.UU. corrientes)	(% del PIB)	(Crecimiento porcentual anual)	(Dólares EE.UU. constantes de 1995)	(Crecimiento porcentual anual)
	Último año	2001	1990-2001	1990-2001	2001	2001	1990-2001	2001	1990-2001
Congo, Rep. Dem. del	...	80	-5,6	-8,1	629	56,3	0,6	204	-1,7
Congo, Rep. del	...	650	1,8	-1,2	991	5,9	1,5	499	0,4
Côte d'Ivoire	36,8	640	2,3	-0,8	1 557	23,5	3,3	1 085	2,2
Djibouti	45,1	890	-0,8	-3,8	2 018	...	0,7	...	-1,1
Guinea Ecuatorial	...	700	22,1	16,1	23 086	8,5	6,7	953	4,1
Eritrea	53,0	160	5,8	3,0	888	18,7	9,2	80	5,4
Etiopía	44,2	100	4,4	2,6	701	52,3	3,4	150	1,1
Gabón	...	3 160	2,7	-0,2	6 066	7,6	-0,1	2 157	0,8
Gambia	64,0	320	3,8	0,3	1 761	39,6	6,6	326	2,6
Ghana	31,4	290	4,2	1,7	1 985	35,9	3,0	574	0,4
Guinea	40,0	420	3,9	1,3	1 977	24,4	3,8	274	1,5
Guinea-Bissau	48,7	160	2,7	-0,2	860	56,2	3,9	323	1,8
Kenya	42,0	350	1,9	-0,7	996	19,0	1,0	212	-1,8
Lesotho	49,2	530	4,1	2,2	2 131	16,3	1,4	540	-0,4
Liberia	...	140	5,8	4,0	...	...	12,9	...	6,4
Madagascar	71,3	260	2,5	-0,5	848	29,8	2,0	156	-0,2
Malawi	65,3	160	3,6	1,4	582	34,0	8,7	116	5,8
Malí	...	230	3,6	1,0	824	37,8	2,2	265	0,2
Mauritania	46,3	360	3,8	0,7	1 727	20,9	4,0	492	1,7
Mauricio	10,6	3 850	5,4	4,2	10 090	6,3	1,7	6 015	3,2
Mozambique	69,4	210	6,8	4,0	...	23,2	4,3	139	1,5
Namibia	...	1 960	4,1	1,5	6 274	11,3	5,2	1 672	4,5
Niger	63,0	180	2,2	-1,2	772	40,6	3,8	208	0,4
Nigeria	34,1	290	3,1	0,3	871	34,6	3,5	742	3,2
Rwanda	51,2	240	3,9	0,5	1 143	40,5	5,4	259	2,3
Santo Tomé y Príncipe	...	280	2,0	-0,5	...	20,0	3,9	396	3,2
Senegal	33,4	480	3,9	1,1	1 528	17,9	3,4	354	1,1
Seychelles	...	6 530	1,7	0,1	...	2,9	0,6	749	-0,9
Sierra Leona	68,0	130	-2,5	-4,8	480	50,1	-5,6	360	-5,4
Somalia	...	...	...	-8,1	...	...	...	...	...
Sudáfrica	...	2 840	1,8	-0,1	9 916	3,2	1,6	3 987	1,7
Sudán	...	340	5,2	2,7	1 735	38,9	...	...	...
Swazilandia	40,0	1 300	3,4	0,4	4 405	16,8	1,2	1 933	0,2
Tanzania, Rep. Unida de	41,6	...	3,6	0,8	532	44,8	3,4	190	0,9
Togo	32,3	270	1,7	-1,2	1 438	39,4	3,3	528	1,2
Uganda	55,0	260	6,3	3,2	1 291	36,4	4,0	350	1,8
Zambia	72,9	320	1,2	-1,4	790	22,1	6,1	190	2,5
Zimbabwe	34,9	...	1,4	-1,0	2 322	17,6	3,8	331	2,1

CUADRO A7 (continuación)

	Recuento de la pobreza nacional	PNB per cápita	PIB	PIB per cápita	PIB per cápita, PPP	Agricultura, valor añadido		Agricultura, valor añadido por trabajador	
	(% de población)	(Dólares EE.UU. corrientes)	(Crecimiento porcentual anual)	(Crecimiento porcentual anual)	(Dólares EE.UU. corrientes)	(% del PIB)	(Crecimiento porcentual anual)	(Dólares EE.UU. constantes de 1995)	(Crecimiento porcentual anual)
	Último año	2001	1990-2001	1990-2001	2001	2001	1990-2001	2001	1990-2001
ECONOMÍAS DE MERCADO DESARROLLADAS	...	28 095	2,3	1,7	28 363	2,1	1,4	31 833	4,4
Australia	...	19 930	3,4	2,1	26 864	...	3,2	...	3,1
Austria	...	23 940	2,4	1,9	28 150	2,3	3,3	33 117	6,8
Bélgica	...	23 850	2,2	1,9	26 412	1,5	2,1	15 800	0,2
Canadá	...	21 930	2,7	1,5	27 883	...	1,1	...	3,8
Dinamarca	...	30 600	2,1	1,7	29 386	2,8	2,1	61 056	5,8
Finlandia	...	23 780	2,2	1,6	25 333	3,5	1,0	42 240	4,9
Francia	...	22 730	2,0	1,5	25 749	2,9	1,8	60 468	6,1
Alemania	...	23 560	1,7	1,4	26 146	1,3	1,6	34 591	6,3
Grecia	...	11 430	2,4	1,9	17 406	...	0,6	...	2,5
Islandia	...	28 910	2,8	1,7	29 715	...	-1,3	48 455	-0,2
Irlanda	...	22 850	7,8	6,5	32 397	...	...	...	...
Israel	...	...	5,2	2,3	...	...	...	...	...
Italia	...	19 390	1,7	1,4	25 181	2,8	1,2	27 572	5,7
Japón	...	35 610	1,6	1,3	25 672	...	-2,9	...	2,1
Luxemburgo	...	39 840	5,2	3,9	56 022	...	3,9	...	...
Malta	...	9 200	4,4	3,7	16 817	...	...	...	...
Países Bajos	...	24 330	2,9	2,2	27 228	...	3,0	...	5,3
Nueva Zelanda	...	13 250	2,7	1,6	20 204	...	4,4	...	4,0
Noruega	...	35 620	3,1	2,5	35 433	...	2,6	...	5,0
Portugal	...	10 900	2,8	2,7	17 595	3,8	0,0	7 593	3,0
España	...	14 300	2,8	2,3	20 279	3,6	1,6	23 135	5,6
Suecia	...	25 400	1,8	1,3	24 924	1,7	0,1	37 609	3,0
Suiza	...	38 330	1,2	0,4	28 204	...	...	...	...
Reino Unido	...	25 120	2,3	2,0	25 141	1,0	-0,7	31 160	0,7
Estados Unidos de América	...	34 400	3,0	1,7	34 322	...	4,8	...	6,0
PAÍSES EN TRANSICIÓN	...	1 940	-1,6	-1,9	6 713	8,2	-0,9	2 417	1,4
Albania	...	1 340	2,0	1,4	3 738	34,2	4,8	2 160	5,6
Armenia	55,0	700	-1,0	0,1	2 598	27,7	1,4	5 893	4,4
Azerbaiyán	68,1	650	-0,7	-1,8	2 824	17,3	-0,3	840	-0,9
Belarús	41,9	1 300	-0,2	-0,2	5 052	10,7	-2,9	2 346	1,6
Bosnia y Herzegovina	19,5	1 270	21,2	22,3	5 345	14,3	8,2	...	14,0
Bulgaria	...	1 670	-1,9	-0,9	6 625	13,9	2,9	8 624	8,4
Croacia	...	4 410	-0,4	0,2	9 462	9,7	-2,2	10 172	5,1
República Checa	...	5 320	0,6	1,8	14 495	4,2	7,7	6 167	2,5
Estonia	8,9	3 870	-1,0	-0,2	10 959	5,9	-5,6	4 202	0,5
Georgia	11,1	600	-9,6	-6,8	2 053	22,1	...	...	...
Hungría	17,1	4 830	1,0	0,9	12 656	...	-3,4	...	-0,3
Kazajstán	34,6	1 340	-2,3	-1,4	5 225	9,0	-2,2	1 842	-3,0
Kirguistán	64,1	280	-1,9	-2,8	1 598	37,3	2,2	1 727	3,5

CUADRO A7 (conclusión)

	Recuento de la pobreza nacional	PNB per cápita	PIB	PIB per cápita	PIB per cápita, PPP	Agricultura, valor añadido		Agricultura, valor añadido por trabajador	
	(% de población)	(Dólares EE.UU. corrientes)	(Crecimiento porcentual anual)	(Crecimiento porcentual anual)	(Dólares EE.UU. corrientes)	(% del PIB)	(Crecimiento porcentual anual)	(Dólares EE.UU. constantes de 1995)	(Crecimiento porcentual anual)
	Último año	2001	1990-2001	1990-2001	2001	2001	1990-2001	2001	1990-2001
Letonia	...	3 260	-2,4	-1,5	8 241	4,5	-5,2	2 885	0,0
Lituania	...	3 340	-1,9	-1,2	9 324	7,1	1,4	3 153	5,6
Macedonia, la ex República Yugoslava de	...	1 700	-0,4	-1,0	6 232	11,8	0,9	4 090	2,6
Moldova, República de	23,3	4 00	-8,1	-7,1	1 346	26,0	-7,3	1 778	-5,7
Polonia	23,8	4 340	3,7	3,4	10 021	3,6	-0,1	1 616	1,4
Rumania	21,5	1 710	-1,4	-1,2	6 024	15,0	3,1	3 938	7,7
Federación de Rusia	30,9	1 750	-3,3	-2,9	7 653	6,7	-2,9	2 950	-0,6
Eslovaquia	...	3 760	0,7	1,7	11 781	4,1	1,0	...	5,7
Eslovenia	...	9 760	2,3	2,1	17 137	3,1	-0,7	39 351	10,7
Tayikistán	...	180	-7,2	-7,3	850	29,4	-5,0	...	-1,4
Turkmenistán	...	950	0,5	-2,7	4 104	28,8	3,5	1 787	3,1
Ucrania	31,7	720	-7,1	-5,9	4 459	16,6	-4,5	1 715	1,5
Uzbekistán	...	550	0,6	-1,2	1 561	34,1	1,7	1 127	1,5

CUADRO A8
Productividad total de los factores

	Variación de la productividad total de los factores		Variación de la eficiencia		Variación tecnológica	
	1961-81	1981-2000	1961-81	1981-2000	1961-81	1981-2000
PAÍSES EN DESARROLLO	-2,6	1,7	0,0	-0,4	-2,6	2,0
ASIA Y EL PACÍFICO	-3,5	1,9	-0,1	-0,6	-3,4	2,5
Bangladesh	-3,2	1,1	0,0	0,0	-3,2	1,1
China (continental)	-4,4	3,6	0,0	0,0	-4,4	3,6
China, Provincia de Taiwan	0,5	0,3	0,0	0,0	0,5	0,3
Fiji	-0,4	-0,3	-0,1	-2,3	-0,2	2,0
India	-5,2	-1,0	0,0	-2,7	-5,2	1,7
Indonesia	-0,5	-1,1	0,0	0,0	-0,5	-1,1
Corea, Rep. Pop. Dem. de	1,0	1,6	-1,4	1,3	2,5	0,2
Corea, Rep. de	-4,5	-1,2	0,0	0,0	-4,5	-1,2
Lao, Rep. Dem. Popular	-0,2	3,3	-0,6	1,9	0,5	1,4
Malasia	1,8	1,5	0,0	0,0	1,8	1,5
Mongolia	-8,3	3,9	-0,7	1,4	-7,7	2,5
Myanmar	0,0	1,8	0,6	0,5	-0,6	1,3
Nepal	-3,8	1,2	-0,2	0,0	-3,6	1,2
Pakistán	-0,7	2,7	-1,8	0,2	1,1	2,5
Filipinas	1,3	0,4	0,0	0,0	1,3	0,4
Sri Lanka	0,7	-0,2	0,2	-1,0	0,6	0,8
Tailandia	0,2	1,4	0,2	0,0	-0,1	1,4
Viet Nam	0,4	1,0	-0,2	-0,6	0,7	1,6
AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE	-1,2	0,4	0,1	-0,1	-1,3	0,5
Argentina	-2,2	-3,4	0,0	0,0	-2,2	-3,4
Barbados	2,9	0,9	0,3	-1,8	2,6	2,7
Belize	2,0	1,0	1,4	-1,0	0,5	2,0
Bolivia	0,6	2,6	1,0	0,0	-0,4	2,6
Brasil	-3,0	1,1	0,0	0,0	-3,0	1,1
Chile	1,5	2,9	-0,2	0,1	1,7	2,8
Colombia	1,4	1,0	0,3	0,0	1,1	1,0
Costa Rica	2,6	2,8	1,0	0,3	1,6	2,4
Cuba	-0,9	0,2	-1,4	-1,6	0,5	1,8
República Dominicana	0,2	0,5	0,0	0,0	0,2	0,5
Ecuador	-1,4	1,3	0,0	0,1	-1,3	1,2
El Salvador	1,4	-0,1	0,3	-1,3	1,1	1,2
Guadalupe	-0,6	1,7	-2,4	0,1	1,8	1,6
Guatemala	2,1	0,8	0,7	0,0	1,4	0,8
Guyana	1,2	1,8	-0,3	0,8	1,5	1,0
Haití	-1,4	-0,2	0,0	0,0	-1,4	-0,2
Honduras	-1,3	0,4	0,3	-0,6	-1,6	1,0
Jamaica	0,6	1,6	0,3	-0,8	0,2	2,4
Martinica	-1,5	2,1	-1,4	0,0	-0,1	2,1
México	1,2	1,1	0,6	-0,6	0,6	1,7
Nicaragua	-4,3	1,5	-1,2	0,7	-3,1	0,9

CUADRO A8 (continuación)

	Variación de la productividad total de los factores		Variación de la eficiencia		Variación tecnológica	
	1961-81	1981-2000	1961-81	1981-2000	1961-81	1981-2000
Panamá	-0,2	0,5	-1,1	-0,5	0,9	1,0
Paraguay	-0,5	-1,9	0,0	0,0	-0,5	-1,9
Perú	-0,9	2,5	-0,9	0,5	0,0	2,0
Santa Lucía	-0,7	-3,0	0,0	-2,9	-0,7	-0,2
San Vicente y las Granadinas	-1,0	0,2	-2,9	1,4	1,9	-1,2
Suriname	3,3	-4,3	1,8	-4,0	1,4	-0,3
Trinidad y Tabago	-1,6	0,5	-0,7	-1,2	-0,9	1,7
Uruguay	-1,5	0,6	0,0	0,0	-1,5	0,6
Venezuela	1,8	2,0	1,3	0,1	0,5	1,9
CERCANO ORIENTE Y ÁFRICA DEL NORTE	0,6	2,4	-0,2	0,2	0,7	2,1
Afganistán	-1,5	2,1	0,3	0,0	-1,7	2,1
Argelia	-0,8	3,2	-2,2	1,1	1,4	2,0
Chipre	3,3	4,4	-0,8	0,4	4,2	4,1
Egipto	1,1	2,1	0,0	0,0	1,1	2,1
Irán, República Islámica del	0,2	2,3	-0,2	0,0	0,3	2,3
Iraq	-3,1	-1,0	-2,3	-1,9	-0,8	0,9
Jordania	-3,4	1,6	-1,0	-0,1	-2,4	1,7
Líbano	3,8	2,7	0,0	0,0	3,8	2,7
Jamahiriya Árabe Libia	4,6	4,5	3,5	2,0	1,1	2,4
Marruecos	1,7	2,9	0,6	1,2	1,1	1,7
Arabia Saudita	-3,3	4,8	-1,9	2,4	-1,4	2,3
República Árabe Siria	1,4	0,3	0,0	-0,1	1,4	0,4
Túnez	3,3	2,0	0,7	2,2	2,5	-0,2
Turquía	1,0	2,7	0,0	0,0	1,0	2,7
Yemen	-10,3	2,1	-3,3	1,6	-7,3	0,4
ÁFRICA SUBSAHARIANA	-3,7	1,9	0,1	0,0	-3,8	2,0
Angola	-3,7	5,3	-3,5	4,1	-0,2	1,1
Benin	0,5	2,4	0,5	0,3	0,1	2,0
Botswana	-2,4	-2,2	-0,2	-1,0	-2,2	-1,2
Burkina Faso	-9,0	-0,5	-1,0	-2,5	-8,1	2,0
Burundi	-11,5	-0,4	0,0	0,0	-11,5	-0,4
Camerún	-6,8	1,1	0,0	,00	-6,8	1,1
Chad	-3,1	0,2	0,0	0,0	-3,1	0,2
Congo, Rep. del	-2,3	-1,4	0,0	0,0	-2,3	-1,4
Côte d'Ivoire	-4,1	1,9	0,0	0,0	-4,1	1,9
Eritrea	...	-1,9	...	-2,2	...	0,3
Etiopía	...	3,7	...	0,0	...	3,7
Gabón	-5,2	2,9	0,0	0,0	-5,2	2,9
Gambia	-4,6	-0,7	-2,8	-0,5	-1,9	-0,2
Ghana	-6,6	4,3	0,0	0,0	-6,6	4,3
Guinea	-2,4	-1,4	0,0	0,0	-2,4	-1,4
Kenya	0,8	1,1	2,1	-0,4	-1,3	1,5
Lesotho	-2,9	-0,5	-2,7	-1,1	-0,2	0,6
Madagascar	-0,9	0,6	0,0	0,0	-0,9	0,6

CUADRO A8 (conclusión)

	Variación de la productividad total de los factores		Variación de la eficiencia		Variación tecnológica	
	1961-81	1981-2000	1961-81	1981-2000	1961-81	1981-2000
Malawi	-0,8	2,6	-1,3	1,6	0,4	1,0
Malí	-5,2	-1,6	0,0	-2,2	-5,2	0,6
Mauricio	0,6	-0,3	0,0	0,0	0,6	-0,3
Mozambique	-2,3	0,6	0,0	-0,2	-2,3	0,8
Níger	-6,3	1,3	0,0	0,0	-6,3	1,3
Nigeria	-10,5	3,6	0,0	0,0	-10,5	3,6
Rwanda	1,6	0,6	0,0	0,0	1,6	0,6
Reunión	2,0	5,8	-1,1	2,6	3,2	3,1
Senegal	-3,4	0,2	-2,3	-0,3	-1,1	0,5
Sierra Leona	-0,6	1,5	-0,7	1,1	0,1	0,4
Sudán	-0,7	2,0	0,0	0,0	-0,7	2,0
Swazilandia	-0,4	1,9	0,1	0,5	-0,5	1,4
Tanzania, Rep. Unida de	1,1	2,2	1,7	0,0	-0,6	2,2
Togo	-3,6	1,3	0,4	-0,3	-3,9	1,6
Uganda	1,6	-3,8	0,0	0,0	1,6	-3,8
Zambia	-0,4	1,4	-0,1	-1,2	-0,3	2,6
Zimbabwe	0,7	0,8	-0,7	-0,4	1,4	1,3
	1961-81	1993-2000	1961-81	1993-2000	1961-81	1993-2000
PAÍSES EN TRANSICIÓN	...	1,9	...	0,0	...	1,8
Albania	...	5,8	...	4,0	...	1,7
Armenia	...	7,5	...	7,3	...	0,2
Azerbaiyán	...	8,1	...	6,1	...	1,9
Belarús	...	-1,7	...	-2,4	...	0,7
Bosnia y Herzegovina	...	-3,4	...	-2,8	...	-0,7
Bulgaria	...	4,3	...	1,4	...	2,9
Croacia	...	2,4	...	0,0	...	2,4
República Checa	...	-2,0	...	0,0	...	-2,0
Estonia	...	0,3	...	1,7	...	-1,4
Georgia	...	-0,4	...	-0,9	...	0,5
Hungría	...	0,0	...	0,0	...	0,0
Kazajstán	...	8,1	...	1,5	...	6,5
Kirguistán	...	3,9	...	1,5	...	2,1
Letonia	...	-0,9	...	0,0	...	-0,9
Lituania	...	-2,1	...	-1,3	...	-0,8
Macedonia, la ex República Yugoslava de	...	-6,9	...	-4,9	...	-2,1
Moldova, República de	...	5,7	...	2,9	...	2,8
Polonia	...	-0,2	...	0,0	...	-0,2
Rumania	...	0,6	...	-0,9	...	1,5
Federación de Rusia	...	3,3	...	0,0	...	3,3
Serbia y Montenegro	...	-1,3	...	0,0	...	-1,3
Eslovaquia	...	-2,4	...	-1,7	...	-0,8
Eslovenia	...	2,3	...	0,0	...	2,3
Tayikistán	...	6,1	...	4,2	...	1,8
Turkmenistán	...	0,7	...	-1,5	...	2,2
Ucrania	...	2,8	...	0,0	...	2,8
Uzbekistán	...	-0,2	...	-1,2	...	1,0

- **Bibliografía**
- **Capítulos especiales de**
*El estado mundial de la agricultura
y la alimentación*
- **Publicaciones seleccionadas**
- **CD-ROM de SOFA-DB**
Instalación e instrucciones para
el arranque de la base de datos

Bibliografía

- AEBC (Agriculture and Environment Biotechnology Commission).** 2002. *Animals and biotechnology: a report by the AEBC*. Londres, Department of Trade and Industry.
- Alston, J.M., Norton, G.W. y Pardey, P.G.** 1995. *Science under scarcity: principles and practice for agricultural research evaluation and priority setting*. Ithaca, Nueva York, Estados Unidos, Cornell University Press.
- Alston, J.M., Marra, M.C., Pardey, P.G. y Wyatt, T.J.** 2000. Research returns redux: a meta-analysis of the returns to agricultural R&D. *Aust. J. Agr. Resour. Econ.*, 44(2): 185-215.
- Bennett, R., Morse, S. e Ismael, Y.** 2003. *The benefits of Bt cotton to small-scale producers in developing countries: the case of South Africa*. Ponencia presentada en la 7th ICABR International Conference on Public Goods and Public Policy for Agricultural Biotechnology, Ravello, Italia, 29 de junio-3 de julio de 2003 (disponible en <http://www.economia.uniroma2.it/conferenze/icabr2003/papers/papers.htm>).
- Byerlee, D. y Fischer, K.** 2002. Accessing modern science: policy and institutional options for agricultural biotechnology in developing countries. *World Dev.*, 30(6): 931-948.
- Byerlee, D. y Hesse de Polanco, E.** 1986. Farmers' stepwise adoption of technological packages: evidence from the Mexican Altiplano. *Am. J. Agr. Econ.*, 68(3): 519-527.
- Byerlee, D. y Moya, P.** 1993. *Impacts of international wheat breeding research in the developing world, 1966-1990*. México, D.F., Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo.
- Byerlee, D. y Traxler, G.** 2001. The role of technology spillovers and economies of size in the efficient design of agricultural research systems. En J.M. Alston, P.G. Pardey y M.J. Taylor, eds. *Agricultural science policy: changing global agendas*. Baltimore, Estados Unidos, Johns Hopkins University Press.
- Cabanilla, L.S., Abdoulaye y T. Sanders, J.H.** 2003. *Economic cost of non-adoption of Bt cotton in West Africa: with special reference to Mali*. Ponencia presentada en la 7th ICABR International Conference on Public Goods and Public Policy for Agricultural Biotechnology, Ravello, Italia, 29 de junio-3 de julio de 2003 (disponible en <http://www.economia.uniroma2.it/conferenze/icabr2003/papers/papers.htm>).
- Cardellino, R., Hoffmann, I. y Tempelman, K.A.** 2003. *First report on the state of the world's animal genetic resources: views on biotechnologies as expressed in country reports*. Ponencia presentada en el International Symposium on Applications of Gene-based Technologies for Improving Animal Production and Health in Developing Countries, 6-10 de octubre de 2003, Viena, Austria, organizado por la FAO y la OIEA.
- Carpenter, J.E. y Gianessi, L.P.** 2001. *Agricultural biotechnology: updated benefits estimates*. Washington, DC, National Center for Food and Agricultural Policy.
- Chambers, P. y Heritage, J.** 2004. Transgenic crops and antibiotic marker genes. *AGRIPPA* (FAO peer-reviewed electronic journal), de próxima publicación (disponible en <http://www.fao.org/agrippa>).
- Charles, A.** 2003. Creation of GM potato to fight hunger sets India's scientists against green groups. *The Independent*, 3 de enero.
- CIAT (Centro internacional de agricultura tropical) e IIPA (Instituto Internacional de Investigaciones sobre Políticas Alimentarias).** 2002. *Biofortified crops for improved human nutrition. A Challenge Program Proposal* (disponible en <http://www.cgiar.org/pdf/biofortification.pdf>).
- Coghlan, A.** 2003. Genetically modified "protato" to feed India's poor. *New Scientist*, 2 de enero.
- Conner, A.J., Glare, T.R. y Nap, J.-P.** 2003. The release of genetically modified crops into the environment: Parte II. Overview of ecological risk assessment. *Plant J.*, 33: 19-46.
- Conway, G.** 2000. *Crop biotechnology: benefits, risks and ownership*. Alocución del Presidente de la Fundación Rockefeller en ocasión de la OECD Edinburgh Conference on the Scientific and health Aspects of Genetically Modified Foods (disponible en News Archive, <http://www.rockfound.org>).
- Corneille, S., Lutz, K., Svab, Z. y Maliga, P.** 2001. Efficient elimination of selectable marker genes from the plastid genome by the CRE-lox site-specific recombination system. *Plant J.*, 27: 171-178.
- CUIC (Consejo Internacional de Uniones Científicas).** 2003. *New genetics, food and agriculture: scientific discoveries – societal*

- dilemmas. París (disponible también en <http://www.icsu.org>).
- DANIDA (Organismo Danés de Desarrollo Internacional).** 2002. *Assessment of potentials and constraints for development and use of plant biotechnology in relation to plant breeding and crop production in developing countries*. DANIDA Working Paper 104.DAN.4-52-5.b. Copenhagen, Ministry of Foreign Affairs.
- David, C. y Otsuka, K., eds.** 1994. *Modern rice technology and income distribution in Asia*. Boulder, Colorado, Estados Unidos, Lynne Rienner Publishers.
- De Vetten, N., Wolters, A.M., Raemakers, K., Van Der Meer, I., Ter Stege, R., Heeres, E., Heeres, P. y Visser, R.** 2003. A transformation method for obtaining marker-free plants of a cross-pollinating and vegetatively propagated crop. *Nat. Biotechnol.*, 21(4): 439-442.
- Delgado, L.C., Hopkins, J. y Kelly, V.A.** 1998. *Agricultural growth linkages in sub-Saharan Africa*. IFPRI Research Report No. 107. Washington, DC, Instituto Internacional de Investigaciones sobre Políticas Alimentarias.
- Dreher, K., Morris, M., Khairallah, M., Ribaut, J.M., Pandey, S. y Srinivasan, G.** 2000. *Is marker-assisted selection cost-effective compared to conventional plant breeding methods? The case of quality protein maize*. Ponencia presentada en la 4th ICABR Conference on Economics of Agricultural Biotechnology, Ravello, Italia, 24-28 de agosto de 2000.
- Duffy, M.** 2001. Who benefits from biotechnology? Ponencia presentada en la American Seed Trade Association meeting, Chicago, Illinois, Estados Unidos, 5-7 de diciembre (disponible en <http://www.leopold.iastate.edu/pubinfo/papersspeeches/biotech.html>).
- Einsiedel, E.F.** 1998. The market for credible information in biotechnology. *Biotechnology and the Consumer*. En B.M. Knoppers y A.M. Mathios, eds. *Biotechnology and the consumer: a research project sponsored by the Office of Consumer Affairs of Industry Canada*, pp. 47-85. Dordrecht, Países Bajos, Kluwer Academic Publishers.
- EnviroNics International.** 2000. *International Environmental Monitor 2000*. Toronto, Canadá.
- EnviroNics International.** 2001. *Food Issues Monitor 2001*. Toronto, Canadá.
- Evenson, R.E. y Gollin, D.** 2003. Assessing the impact of the green revolution: 1960-2000. *Science*, 300: 758-762.
- Falck-Zepeda, J.B., Traxler, G. y Nelson, R.G.** 1999. *Rent creation and distribution from the first three years of planting Bt cotton*. ISAAA Briefs No. 14. Ithaca, Estados Unidos, International Service for the Acquisition of Agri-biotech Applications.
- Falck-Zepeda, J.B., Traxler, G. y Nelson, R.G.** 2000a. Surplus distribution from the introduction of a biotechnology innovation. *Am. J. Agr. Econ.*, 82(2): 360-369.
- Falck-Zepeda, J.B., Traxler, G. y Nelson, R.G.** 2000b. Rent creation and distribution from biotechnology innovations: the case of Bt cotton and herbicide-tolerant soybeans in 1997. *Agribusiness*, 16(1): 1-23.
- Fan, S., Hazell, P. y Thorat, S.** 1998. *Government spending, growth, and poverty: an analysis of interlinkages in rural India*. EPTD Discussion Paper No. 33. Washington, DC, Instituto Internacional de Investigaciones sobre Políticas Alimentarias.
- FAO.** 2000a. *El estado de la inseguridad alimentaria en el mundo 2000*. Roma.
- FAO.** 2000b. *Declaración de la FAO sobre biotecnología* (disponible en <http://www.fao.org/biotech/state.asp>).
- FAO.** 2001. *Análisis del riesgo de plagas para plagas de cuarentena*. Publicación ISPM N° 11. Roma.
- FAO.** 2002a. *Crop biotechnology: a working paper for administrators and policy makers in sub-Saharan Africa*, por L. Kitch, M. Koch e I. Sithole Niang. Harare.
- FAO.** 2002b. *Informe de la Cuarta Reunión de la Comisión Interina de Medidas Fitosanitarias*, 11-15 de marzo de 2002, Roma (disponible en http://www.ippc.int/IPP/En/icpm_docs.jsp).
- FAO.** 2003. *FAOSTAT (Bases de datos estadísticas de la FAO)* (disponible en <http://apps.fao.org/default.htm>).
- FAO.** 2002c. *Glosario de biotecnología para la alimentación y la agricultura*. Roma, *Estudios FAO: Investigación y tecnología 9* (disponible también en http://www.fao.org/biotech/index_glossary.asp?lang=es).
- FAO/OMS.** 2000. *Safety aspects of genetically modified foods of plant origin*. Report of a Joint FAO/WHO Expert Consultation on Foods Derived from Biotechnology, Ginebra, Suiza, 29 de mayo-2 de junio de 2000 (disponible en <ftp://ftp.fao.org/es/esn/food/gmreport.pdf>).
- FAO/OMS.** 2001. Norma general del Codex para el etiquetado de los alimentos preenvasados. Codex STAN 1-1985, Rev. 1-1991. *Codex Alimentarius. Etiquetado de los alimentos. Textos completos*. Revisado en 2001. Roma.

- FAO/OMS.** 2003a. *Principios para el análisis de riesgos de alimentos obtenidos por medios biotecnológicos modernos*. Roma (disponible en ftp://ftp.fao.org/es/esn/food/princ_gmfoods_es.pdf).
- FAO/OMS.** 2003b. *Directrices para la realización de la evaluación de la inocuidad de los alimentos obtenidos de plantas de ADN recombinante*. Roma (disponible en ftp://ftp.fao.org/es/esn/food/guide_plants_es.pdf).
- FAO/OMS.** 2003c. *Directrices para la realización de la evaluación de la inocuidad de los alimentos producidos utilizando microorganismos de ADN recombinante*. Roma (disponible en ftp://ftp.fao.org/es/esn/food/guide_mos_es.pdf).
- FAO/OMS.** 2003d. Comisión del Codex Alimentarius. *Informe del 26º período de sesiones, 30 de junio-7 de julio de 2003*. Roma (disponible en ftp://ftp.fao.org/codex/alinorm03/al03_41e.pdf).
- FAO/OMS.** 2003e. *Informe de la 30ª Reunión del Codex Alimentarius sobre etiquetado de los alimentos, 6-10 de mayo de 2002*, Halifax, Canadá (disponible en ftp://ftp.fao.org/codex/alinorm03/Al03_22s.pdf).
- Fernández-Cornejo, J. y McBride, W.D.** 2000. *Genetically engineered crops for pest management in US agriculture: farm level effects*. Agricultural Economic Report No. 786. Washington, DC, Economic Research Service, United States Department of Agriculture.
- Five Year Freeze.** 2002. *Feeding or fooling the world? Can GM really feed the world?* (disponible en http://www.fiveyearfreeze.org/Feed_Fool_World.pdf).
- Frewer, L.J. y Shepherd, R.S.** 1994. Attributing information to different sources: effects on the perceived qualities of information, on the perceived relevance of information, and on attitude formation. *Public Underst. Sci.*, 3: 385-401.
- General Accounting Office.** 2000. *Information on prices of genetically modified seeds in the United States and Argentina*. Washington, DC, United States General Accounting Office.
- Gianessi, L.P., Silvers, C.S., Sankula, S. y Carpenter, J.E.** 2002. *Plant biotechnology: current and potential impact for improving pest management in US agriculture: an analysis of 40 case studies*. Washington, DC, National Center for Food and Agricultural Policy.
- Gisselquist, D., Nash, J. y Pray, C.E.** 2002. Deregulating technology transfer in agriculture: impact on technical change, productivity, and incomes. Washington, DC, *World Bank Research Observer*, 17: 237-265.
- GM Science Review Panel.** 2003. *GM Science Review: First report – an open review of the science relevant to GM crops and food based on the interests and concerns of the public*. Londres, Department of Trade and Industry (disponible también en <http://www.gmsciencedebate.org.uk/report/default.htm>).
- Golan, E., Kuchler, F. y Mitchell, L.** 2000. *Economics of food labelling*. Washington, DC, Departamento de Agricultura de los Estados Unidos.
- Graff, G. y Zilberman, D.** 2001. An intellectual property clearinghouse for agricultural biotechnology. *Nature Biotechnology*, 19: 1179-1181.
- Graham, R.D., Welch, R.M. y Bouis, H.E.** 2001. Addressing micronutrient malnutrition through enhancing the nutritional quality of staple foods: principles, perspectives and knowledge gaps. *Advances in Agronomy*, 70: 77-142.
- Hayami Y., Kikuchi, M., Moya, P.F., Bambo, L.M. y Marciano, E.B.** 1978. *Anatomy of a peasant economy: a rice village in the Philippines*. Los Baños, Instituto Internacional de Investigación sobre el Arroz.
- Hayami, Y. y Ruttan, V.W.** 1985. *Agricultural development: an international perspective*, 2ª ed. Baltimore, Estados Unidos, Johns Hopkins University Press.
- Hazell, P. y Haggblade, S.** 1993. Farm–nonfarm growth linkages and the welfare of the poor. En M. Lipton y J. van de Gaag, eds. *Including the poor*. Washington, DC, Banco Mundial.
- Herd, R.W.** 1987. A retrospective view of technological and other changes in Philippine rice farming, 1965–1982. *Econ. Dev. Cult. Change*, 35(2): 329-349.
- Hoban, T.** 2004. *Public attitudes toward agricultural biotechnology*. ESA, documento de trabajo de próxima publicación. Roma, FAO.
- James, C.** 1999. *Global review of commercialized transgenic crops: 1999*. ISAAA Briefs No. 12: Preview. Ithaca, Nueva York, Estados Unidos, International Service for the Acquisition of Agri-biotech Applications.
- James, C.** 2002a. *Preview: global status of commercialized transgenic crops: 2002*. ISAAA Briefs No. 27. Ithaca, Nueva York, Estados Unidos, International Service for the Acquisition of Agri-biotech Applications.
- James, C.** 2002b. *Global review of commercialized transgenic crops: 2001 (Feature: Bt cotton)*. ISAAA Briefs No. 26. Ithaca, Nueva York, Estados Unidos, International Service for the Acquisition of Agri-biotech Applications.

- James, C.** 2003. *Preview: Global status of commercialized transgenic crops: 2003*. ISAAA Briefs No. 30. Ithaca, Nueva York, Estados Unidos, International Service for the Acquisition of Agri-biotech Applications (disponible también en http://www.isaaa.org/kc/CBTNews/press_release/briefs30/es_b30.pdf).
- Kirsten, J. y Grouse, M.** 2003. The impact of agricultural biotechnology in South Africa. En N. Kalaitzandonakes, ed. *The economic and environmental impacts of agbiotech: a global perspective*. Nueva York, Estados Unidos, Kluwer-Plenum Academic Publishers.
- Knoppers, B.M. y Mathios, A.M., eds.** 1998. *Biotechnology and the consumer: a research project sponsored by the Office of Consumer Affairs of Industry Canada*. Dordrecht, Países Bajos, Kluwer Academic Publishers.
- Lantican, M. y Pingali, P.L.** 2003. Growth in wheat yield potential in marginal environments. En *Proceedings of the Warren E. Kronstad Memorial Symposium*, 1-17 de marzo de 2001. México, D.F., Centro internacional de mejoramiento de maíz y trigo.
- Lipton, M.** 2001. Reviving global poverty reduction: what role for genetically modified plants? *J. Int. Devel.*, 13: 823-846.
- Loosey, J.E., Rayor, L.S. y Carter, M.E.** 1999. Transgenic pollen harms monarch larvae. *Nature*, 399(6733): 214.
- MacKenzie, D. y McLean, M.** 2002. Who's afraid of GM feeds? *Feed Mix* 10(3): 16-19 (disponible también en <http://www.agbios.com/docroot/articles/02-232-001.pdf>).
- Malmquist, S.** 1953. Index numbers and indifference surfaces. *Trabajos de estadística*, 4: 209-242.
- Maredia, M.K., Byerlee, D. y Eicher, C.K.** 2004. *The efficiency of global wheat research investments: implications for research evaluation, research managers and donors*. Staff Paper No. 94-17. Department of Agricultural Economics, Michigan State University, Estados Unidos.
- Morris, M.** 1998. *Maize seed industries in developing countries*. Boulder, Colorado, Estados Unidos, Lynne Rienner Publishers.
- Moschini, G., Lapan, H. y Sobolevsky, A.** 2000. Roundup Ready® Soybeans and welfare effects in the soybean complex. *Agribusiness*, 16: 33-35.
- Naik, G.** 2001. *An analysis of socio-economic impact of Bt technology on Indian cotton farmers*. Ahmedabad, India, Centre for Management in Agriculture, Indian Institute of Management.
- Naylor, R., Nelson, R., Falcon, W., Goodman, R., Jahn, M., Kalazich, J., Sengooba, T. y Tefera, H.** 2002. *Integrating new genetic technologies into the improvement of orphan crops in least developed countries*. Ponencia presentada en la 6th ICABR International Conference on Agricultural Biotechnologies: New Avenues for Production, Consumption and Technology Transfer, Ravello, Italia, 11-14 de julio de 2002 (disponible en <http://www.economia.uniroma2.it/conferenze/icabr/download/papers2002download.htm>).
- NRC (National Research Council).** 2002. *Animal biotechnology. Science based concerns*. Washington, DC, National Academic Press.
- Nuffield Council on Bioethics.** 1999. *Genetically modified crops: the ethical and social issues*. Londres.
- Nuffield Council on Bioethics.** 2003. *The use of genetically modified crops in developing countries*. Borrador para comentarios, junio de 2003. Londres.
- Organización Mundial de la Salud (OMS).** 2002. *20 preguntas sobre los alimentos genéticamente modificados (GM)* (disponible en http://www.who.int/foodsafety/publications/biotech/en/20questions_es.pdf).
- Pemsl, D.E., Waibel, H. y Gutierrez, A.P.** 2003. *Productivity analysis of Bt cotton: a modelling approach based on a case study in Shandong Province, China*. Ponencia presentada en la 7th ICABR International Conference on Public Goods and Public Policy for Agricultural Biotechnology, Ravello, Italia, 29 de junio-3 de julio de 2003 (disponible en <http://www.economia.uniroma2.it/conferenze/icabr2003/papers/papers.htm>).
- Pew Initiative on Food and Biotechnology.** 2002a. *Three years later: genetically engineered corn and the monarch butterfly controversy*. Issue Brief (disponible en <http://pewagbiotech.org/resources/issuebriefs/monarch.pdf>).
- Pew Initiative on Food and Biotechnology.** 2002b. *How consumers process information at heart of debate over labeling of genetically modified foods*. News release (disponible en <http://pewagbiotech.org/newsroom/releases/062702.php3>).
- Pew Initiative on Food and Biotechnology.** 2003. *Future fish: issues in science and regulation of transgenic fish*. Washington, DC (disponible también en <http://pewagbiotech.org/research/fish>).
- Pingali, P.L. y Heisey, P.W.** 2001. Cereal-crop productivity in developing countries: past

- trends and future prospects. En J.M. Alston, P.G. Pardey y M. Taylor, eds. *Agricultural science policy*. Washington, DC, IIPA y Johns Hopkins University Press.
- Pingali, P.L. y Rajaram, S.R.** 1999. *World wheat facts and trends, 1998/99*. México, D.F., Centro internacional de mejoramiento de maíz y trigo.
- Pingali, P. y Raney, T.** 2003. *Globalization and agricultural biotechnology: impacts and implications for developing countries*. ESA, documento de trabajo. Roma, FAO.
- Pingali, P. y Traxler, G.** 2002. Changing locus of agricultural research: will the poor benefit from biotechnology and privatization trends? *Food Policy* 27: 223-238.
- Pingali, P., Rozelle, S. y Gerpacio, R.V.** 2001. The farmer's voice in priority setting: a cross-country experiment in eliciting technological preferences. *Econ. Dev. Cult. Change*, 49(3): 591-609.
- Potrykus, I.** 2003. From "golden" to "nutritionally optimized" rice – and from a scientific concept to the farmer. Ponencia presentada en la conferencia "In the Wake of the Double Helix: from the Green Revolution to the Gene Revolution", Bolonia, Italia, 27-31 de mayo de 2003.
- Pray, C.E.** 2001. Public/private sector linkages in research and development: biotechnology and the seed industry in Brazil, China and India. *Am. J. Agr. Econ.*, 83(3): 742-747.
- Pray, C.E. y Fuglie, K.O.** 2000. *Policies for private agricultural research in Asian LDCs*. Ponencia presentada en la XXIV International Conference of Agricultural Economists, Berlín, Alemania.
- Pray, C.E. y Huang, J.** 2003. The impact of Bt Cotton in China. En N. Kalaitzandonakes, ed. *The economic and environmental impacts of agbiotech: a global perspective*. Nueva York, Estados Unidos, Kluwer-Plenum Academic Publishers.
- Pray, C.E. y Naseem, A.** 2003a. *The economics of agricultural biotechnology research*. ESA, documento de trabajo 03-07. Roma, FAO.
- Pray, C.E. y Naseem, A.** 2003b. *Biotechnology R&D: policy options to ensure access and benefits for the poor*. ESA, documento de trabajo 03-08. Roma, FAO.
- Pray, C.E. y Ramaswami, B.** 2001. Technology, IPRs, and reform options: a case study of the seed industry with implications for other input industries. *The International Food and Agricultural Marketing Review, Special Issue*, 2.
- Pray, C.E., Courtmanche, A. y Govindasamy, R.** 2002. *The importance of intellectual property rights in the international spread of private sector agricultural biotechnology*. Ponencia presentada en la 6th ICABR International Conference on Agricultural Biotechnologies: New Avenues for Production, Consumption and Technology Transfer, Ravello, Italia, 11-14 de julio de 2002 (disponible en <http://www.economia.uniroma2.it/conferenze/icabr/download/papers/2002download.htm>).
- Pray, C.E., Huang, J., Hu, R. y Rozelle, S.** 2002. Five years of Bt Cotton in China – the benefits continue. *The Plant Journal*, 31(4): 423-430.
- Pray, C.E., Huang, J., Ma, D. y Qiao, F.** 2001. Impact of Bt Cotton in China. *World Dev.*, 29(5): 813-825.
- Qaim, M. y Zilberman, D.** 2003. Yield effects of genetically modified crops in developing countries. *Science*, 299: 900-902.
- Qaim, M. y de Janvry, A.** 2003. Genetically modified crops, corporate pricing strategies, and farmers' adoption: the case of Bt Cotton in Argentina. *Am. J. Agr. Econ.*, 85(4): 814-828.
- Qaim, M. y Traxler, G.** 2004. Roundup Ready soybeans in Argentina: farm level, environmental, and welfare effect. *Agr. Econ.*, en prensa.
- Renkow, M.** 1993. Differential technology adoption and income distribution in Pakistan: implications for research resource allocation. *Am. J. Agr. Econ.*, 75(1): 33-43.
- Rommens, C.M., Rudenko, G.N., Dijkwel, P.P., van Haaren, M.J., Ouwkerk, P.B., Blok, K.M., Nijkamp, H.J. y Hille, J.** 1992. Characterization of the Ac/Ds behaviour in transgenic tomato plants using plasmid rescue. *Plant Molec. Biol.*, 20(1): 61-70.
- Royal Society.** 2003. The Farm Scale Evaluations of spring-sown genetically modified crops. A themed issue. *Philos. Trans. R. Soc. Lond. B*, 358(1439): 1775-1913 (disponible en http://www.pubs.royalsoc.ac.uk/phil_bio/news/fse_toc.html).
- Ruttan, V.W.** 2001. *Technology, growth and development: an induced innovation perspective*. Nueva York, Estados Unidos, Oxford University Press.
- Sadoulet, E. y de Janvry, A.** 1995. *Quantitative development policy analysis*. Baltimore, Estados Unidos, Johns Hopkins University Press.
- Secretaría del Convenio sobre la Diversidad Biológica.** 1992. *Convenio sobre la Diversidad Biológica* (disponible en <http://www.biodiv.org/doc/legal/cbd-es.pdf>).
- Secretaría del Convenio sobre la Diversidad Biológica.** 2000. *Protocolo de Cartagena*

- sobre Seguridad de la Biotecnología; texto y anexos. Montreal (disponible también en <http://www.biodiv.org/doc/legal/cartagena-protocol-es.doc>).
- Stahl, R., Horvath, H., Van Fleet, J., Voetz, M., von Wettstein, D. y Wolf, N.** 2002. T-DNA integration into the barley genome from single and double cassette vectors. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, 99: 2146-2151.
- Stone, G.D.** 2002. Both sides now: fallacies in the genetic modification wars, implications for developing countries, and anthropological perspectives. *Curr. Anthropol.*, 43(4): 611-630.
- Tegene, A., Huffman, W.E., Rousu, M. y Shogren, J.F.** 2003. *The effects of information on consumer demand for biotech foods evidence from experimental auctions*. Technical Bulletin No. 1903. Washington, DC, USDA Economic Research Service.
- Thompson, P.B.** 1997. *Food biotechnology in ethical perspective*. Londres, Blackie Academic & Professional.
- Thro, A.M. y Spillane, C.** 2000. *Biotechnology-assisted participatory plant breeding: complement or contradiction*. CGIAR System-Wide Program on Participatory Research and Gender Analysis for Technology Development and Institutional Innovation. Working Document No. 4. Cali, Colombia, Centro Internacional de Agricultura Tropical.
- Traxler, G.** 2004. *Economic impacts of biotechnology-based technological innovations*. ESA, Documento de trabajo de próxima publicación. Roma, FAO.
- Traxler, G. y Byerlee, D.** 1992. Economic returns to crop management research in post-green revolution setting. *Am. J. Agric. Econ.*, 74 (3): 573-582.
- Traxler, G. y Pingali, P.L.** 1999. *International collaboration in crop improvement research: current status and future prospects*. Economics Working Paper No. 99-11. México, D.F., Centro internacional de mejoramiento de maíz y trigo.
- Traxler, G., Godoy-Ávila, S., Falck-Zepeda, J. y Espinoza-Arellano, J.** 2003. Transgenic cotton in México: economic and environmental impacts. En N. Kalaitzandonakes, ed. *The economic and environmental impacts of agbiotech: a global perspective*, Nueva York, Estados Unidos, Kluwer-Plenum Academic Publishers.
- USDA-AMS (United States Department of Agriculture, Agricultural Marketing Service).** Varios años. *Cotton varieties planted* (disponible en www.ams.usda.gov/cotton/mncs).
- van der Walt, W.J.** 2000. *Identifying increased production yield opportunities by monitoring biotechnology developments*. Ponencia presentada en la 7th annual Agriculture Management Conference, VW Conference Centre, Midrand, Sudáfrica, 25-26 de octubre de 2000.
- Ye, X., Al-Babili, S., Klott, A., Zhang, J., Lucca, P., Beyer, P., y Potrykus, I.** 2000. Engineering the provitamin A (beta-carotene) biosynthetic pathway into (carotenoid-free) rice endosperm. *Science*, 287(5451): 303-305.
- Zimmerman, R. y Qaim, M.** 2002. *Projecting the benefits of golden rice in the Philippines*. Discussion Paper on Development Policy No. 51. Bonn, Alemania, Centre for Development Research (ZEF).
- Zuo, J., Niu, Q.W., Ikeda, Y. y Chua, N.H.** 2002. Marker-free transformation: increasing transformation frequency by the use of regeneration-promoting genes. *Curr. Opin. Biotechnol.*, 13(2): 173-180.

Capítulos especiales de *El estado mundial de la agricultura y la alimentación*

Además de la acostumbrada reseña sobre la situación mundial de la agricultura y la alimentación, en cada uno de estos informes, a partir de 1957, han figurado uno o más estudios especiales sobre problemas de interés a plazo más largo. En los años precedentes, los estudios especiales trataron los siguientes temas:

- 1957** Factores que influyen en el consumo de alimentos
Repercusión en la agricultura de algunos cambios institucionales de la posguerra
- 1958** El desarrollo de la agricultura y la alimentación en África al sur del Sahara
El desarrollo de las industrias forestales y su efecto sobre los montes del mundo
- 1959** Ingresos y niveles de vida rurales en países que pasan por etapas distintas de su desarrollo económico
Algunos problemas generales de fomento agrario en los países menos desarrollados, según las experiencias de la posguerra
- 1960** La programación del desarrollo agrícola
- 1961** La reforma agraria y los cambios institucionales
La extensión, la enseñanza y la investigación agrícolas en África, Asia y América Latina
- 1962** Papel de las industrias forestales en la superación del desarrollo económico insuficiente
La industria ganadera en los países menos desarrollados
- 1963** Factores básicos que influyen en el desarrollo de la productividad en la agricultura
El uso de fertilizantes: punta de lanza del desarrollo agrícola
- 1964** Nutrición proteica: necesidades y perspectivas
Los productos sintéticos y sus efectos sobre el comercio agrícola
- 1966** Agricultura e industrialización
El arroz en la economía alimentaria mundial
- 1967** Incentivos y frenos para la producción agrícola en los países en desarrollo
La ordenación de los recursos pesqueros
- 1968** El aumento de la productividad agrícola en los países en desarrollo mediante el mejoramiento tecnológico
La mejora del almacenamiento y su contribución a los suministros mundiales de alimentos
- 1969** Programas de mejora del mercadeo de productos agrícolas: enseñanzas de la experiencia reciente
Modernización institucional para promover el desarrollo forestal
- 1970** La agricultura al comenzar el Segundo Decenio para el Desarrollo

- 1971 La contaminación de las aguas del mar y sus efectos en los recursos vivos y la pesca
- 1972 La enseñanza y la capacitación para el desarrollo
Intensificación de la investigación agrícola en los países en desarrollo
- 1973 El empleo agrícola en los países en desarrollo
- 1974 Población, suministro de alimentos y desarrollo agrícola
- 1975 Segundo Decenio de las Naciones Unidas para el Desarrollo: análisis a plazo medio y evaluación
- 1976 Energía y agricultura
- 1977 El estado de los recursos naturales y el medio humano para la agricultura y la alimentación
- 1978 Problemas y estrategias en las regiones en desarrollo
- 1979 La silvicultura y el desarrollo rural
- 1980 La pesca marítima en la nueva era de la jurisdicción nacional
- 1981 La pobreza en la zona rural de los países en desarrollo y formas de mitigarla
- 1982 Producción pecuaria: perspectivas mundiales
- 1983 La mujer en el desarrollo agrícola
- 1984 Sistemas de urbanización, agricultura y alimentación
- 1985 Examen de la situación agrícola y alimentaria a mediados del decenio
- 1986 Financiación del desarrollo agrícola
- 1987-88 Cambios en las prioridades de la ciencia agrícola y la tecnología en los países en desarrollo
- 1989 Desarrollo sostenible y ordenación de los recursos naturales
- 1990 El ajuste estructural y la agricultura
- 1991 Políticas y cuestiones agrícolas: los años ochenta y perspectivas para los noventa
- 1992 La pesca marítima y el derecho del mar: un decenio de cambio
- 1993 Las políticas de recursos hídricos y la agricultura
- 1994 Dilemas del desarrollo y las políticas forestales
- 1995 Comercio agrícola: ¿Comienzo de una nueva era?
- 1996 Seguridad alimentaria: dimensiones macroeconómicas
- 1997 La agroindustria y el desarrollo económico
- 1998 Los ingresos rurales no agrícolas en los países en desarrollo
- 2000 Enseñanzas de los cincuenta últimos años
- 2001 Los efectos económicos de las plagas y enfermedades transfronterizas de los animales y las plantas
- 2002 La agricultura y los bienes públicos mundiales diez años después de la Cumbre para la Tierra

Publicaciones seleccionadas

PUBLICACIONES PRINCIPALES DE LA FAO

(disponibles en el sitio www.fao.org/sof)

El estado mundial de la agricultura y la alimentación

El estado de la inseguridad alimentaria en el mundo

El estado mundial de la pesca y la acuicultura

Situación de los bosques del mundo

PUBLICACIONES DE LA DIRECCIÓN DE ECONOMÍA AGRÍCOLA Y DEL DESARROLLO (ESA)

(disponibles en el sitio www.fao.org/es/esa)

LIBROS

Temas actuales y emergentes para el análisis económico y la investigación de políticas (CUREMIS II).

Vol.1: América Latina y el Caribe

(B. Davis, ed., 2004)

Nutrition Intake and economic growth: studies on the cost of hunger

(Kiyoshi Taniguchi y Xiaojun Wang, eds., 2003)

Choosing a method for poverty mapping

(B. Davis, 2003)

Promoting farm/non-farm linkages for rural development: case studies from Africa and Latin America.

(B. Davis, T. Reardon, K.G. Stamoulis y P. Winters, eds., 2002)

Alimentación, agricultura y desarrollo rural:

temas actuales y emergentes para el análisis económico y la investigación de políticas (CUREMIS I)

(K.G. Stamoulis, ed., 2001)

DOCUMENTOS DE TRABAJO DE LA ESA

- 05-04 *La globalización de las dietas en India y la transformación de los sistemas de suministro de alimentos* (P. Pingali e Y. Khwaja, febrero de 2004)
- 04-04 *Indicadores para las políticas agrícolas* (T. Josling y A. Valdés, febrero de 2004)
- 03-04 *Abundancia de recursos, pobreza y desarrollo* (E.H. Bulte, R. Damania y R.T. Deacon, enero de 2004)
- 02-04 *Conflictos, desarrollo rural y seguridad alimentaria en África occidental* (M. Flores, enero de 2004)
- 01-04 *Métodos de valoración de beneficios ambientales en proyectos de inversión en silvicultura y cuencas hidrográficas* (R. Cavatassi, enero de 2004)
- 22-03 *Interrelaciones y generación de empleo rural no agrícola: un cambio en los desafíos y las políticas de*

- Indonesia* (S. Kristiansen, diciembre de 2003)
- 21-03 *Asimetría de la información y concentración económica: el caso del huevo y la gallina en Indonesia oriental* (S. Kristiansen, diciembre de 2003)
- 20-03 *¿Benefician los futuros a los agricultores que los adoptan?* (S.H. Lence, diciembre de 2003)
- 19-03 *La inocuidad de los alimentos en los países en desarrollo* (S. Henson, diciembre de 2003)
- 18-03 *Seguridad alimentaria y la agricultura en los países de bajos ingresos y con déficit de alimentos: 10 años después de la Ronda de Uruguay* (P. Pingali y R. Stringer, noviembre de 2003)
- 17-03 *Marco teórico para el desarrollo nacional agrícola y rural y las estrategias y las políticas sobre seguridad alimentaria* (K.G. Stamoulis y A. Zezza, noviembre de 2003)
- 16-03 *¿Pueden las transferencias de fondos públicos reducir la migración en México? Estudio basado en datos experimentales aleatorizados* (G. Stecklov, P. Winters, M. Stampini y B. Davis, octubre de 2003)
- 15-03 *Diversificación de la agricultura en el Asia meridional: tendencias y limitaciones* (K. Dorjee, S. Broca y P. Pingali, julio de 2003)
- 14-03 *Factores determinantes de la diversidad de cereales en las comunidades y granjas familiares de la altiplanicie del norte de Etiopía* (S. Benin, B. Gebremedhin, M. Smale, J. Pender y S. Ehui, julio de 2003)
- 13-03 *Cambio en el uso de la tierra, absorción de carbono y mitigación de la pobreza* (L. Lipper y R. Cavatassi, julio de 2003)
- 12-03 *Capital social y lecciones de pobreza de estudios de caso en México y América Central* (M. Flores y F. Rello, junio de 2003)

CD-ROM de SOFA-DB

Instalación e instrucciones para el arranque de la base de datos

REQUISITOS DEL SISTEMA

- Windows (95/98/NT/2000)
 - Mínimo: Pentium PC, 64 MB de RAM ;
 - Recomendado: 128 MB de RAM o más
- Hojeadores: Microsoft Internet Explorer 5, o versiones posteriores; Netscape Navigator 4, o versiones posteriores.

INSTALACIÓN Y USO

Este CD-ROM comprende los siguientes directorios:

- **SOFADB_CD**, que contiene códigos, imágenes, archivos de metadatos y datos estadísticos en formato comprimido.

Acceso al índice de la base de datos de SOFA (Windows 95/98/NT/2000):

- Para crear una asociación automática a los archivos con extensión htm o html, si no se dispone de ella:
 1. En Mi ordenador o en Windows Explorer, pulsar en el menú Ver, y seguidamente en Opciones.
 2. Pulsar en el indicador Tipos de Archivos.
 3. En la lista de tipos de archivos, pulsar en el archivo que se desea modificar.
Los ajustes correspondientes a ese tipo de archivo se muestran en el recuadro Detalles de Tipos de Archivos.
 4. Pulsar en Editar.
 5. En el recuadro Acciones, pulsar en Abrir.
 6. Pulsar en Editar, y luego especificar el programa de hojeador que se desea usar para abrir los archivos que tienen la extensión htm o html.
- **Arranque:** el CD-ROM se instala automáticamente; o bien, en el directorio raíz del CD-ROM (SOFADB), se puede seleccionar el archivo runStartUp.bat y simplemente pulsar dos veces en el nombre del archivo.
- **Detención:** se puede cerrar la ventana dotada de icono «SOFA DB» (o «SOFA DB Web Server»). Nota: si se cierra el hojeador (Microsoft Internet Explorer o Netscape Navigator) sin cerrar la ventana «SOFA DB Web Server», el CD-ROM de SOFA-DB se mantendrá activo y podrá volver a ser llamado sin dificultad abriendo la página inicial del CD-ROM de SOFADB (SOFADB_CD root directory\webapps\caf\default.htm). Sugerimos marcar la página inicial del CD-ROM de SOFA-DB en el hojeador que se está usando.

EL ESTADO MUNDIAL DE LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN

2003-04

En esta edición de *El estado mundial de la agricultura y la alimentación 2003-04* se estudia el potencial de la biotecnología agrícola –especialmente los cultivos transgénicos– para satisfacer las necesidades de los sectores pobres de la población. En el informe se concluye que la biotecnología agrícola puede ayudar a dicha población reduciendo el uso de sustancias químicas agrícolas tóxicas, disminuyendo los costos de producción para los agricultores, mejorando el contenido nutricional de los alimentos y potenciando el control de las enfermedades de plantas y animales. Estos progresos pueden contribuir a aumentar la productividad agrícola y reducir los precios de los alimentos, pero es posible también que estos beneficios no lleguen a la población pobre. En la publicación se analizan los efectos socioeconómicos de los cambios tecnológicos en la agricultura y se examinan los datos actuales relativos a la inocuidad de los cultivos transgénicos para la salud humana y el medio ambiente. Se recomienda hacer inversiones selectivas para la creación de capacidad de investigación, extensión y reglamentación agrícolas con el fin de asegurar que el potencial de la biotecnología agrícola se destine a satisfacer las necesidades de los pobres.

En el CD-ROM SOFA-DB 2003-04 incluido en esta publicación, se presentan series cronológicas de datos de 150 países y regiones en español, francés e inglés, incluyendo el programa FAOSTAT, que facilita el acceso y la utilización informáticos.

ISBN 92-5-305079-9

ISSN 0251-1371



9 789253 050796

TC/P/Y5160S/1/4 04/1800

