

FRANCISCO GARCÍA OLMEDO

ALIMENTOS PARA EL MEDIO SIGLO



FUNDACION  
ESTEYCO



FRANCISCO GARCÍA OLMEDO

ALIMENTOS PARA EL MEDIO SIGLO



FUNDACION  
ESTEYCO



A Jaime Costa,  
por su amistad y ayuda  
con motivo de su jubilación

© 2014 Fundación ESTEYCO

© 2014 Textos: Francisco García Olmedo.

© Foto portada: Andrea Besabe Ferres, 2009.

Diseño Gráfico: Pilar Carrizosa

Fotocomposición, fotomecánica e impresión: Estugraf impresores S.L.

Editado por la Fundación ESTEYCO. Menéndez Pidal, 17. 28036 Madrid.

Impreso en España

Depósito Legal: M-35138-2014

1ª Edición: diciembre 2014

# ÍNDICE

1. PREÁMBULO EN EL HIMALAYA	7
2. LAS ÚLTIMAS DÉCADAS	13
3. LA REVOLUCIÓN VERDE	19
4. ÉXITOS TÉCNICOS, ECONÓMICOS Y POLÍTICOS	25
5. LA CRISIS AGROALIMENTARIA	33
6. RETOS ALIMENTARIOS DEL MEDIO SIGLO	41
7. SUELO Y AGUA	47
8. ENERGÍA, NUTRIENTES Y MEDIO AMBIENTE	55
9. MEJORA GENÉTICA Y PLANTAS TRANSGÉNICAS	63
10. BIOSEGURIDAD	73
11. ¿CAMBIAR DE DIETA?	81
12. PÉRDIDA Y DESPERDICIO	93
13. COMERCIO, MERCADO, OTROS FACTORES	101
14. UNA INTENSIFICACIÓN SOSTENIBLE	111
15. HOJA DE RUTA EN FORMA DE DECÁLOGO	118
ÍNDICE GENERAL	120
RESEÑA BIOGRÁFICA AUTOR	125



## 1. PREÁMBULO EN EL HIMALAYA

### NADA PARECE HABER CAMBIADO EN NEPAL

La imagen de portada puede servir de punto de partida a este ensayo. Esa sonriente niña nepalí, nacida con el siglo, posa ante una empinada ladera sobre la que se han esculpido estrechos bancales en los que se cultiva con enorme esfuerzo un trigo que le servirá de sustento. ¿Qué será de ella cuando se cumpla el medio siglo? ¿Qué será de toda su generación? ¿Seguirá teniendo acceso al grano nutricio? La niña que inspira estas palabras fue fotografiada hacia 2009 por Andrea Besabe Ferres, nieta de mi amigo el novelista Antonio Ferres. Casi cuatro décadas antes visité esos mismos trigos en esas mismas laderas, camino de la frontera con el Tíbet, en compañía de Pilar Carbonero y de Juan Antonio Martín Sánchez, terminada ya nuestra participación en el 5<sup>th</sup> *International Wheat Genetics Symposium* en Nueva Dehli.

En el congreso se había hablado, entre otros asuntos, de la rápida y exitosa implantación en Asia de los trigos de la Revolución Verde y, en efecto, allí estaban, en aquellos recónditos y estrechos bancales, labrados con primor y esfuerzo por unos labriegos sometidos a una considerable presión para multiplicarse en búsqueda de hijos que les ayudaran en la titánica tarea. Juan Antonio, experto mejorador, identificó enseguida la variedad Siete Cerros, uno de los trigos semienanos obtenidos en México por nuestro común amigo Norman Borlaug. Una virtud de esos trigos es la de rendir significativamente más que los que les precedieron, a igualdad de insumos, y no cabe duda que su implantación en aquellos empinados campos de cultivo había supuesto considerables ventajas para quienes los labraban con el sudor de sus frentes. Cuatro décadas más tarde, allí siguen, y cabe preguntarse qué otras revoluciones serán necesarias para que, al doblar el medio siglo, esa niña y sus coetáneos puedan seguir alimentándose. No sabemos contestar con certeza a esa pregunta, pero nuestro deber es intentarlo.

## LA SEGURIDAD ALIMENTARIA

Existirá seguridad alimentaria cuando, en todo momento, todos los habitantes del planeta tengan acceso físico y económico a alimentos suficientes, sanos y variados para cubrir las necesidades de una vida activa y saludable. Conseguir una seguridad alimentaria estable para una humanidad en plena expansión plantea retos formidables a los que en la actualidad estamos lejos de responder satisfactoriamente, ya que, entre los más de siete mil millones de personas que habitan el planeta, en torno a mil millones no reciben suficientes macronutrientes y energía dietética, mientras que otros mil millones sufren carencias de micronutrientes, circunstancias que tienen graves consecuencias sobre la salud y el desarrollo de los que las padecen. Se trata pues de cumplir con el considerado como primer objetivo del milenio, que es el de erradicar el hambre y la pobreza en el presente y en el futuro. Dicho objetivo está estrechamente ligado al de alcanzar la seguridad medioambiental, ya que no cumplir este último implicaría hipotecar cualquier logro parcial que se pudiera conseguir.

El optimismo derivado de los avances de la producción agrícola en la segunda mitad del pasado siglo ha hecho tal vez disminuir la atención prestada a los objetivos arriba aludidos, en comparación con otros, pero en el último lustro, la nueva volatilidad de los precios agrícolas ha servido de alerta para prestar nueva atención al problema.

La Agricultura sobresale entre las ingenierías a lo largo de la historia en términos de modificación del medio ambiente, conversión de energía, movimiento de tierras o flujos hídricos. Si pensamos que su acto fundacional fue el consumo de una manzana por parte de Adán, podemos decir además que la de agrónomo es probablemente la más vieja de las profesiones.

## DECLARACIÓN DE INTENCIONES

En este ensayo nos proponemos analizar los retos de alimentar a la humanidad en el nada lejano futuro representado por el año 2050. Para ello trataremos de sintetizar las opiniones propias y las de los expertos tal como se reflejan en una serie de publicaciones y documentos institucionales<sup>1-12</sup>, y lo haremos de una forma narrativa, en lenguaje

común, evitando en lo posible la jerga especializada y dando prioridad a los conceptos y conclusiones frente a un exceso de datos y detalles bibliográficos, aunque nos mantendremos fieles a éstos. Estas páginas están dirigidas a un público lego y los que deseen un tratamiento más formal y académico pueden dirigirse directamente a las referencias arriba aludidas.

En los primeros capítulos analizaremos los logros del pasado inmediato y nos referiremos a la crisis alimentaria actual. Continuaremos con un examen de las principales líneas estratégicas para hacer frente al problema de incrementar la producción agrícola con un mínimo impacto sobre medio ambiente. Dicho aumento es necesario aunque no suficiente para alimentar a una humanidad en perpetua expansión, ya que adicionalmente se deben abordar otros problemas políticos, económicos y comerciales que se interponen entre el alimento y quien lo necesita. Finalizaremos con un capítulo de síntesis, en el que consideraremos el concepto de intensificación sostenible, y con una hoja de ruta en forma de decálogo.

## REFERENCIAS

- <sup>1</sup> *Millions Fed. Proven successes in agricultural development*. Coordinado por David J. Spielman y Rajul Pandya-Lorch. International Food Policy Research Institute (IFPRI). Washington D.C. USA, 2009. [www.ifpri.org/node/6427](http://www.ifpri.org/node/6427).
- <sup>2</sup> Alimentar a la humanidad. Aciertos del último medio siglo. F. García Olmedo. Revista de Libros, nº 163-164, julio-agosto 2010.
- <sup>3</sup> *The state of food insecurity in the world. Addressing food insecurity in protracted crisis*. Food and Agriculture Organization (FAO). Roma, 2010.
- <sup>4</sup> *Global Food Crisis*. D. Headey y Sh. Fan. IFPRI. Washington D.C., 2010.
- <sup>5</sup> *Global food and farming futures*. Extenso documento coordinado por J. Beddington, Consejero Científico. Principal del Gobierno Británico (varios autores). Philosophical Transactions of The Royal Society B 365: 2767-3097, 2010
- <sup>6</sup> *Reaping the benefits of crop research*. Coordinado por D. Baulcombe (varios autores). Science vol. 327. 2010.
- <sup>7</sup> *Environmental impacts of food production and Consumption*. Varios autores. Manchester Business School. 2006.
- <sup>8</sup> *The coming famine*. J. Cribb. University of California Press. 2010.
- <sup>9</sup> *Animal agriculture and global food supply*. Coordinado por J.W. Oltjen. CAST Report N° 135. 1999.
- <sup>10</sup> *Genetic improvements in Agriculture*. Varios autores. [www.plantcell.org/cgi/doi/10.1105/tpc.tt0511](http://www.plantcell.org/cgi/doi/10.1105/tpc.tt0511)
- <sup>11</sup> *Food security and sustainable intensification*. H.C.J. Godfray and T. Garnett. Philosophical Transactions of The Royal Society B 369: 20120273.
- <sup>12</sup> *Food Losses and waste in the context of sustainable. Food systems*. CFS-HLPE Report nº 8. June 2014.





## 2. LAS ÚLTIMAS DÉCADAS

### CONVERSACIÓN EN TUCUMÁN

A unos pasos de la casa tucumana donde se declaró la independencia de Argentina le pregunté a Eduardo Trigo si pensaba que la expansión de la soja en el país había sido un acierto o el grave error que algunos pregonaban. Eduardo, que es economista agrario y un reconocido experto en cooperación para el desarrollo, meditó antes de responderme que sin duda había sido un acierto, pero que no podía fundamentar su respuesta en pocas palabras, y me remitió a un capítulo al que había contribuido en un libro que pronto se iba a presentar en Washington<sup>1,2</sup>.

La soja en Argentina y sus conflictos me han acompañado en las frecuentes visitas a dicho país desde que, hace años, una conferencia mía en la Bolsa de Cereales de Buenos Aires fue interrumpida por una airada manifestación de agricultores disconformes con el auge del cultivo de la soja transgénica, cultivo cuya extensión en el país se ha casi cuadruplicado desde entonces hasta superar los 20 millones de hectáreas. La exportación de grano, aceite y harina de soja ha sido un factor primordial de bonanza económica y, al mismo tiempo, un motivo de conflicto constante, en un país que durante mucho tiempo viene arrastrando una grave crisis. Anteriormente también me tocó vivir otro episodio memorable, relacionado éste con el impuesto a la exportación de soja, que Cristina Kirchner pretendía modificar de un régimen de retenciones fijas (35%) a uno móvil (hasta 48%) en función del precio internacional del producto: una de las sedes de la acción cultural española en Buenos Aires hubo de cerrar sus persianas metálicas en medio de una conferencia porque en toda la ciudad, desde la Recoleta a la Plaza de Mayo, estaba teniendo lugar una de las más gigantescas caceroladas de protesta de la historia. En el momento en que hablé con Eduardo Trigo, a finales de 2009, el conflicto agrario seguía siendo

uno de los factores determinantes de la creciente merma en la popularidad de Cristina Kirchner. En lo único en que estoy de acuerdo con ella es en su declaración de que la soja no es más que un yuyo (maleza), dijo uno de los contertulios, aludiendo a la facilidad de dicho cultivo en Argentina.

En el libro mencionado<sup>1</sup>, que me apresuré a obtener, el caso de la soja ocupa su lugar entre una veintena de aciertos agroalimentarios que se han elegido como representativos de un extenso conjunto de tales aportaciones notables que han hecho del último medio siglo un periodo cuyo balance en cuanto a producción agraria es claramente positivo, a pesar de las indudables sombras.

### LOGROS DEL RECIENTE MEDIO SIGLO

Si nos atenemos a las cifras absolutas, en torno a mil millones de personas padecían hambre en los años cincuenta del pasado siglo y aproximadamente el mismo número la padecen ahora. El hambre sigue siendo sin duda una de las mayores lacras de la humanidad. Sin embargo, el número de personas que reciben el mínimo de las calorías diarias que necesitan ha aumentado de dos mil millones a más de cinco mil millones en cincuenta años, algo que apunta a que han debido abundar más los aciertos que los errores en el proceso de incrementar la producción de alimentos durante ese periodo. Así por ejemplo, China e India, que en su día se consideraron como casos sin solución, se han convertido en ejemplos de prosperidad agrícola.

En China, el número de hambrientos descendió de 303 millones en 1979-81 a 122 millones en 2003-2005, y en India, a pesar del crecimiento vertiginoso de la población, se pasó de 262 a 231 millones de hambrientos en el mismo periodo. Y no sólo se ha dado un aumento de la productividad y la producción agrarias sino que se ha mejorado la calidad de los alimentos, haciéndolos más accesibles a los grupos de población más vulnerables, tales como las mujeres y los niños.

Hasta hace un lustro, el número absoluto de hambrientos se había reducido hasta los 800 millones, pero ha bastado el último repunte de precios para que se haya desecho parte del avance realizado. Según veremos más adelante, estamos ante una crisis alimentaria que forma parte insoluble de una crisis global de los recursos básicos, incluidos

los energéticos, del clima y, de modo general, de la economía. Antes del último aumento de los precios agrícolas, el avance agropecuario en el último medio siglo se había traducido en una reducción de éstos a la cuarta parte, en divisa constante. Además, parece que estos precios permanecerán asociados en el futuro a los de la energía y ya nunca bajarán a los niveles anteriores al repunte, rompiendo así una tendencia general que los había reducido por un factor de 20 desde el siglo XVIII.

## UNA INICIATIVA DE LA FUNDACIÓN BILL Y MELINDA GATES

Los poseedores de grandes fortunas pueden clasificarse en dos grupos: el de los que deciden devolver a la sociedad parte de lo que ésta les dio y el de los que se limitan a gestionar lo atesorado. Bill Gates, a través de la Fundación Bill y Melinda Gates, se ha alineado decididamente con los del primer grupo, dedicando cantidades muy sustanciales a la investigación biomédica y a la agroalimentaria. En relación con esta última, la fundación está dedicando ayudas de investigación por valor de 120 millones de dólares para promover una agricultura sostenible a la medida de los agricultores más pobres del planeta. Estas ayudas forman parte de un esfuerzo más amplio que no se restringe a la ciencia y la tecnología, y que ha supuesto desde 2006 la distribución de 1.200 millones de dólares para proyectos de desarrollo agrícola. Dentro de este marco operativo, la fundación encargó al *International Food Policy Research Institute* (IFPRI) una evaluación de las iniciativas pasadas que, habiendo contribuido a reducir el hambre y la pobreza, puedan ofrecer pistas sobre posibles planteamientos futuros en la misma dirección<sup>1</sup>. Dicha evaluación sigue el mismo esquema que otra anterior sobre la situación global de la salud, encargada al *Center for Global Development*: un planteamiento general y un análisis de las lecciones que pueden extraerse del ejercicio, seguidos de la presentación de 20 casos sobresalientes, seleccionados de una lista preliminar de 250 candidaturas. La versión impresa se complementa con una veintena de estudios más extensos en versión electrónica a los que se puede acceder en la web del IFPRI<sup>1</sup>. En enero de 2010, también se colgó un resumen en español del libro aquí comentado que ocupa una treintena de páginas. David J. Spielman y Rajul Pandya-Lorch han coordinado esta obra que ha involucrado a medio centenar de autores<sup>1</sup>.

Antes de glosar algunos de los casos seleccionados, conviene detenerse brevemente a considerar la metodología adoptada y los criterios seguidos en la selección. Los veinte casos considerados en el libro se escogieron entre los propuestos en una convocatoria pública hecha a finales de 2008. Como condición previa, se exigía que la intervención se hubiera implementado en al menos un país en desarrollo y que hubiera incidido directamente sobre la producción agrícola, actuando sobre algún impedimento o freno a dicha producción. Luego se utilizaron cinco criterios valorativos: importancia del reto, escala de la actuación, tiempo y duración de la misma, impacto probado y grado de sostenibilidad. Puede adelantarse que los casos elegidos son representativos del último medio siglo y que, como suele ocurrir en este tipo de criba, es seguro que todos cumplen los requisitos exigidos pero que probablemente no todos los que los cumplen están incluidos. Los ámbitos en que se han desarrollado dichas intervenciones son muy variados, ya que no se restringen al de los avances tecno-científicos en agroalimentación, aunque sea sin duda el más relevante, sino que incluye otros que tienen que ver con la integración de la población con el medio, la expansión del papel de los mercados, la diversificación de la producción, la reforma de los marcos políticos y la mejora de la calidad y el valor nutritivo de los alimentos





### 3. LA REVOLUCIÓN VERDE

#### CONTRIBUCIÓN DE LA GENÉTICA

Un tercio de los casos seleccionados en el informe del IFPRI tienen como ingrediente principal, aunque no único, el desarrollo de nuevas variedades vegetales por mejora genética convencional. Entre éstos, ocupa un primer lugar destacado la obtención de variedades de trigo resistentes a las royas, enfermedades fúngicas que amenazaban seriamente a la producción mundial de trigo en los años cincuenta. Con la introducción de estas variedades se logró proteger casi 120 millones de hectáreas de cultivo de este cereal y se aseguró el alimento de entre 60 y 120 millones de hogares. Esta aventura merece ser contada como la típica novela “rags to richness”, aunque sea sucintamente, porque no sólo supuso el éxito apuntado sino que cambió el marco teórico de la mejora vegetal y fue el acto inicial de la revolución global que acabaría conociéndose como “la revolución verde”.

#### LAS ROYAS DEL TRIGO

Las royas del trigo, la de la hoja, la parda y la amarilla, son causadas por distintas especies de hongos del género *Puccinia* y pueden llegar a devastar las cosechas. Se han encontrado rastros de sus lesiones en muestras de trigo de la Edad de Bronce, con seguridad fueron causantes de hambres bíblicas y sus daños quedaron registrados en los tratados agrícolas del imperio romano. Una de las propiedades más insidiosas de estos hongos es la facilidad con que mutan para burlar las barreras de resistencia de las plantas, y en esto radica la dificultad de obtener plantas con resistencia perdurable por mejora genética. En los años 50 apareció una nueva cepa virulenta en los campos de México y Estados Unidos. La alarma desencadenó la acción conjunta de siete países americanos —Argentina, Chile, Canadá, Colombia, Ecuador, México y Estados Unidos— para seleccionar variedades resistentes, y hacia la mitad de la década se había logrado controlar el ataque. Pero

ya unos años antes, Norman Borlaug había abordado el problema y realizado una innovación que tendría gran repercusión teórica y práctica: sembrando el trigo en mayo en las tierras altas de Toluca (2600 metros de altitud, 18º N de longitud), cerca de México DF, se podía recolectar en octubre, para sembrar en noviembre en el valle de Yaqui (29 m, 28º N), situado en las tierras bajas del norte del país, y cosechar en abril. Se obtenían así dos cosechas por año y se reducía el tiempo necesario para convertir en resistentes a las variedades de trigo mexicanas, de 10-12 años a 5-6 años, lo que permitió pasar rápidamente de las variedades con resistencia lábil a las de resistencia duradera.

A este hito le siguió otro no menos revolucionario que consistió en cambiar la arquitectura de la planta mediante la incorporación de genes de enanismo procedentes de la variedad japonesa Norin 10, una idea con la que se estaba experimentando en el estado de Washington (EEUU). Los trigos semienanos resultantes no sólo convertían en grano una mayor proporción de la biomasa conseguida a partir de unas aportaciones dadas sino que respondían con mayor eficiencia al abonado nitrogenado. Las variedades de partida, de mayor porte y tallo más fino, no toleraban bien el exceso de abono nitrogenado y propendían a tumbarse, comportamiento que se denomina 'encamado' y que limita el rendimiento.

La creación del Centro de Mejoramiento del Maíz y del Trigo (CIMMYT), por convenio entre el Gobierno de México y la Fundación Rockefeller, tuvo lugar en 1943 y, once años más tarde, México fue autosuficiente en trigo. Al llevar a cabo la selección de las nuevas variedades en dos ambientes tan diversos como Toluca y Yaqui, Borlaug fue contra el gran dogma de la mejora genética hasta ese momento: el de que las variedades debían ser seleccionadas para cada localidad. Este fue el fin del mito de la variedad local: las variedades de trigo semienano y resistentes a la roya superaron a las locales en los más recónditos lugares del mundo. Por el éxito de esta aventura, Borlaug y el CIMMYT recibirían el premio Nobel de la Paz en 1970.

## LA REVOLUCIÓN VERDE EN ASIA

Los coordinadores de la obra que comentamos han tratado como caso aparte el éxito de los nuevos trigos en Asia, entre 1965 y 1985. La razón

para hacerlo estriba en que el triunfo de la Revolución Verde en este continente tuvo protagonismos adicionales a la mera introducción de las nuevas variedades, pues dependió además de otras innovaciones, tales como la disponibilidad de fertilizantes y plaguicidas, de nuevas infraestructuras y políticas públicas, de la provisión de créditos a los agricultores y de la estabilización de los precios agrícolas. En 1965, Borlaug convenció al gobierno de la India de que importara 18.000 toneladas de semilla producida en México, para tratar de incrementar una producción de trigo que estaba en torno a los 11 millones de toneladas. En 1971 se habían alcanzado los 33 millones de toneladas y la producción actual supera ampliamente los 70 millones, un incremento que supone las calorías anuales necesarias para unos 400 millones de personas.

Pakistán pasó en tres años de ser el primer receptor de ayuda alimentaria a exportar trigo a Tailandia. Los trigos mexicanos no sólo beneficiaron a los países en desarrollo sino también a los desarrollados, incluida España, donde más del 90 % de sus trigos actuales se derivan de aquéllos.

La gesta de la mejora del trigo a escala global había sido precedida por la de los maíces híbridos, en la primera mitad del siglo XX, y fue seguida por el éxito paralelo de los arrozos de ciclo corto, desarrollados en el International Rice Research Institute; en Filipinas. Ninguna de las aportaciones de la mejora genética que glosaremos a continuación llegó a tener las dimensiones globales de las mencionadas, pero fueron aciertos indudables en ámbitos regionales o nacionales.

## EL OLVIDADO CONTINENTE AFRICANO

El maíz y la yuca son dos cosechas de origen americano que llegaron a África en el siglo XVI para convertirse en la actualidad en el alimento básico para distintas regiones de dicho continente. En países como Kenia, Malawi, Zambia y Zimbabue, a partir de 1900, el maíz ha ido desplazando al sorgo y al mijo como alimento principal para la población humana. Entre los años 2000 y 2005, el maíz cubría las tres cuartas partes del área dedicada al cultivo de cereal y lo hacía con variedades modernas genéticamente mejoradas. Lo que antes de los respectivos procesos de independencia (1963-1980) había afectado a las grandes propiedades de los colonos blancos y sus descendientes,

acabó extendiendo sus beneficios a los agricultores indígenas. Los rendimientos de las variedades africanas en suelos favorables llegaron a superar a los obtenidos en Norteamérica.

Un factor fundamental del éxito fue la continuidad del trabajo de las estaciones experimentales, con sus programas de mejora, más allá de la independencia, pero esto de nada hubiera servido sin el obligado acompañamiento de toda la letanía de acciones de apoyo, de las infraestructuras a los microcréditos.

Lo que el maíz ha significado en los países africanos mencionados, lo ha hecho la yuca en el África Subsahariana, donde se consume su raíz, fresca o seca, así como en forma de pasta y productos granulados. La cosecha estuvo al borde de la extinción por ser susceptible a enfermedades virales y a plagas de insectos. Los esfuerzos por controlar el virus del mosaico de la yuca se iniciaron en Tanzania en la época colonial, pero no dieron lugar a variedades de alto rendimiento y resistentes al virus hasta décadas después en Nigeria. De modo similar, se necesitó un esfuerzo global para controlar a un insecto, la cochinilla, por lucha biológica, esfuerzo que dependió de acciones paralelas que se continuaron a menudo en climas sociopolíticos inestables y que contribuyeron a una mejoría significativa de la seguridad alimentaria de unos 30 millones de personas.

A los éxitos de la mejora genética en África vienen a sumarse los ocurridos en Asia, entre los que se han seleccionado la introducción del arroz híbrido en China, que ahora ocupa más del 60% de la superficie dedicada a este alimento básico y cuyos mayores rendimientos han permitido reducir el área que se destina a su producción. Las nuevas variedades de mijo perla y sorgo para tierras áridas en la India, que han dado lugar a un incremento del 85% en los rendimientos de dichos granos, y las variedades modernas de habichuelas mungo, desarrolladas en el *World Vegetable Center*, en Taiwán, que han llevado a un aumento de un 35% en su consumo en tierras asiáticas. Esta última leguminosa, aunque poco conocida, es rica en proteínas, hierro y otros micronutrientes.





## 4. ÉXITOS TÉCNICOS, ECONÓMICOS Y POLÍTICOS

### SIEMBRA DIRECTA EN ARGENTINA

El cultivo sin laboreo, la siembra directa, es una innovación que consiste en conservar el rastrojo de la cosecha anterior, omitiendo la roturación del suelo, para sembrar y abonar en hoyos practicados en él mediante una maquinaria apropiada. Así se acorta el tiempo entre una primera y una segunda cosecha, y, al omitir la quema o el enterramiento del rastrojo y la roturación, se reduce la emisión de carbónico asociada a estas prácticas. Además se conserva la biodiversidad en el campo de cultivo y el agua disponible, bajan los costes de producción, se ahorra energía, se evita la erosión y se regenera la estructura y la fertilidad del suelo. La introducción de la siembra directa ha llevado a éxitos de considerables dimensiones, como puede ilustrarse con los casos de la soja en Argentina y del binomio arroz-trigo en la llanura indo-gangética.

La aplicación extensiva de estas técnicas de cultivo se inició en la Argentina en relación con la introducción de la soja transgénica tolerante al glifosato y fue fruto de una inteligente alianza de agricultores, agrónomos, agentes de extensión y empresas comerciales, generada a finales de los años 80. La práctica de la siembra directa se extendió entre 1991 y 2008 hasta ocupar unos 22 millones de hectáreas, unos dos tercios del suelo laborable argentino. Se consiguió así revertir la progresiva degradación de estos suelos, se crearon unos 200.000 empleos agrícolas y se contribuyó a satisfacer la creciente demanda global de este grano, elevando a Argentina al tercer puesto entre los productores mundiales, después de Estados Unidos y Brasil.

Al menos tres factores hicieron posible esta aventura: la disponibilidad de variedades de soja transgénica resistentes al herbicida glifosato, que facilitó un control esencial de las malas hierbas sin el que la siembra directa sería imposible, el abaratamiento de dicho herbicida,

por vencimiento de la correspondiente patente, y la implementación de unas políticas agrarias apropiadas. El conflicto que la soja transgénica ha generado en el país nada tiene que ver con las circunstancias agronómicas sino que es fruto del régimen impositivo que se aplica a su exportación. En una sociedad cuya fiscalidad es débil y llena de agujeros, los impuestos a la exportación suponen la mayor fuente de ingresos en un estado centralista y poco transparente. Las provincias ya venían considerando dichos impuestos como un flujo unidireccional de recursos del campo a la capital del que no se veían retornos tangibles, como servicios o infraestructuras, por lo que cuando se intentó elevar significativamente dichas cargas, estalló la confrontación. Se trata, en cualquier caso de una pelea anecdótica en la bonanza.

## ENTRE INDIA Y PAKISTÁN

En un régimen agrícola distinto, el de la rotación anual arroz-trigo practicada en el norte de la India y en Pakistán, particularmente en los estados de Haryana y Punjab, la siembra directa ha dado lugar, desde finales de los 90, a un incremento de \$180-\$340 anuales en los ingresos medios de más de 620.000 hogares agrícolas, distribuidos por 1,76 millones de hectáreas. En esta región se siembra arroz en el periodo monzónico y trigo en la época seca; el laboreo del suelo después de cosechar el arroz retrasaba la siembra del trigo más allá del momento óptimo y esto reducía significativamente los rendimientos, inconveniente que se ha obviado con la siembra directa. Elementos clave en este desarrollo han sido la generación de una industria local para la fabricación de la maquinaria especializada y un vigoroso programa de extensión y asistencia técnica.

## ACCIONES POLÍTICO-ECONÓMICAS

Junto a las intervenciones cuyo rasgo dominante ha sido la innovación técnica hay que mencionar un buen número de casos en los que el componente crítico ha sido la gestión político-económica. Así por ejemplo, la implantación de la silvicultura comunitaria en Nepal, la liberalización y fomento del regadío en Bangladesh, la gestión del cultivo del algodón en Burkina-Faso, o el estímulo de la producción lechera a pequeña escala en la India, son casos que pueden encuadrarse en esta categoría.

Mención especial merecen los casos relativos al cambio de la tenencia y uso de la tierra en China y Vietnam. A partir de los años 70, en China se emprendieron una serie de reformas políticas que transformaron el sector agrícola y redujeron el hambre en una proporción sin precedentes en la historia de dicho país. Más del 95% del suelo agrícola pasó de un régimen de explotación colectiva, que duraba ya 30 años, a uno familiar que permitía vender en el mercado libre los excedentes que superaban a unos determinados cupos. Bajo las nuevas normas, la producción de grano aumentó un 32% y los ingresos rurales, en un 137%, reduciendo la pobreza en un 22%. Durante este proceso, se liberó mano de obra del sector rural para servir a la creciente industrialización del país. El abandono de la agricultura colectiva en Vietnam, a partir de 1986, ha tenido efectos similares a los que tuvo en China: la tasa media de crecimiento agrícola del país fue del 3,8% y esto llevó a que, en poco tiempo, Vietnam se convirtiera en uno de los principales exportadores globales de arroz y café, entre otros cultivos.

## LECCIONES APRENDIDAS

En contra de la creencia popular, aprender de los fracasos no es tan fácil como se pretende, ya que los factores que los originan suelen ser en extremo elusivos y carentes de pistas o enseñanzas. Los aciertos, en cambio, pueden tener un mayor potencial educativo, tanto por el estímulo que suponen como por la oportunidad que ofrecen de ser diversificados y prolongados en el tiempo; los aciertos se abren al futuro. Las lecciones surgen del análisis de por qué han funcionado y de la crítica de los resultados obtenidos. En cada uno de los casos seleccionados, el acierto ha gravitado sobre un elemento dominante, pero se ha necesitado toda una constelación de otros factores y acciones para que éste ocurriera. De nada hubiera podido servir una determinada innovación tecno-científica sin las inversiones complementarias, los incentivos públicos y privados, la cooperación y la colaboración sin fronteras, la planificación estratégica adecuada y, sobre todo, una implicación comunitaria en todo su desarrollo. El acierto, en este contexto, es un proceso evolutivo de prueba y error, en el que la experimentación debe ser continuada hasta el mismo fin de su vigencia. En muchos de los casos la componente técnica no es innovadora sino que se reduce a la extensión del estado del arte a nuevos ámbitos y el factor dominante es la integra-

ción acertada de acciones sociales, políticas y económicas. El acierto es como un fuego que, una vez prendido, resulta más fácil propagarlo.

### SI COMÉS CHANCHO, NO NECESITÁS VIAGRA

En la vida real los aciertos no son completos del todo e incluso a veces no son fácilmente reconocibles hasta que se examinan retroactivamente; son casi siempre ambiguos y no es infrecuente que haya quienes los pongan en duda. De esta circunstancia surgió probablemente la impopularidad de la inversión en desarrollo agrícola que cundió entre gobiernos y donantes en los años 80. Casi nunca los aciertos responden a un nítido esquema planificado sino que la conjunción de factores favorables se produce con falta de sincronía y con no poco juego del azar. Siempre se podía haber estado más acertado y conseguido un éxito más pleno y más rápido.

Spielman y Pandya-Lorch son conscientes de la importancia de señalar también los aspectos negativos. Así por ejemplo, hay que estar muy ciego a los resultados de la Revolución Verde, personalizada en Norman Borlaug, como ocurre en ciertos sectores fundamentalistas, para concluir que ésta fracasó. Millones de personas en numerosos países han podido comer gracias a sus avances técnicos, y esta consideración supera en importancia a las más severas críticas que haya podido recibir. Un aumento tan drástico del rendimiento, como ésta supuso, trajo consigo numerosos e importantes cambios socio-económicos, unos favorables y otros no: la rápida desaparición de modos de vida ancestrales, la migración del campo a las ciudades, la disminución del número de propietarios agrícolas y el aumento de la mano de obra asalariada, la pérdida de protagonismo de la mujer en este menester, la creación de escuelas y de carreteras, la mejora de los niveles de formación y de servicios y, en general, la mejora del nivel de vida son sólo algunas de las consecuencias cuya valoración debe estar presidida por el hecho fundamental de que millones de seres humanos hubieran muerto de hambre sin esa revolución.

Volviendo al caso de la rápida implantación de la soja en Argentina, al que nos referíamos al principio, debemos reafirmar que constituye un éxito de considerables dimensiones que puede llevar a dicho país a convertirse en uno de los cinco graneros del mundo. Sin embargo, abundan

las críticas a dicha implantación, unas justificadas y otras no. La fiebre de la soja ha llevado a situaciones curiosas, tales como que el ejército la cultive en sus terrenos, hasta convertirse en uno de los grandes productores, o que alguna empresa de autopistas de peaje la haya cultivado en los márgenes del asfalto. Por chocante que parezca, a la soja se le hace responsable de la epidemia de dengue, cuando en todo caso el error habría consistido en roturar suelos en el Chaco que nunca se debieron dedicar a dicho cultivo y que han dado lugar a encharcamientos favorecedores de la multiplicación del vector de la epidemia. Sin embargo, la acusación más grave es la de achacarle el declive de la cabaña vacuna, que ha reducido el número de reproductoras en un 20%, y de la disminución de la producción de trigo. La producción de soja en Argentina es tan eficaz que tolera un impuesto a la exportación que pasó del 25% al 35% sin que ésta haya dejado de ser competitiva en el mercado internacional. Las acusaciones contra este cultivo son injustificadas, ya que los supuestos desmanes son el resultado de la política agraria y de exportaciones de los gobiernos Kirchner, que restringe las de cereales y de vacuno para mantener bajos los precios internos y esto ha descorazonado a los productores, que abandonan estas producciones. La soja es compatible como segunda cosecha con la del cereal, pero de manera creciente se deja el terreno baldío por falta de incentivo. Algunos han llegado a predecir algo tan impensable como que Argentina tenga que importar trigo, carne de vacuno o leche. Ante este temor, pudimos oír a la señora Kirchner recomendar el consumo de carne de cerdo, difundiendo el mensaje de que “si comés chancho, no necesitás viagra”.

## ANTECEDENTES CERCANOS

A pesar de que Europa, en general, y España, en particular, han participado en y se han beneficiado de los avances agrarios recientes, aumentando tanto sus rendimientos por hectárea como sus producciones totales, la agricultura ha evolucionado bajo un manto de proteccionismo decreciente y de impedimentos ecologistas crecientes que nos está llevando a un abandono progresivo del medio agrícola y a una creciente dependencia de las importaciones, hasta el punto de que la Europa de los 27 ha llegado a superar a China como importador neto de alimentos, con un déficit en 2008 de 35.500 millones

de dólares. En otros términos, la importación neta expresada en suelo arable virtual creció más de un 30% entre 1999/2000 y 2007/2008, de 20 a 35 millones de hectáreas. Esto significa que, a la hora de alimentarnos, hilamos muy fino en nuestras restringidas producciones, pero en cambio hemos de hacer la vista gorda con lo que nos aportan otros: ¡Que cultiven otros!

El gran quiebro en la línea evolutiva de la agricultura española habría de esperar a la adhesión en 1986 a la Comunidad Económica Europea (CEE), a partir de la cual queda ligada a los avatares de su política, en la que desempeña un papel central el sistema de subvenciones agrarias y sus cambios a lo largo del tiempo. Aunque es cierto que la incorporación de España a la CEE desde el 1 de enero de 1986 supone el proceso más completo de liberalización y apertura de la economía española desde el Plan de Estabilización de 1959, el sector de la agricultura es el único no afectado, ya que en lugar de una liberalización sufrió tan solo un cambio del sistema de regulación e intervención: del régimen proteccionista español al de la Política Agraria Comunitaria (PAC), política cuyo establecimiento había generado una crisis comunitaria y había alargado a 8 años las negociaciones de ingreso. La adhesión supuso sin embargo unas subvenciones más generosas y una importante ampliación del mercado para agricultores y consumidores.

La producción vegetal en el territorio nacional está estrechamente ligada a un régimen hidrometeorológico en extremo voluble, en el que las precipitaciones medias están en torno a los 670 mm, pero que puede dar lugar a periodos más o menos largos de sequía. Los usos del territorio han evolucionado lentamente a lo largo del último cuarto de siglo como consecuencia de procesos tales como la creciente urbanización e industrialización, la erosión y la desertificación, la pérdida de importancia de los pastos frente al monte maderable, la disminución del cultivo de secano frente al aumento del regadío, e incluso el crecimiento de los espacios naturales protegidos. La superficie cultivada roza los 18 millones de hectáreas y ha disminuido un 2,45% en los últimos 20 años. Más drástica ha sido la disminución del número de los empleados en el conjunto del sector agricultura-ganadería-caza-silvicultura, que en la década 1996-2006 ha descendido de 241.300 a 90.700 personas.

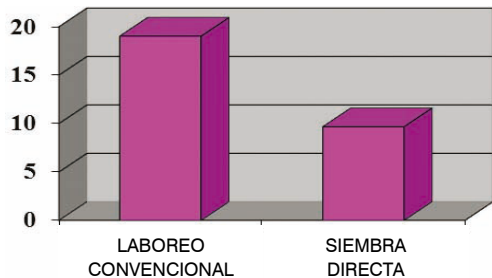
El consumo *per cápita* de carne en España está en torno a los 90 kg

por año, más de cuatro veces la que se consumía a principios de los años sesenta. La sustitución entre distintos tipos de carne es un proceso lento. Así por ejemplo, el consumo de vacuno en España sigue subiendo, el consumo *per cápita* de carne de cerdo también sufre un aumento continuado y lo mismo ocurre con la de pollo, aunque en menor grado. La producción ganadera representa en torno al 40% de la producción final agraria en España, fracción que se ha mantenido estable desde los primeros años setenta, después de sufrir un rápido crecimiento. Por número de animales, el orden e importancia de las distintas especies sería ovino+caprino, porcino y bovino. El ganado ovino+caprino español representa más del 25% de la cabaña en la Unión Europea de 27 países. La cría de aves para carne es una de las producciones ganaderas más destacadas y ha estado en constante aumento durante las últimas décadas, aunque habitualmente somos importadores netos de esta carne.

## SIEMBRA DIRECTA

Controla la erosión  
Aguas más limpias  
Respeto al hábitat de fauna y microfauna  
Ahorra gasóleo  
Retiene carbono en la materia orgánica del suelo

## CONSUMO DE GASOLEO POR TM DE TRIGO PRODUCIDA EN NAVARRA (ITGA, 1996)





## 5. LA CRISIS AGROALIMENTARIA

### EN LA MONTAÑA RUSA

Si nos fijamos en las cifras de la desnutrición humana a nivel mundial, podemos comprobar que, a principios del siglo XXI, nos encontramos ante una montaña rusa de bruscas subidas y bajadas, con tendencia al alza. Después de unas décadas de lento declive en el número total de desnutridos, la cifra descendió por debajo de los 800 millones en el periodo 1995-1997. Desde entonces, dicha cifra no ha hecho sino subir, especialmente a partir de 2005, para alcanzar los 1.023 millones en 2009. Tanto la brusca subida como la reducción de la cifra en 98 millones durante 2010 son consecuencia de la crisis económica y, en particular, de la extrema volatilidad de los precios agroalimentarios, fenómeno al que nos referiremos más adelante.

En los países en desarrollo se concentra el 98% de los hambrientos, dos tercios de ellos en tan solo siete países: Bangladesh, China, República Democrática del Congo, Etiopía, India, Indonesia y Pakistán; sólo a China corresponde el 40% de la cifra global. La zona Asia-Pacífico concentra la mayoría de personas desnutridas, 570 millones, y el África sub-sahariana, la mayor proporción relativa, 30%. Como se verá, el acoplamiento entre la variación de los precios y la del número de desnutridos depende del grado de integración de las economías locales con el comercio internacional y de la situación rural o urbana de los que padecen hambre.

La situación que acabamos de resumir en unas pocas cifras nos aleja de los Objetivos del Milenio (18% de desnutrición en 2009 y 16% en 2010, frente al 10% como objetivo para 2015) y los del *World Food Programme* (menos de 400 millones de personas desnutridas para 2015). Antes de abordar los posibles objetivos para el año 2050, debemos examinar en más detalle esta crisis actual.

## PRECIOS

Hacia finales del año 2006, los precios de los alimentos habían subido en torno al 30% con respecto a los valores medios del periodo 2002-2004 y, a partir de ese momento, sufrieron una brusca subida, hasta superar el 113% en el invierno y en el verano de 2008, para luego bajar rápidamente hasta el 43% en 2009 y subir de nuevo hasta la cota del 114% a finales del 2010. El azúcar, que casi ha llegado a cuadruplicar su precio, los aceites y grasas, los cereales y los productos lácteos, que han sufrido subidas y bajadas de distinta magnitud, han protagonizado el vaivén extremo de los precios. Mientras tanto, los precios de la carne han sufrido una subida paulatina.

Dado que el número de personas que pasan hambre en el mundo está estrechamente ligado a los precios de los alimentos, la volatilidad de éstos ha provocado una crisis agroalimentaria, cuyas consecuencias sobrepasan el ámbito estrictamente social para entrar en el político, como uno de los detonantes de las revueltas que han afectado a numerosos países en desarrollo. Además, parece que los precios ya nunca bajarán a los niveles anteriores a la crisis, rompiendo así una tendencia general que desde el siglo XVIII había supuesto una reducción de hasta 20 veces.

La crisis alimentaria no es más que una faceta de una crisis más general que afecta a la economía, la energía, la gestión de los recursos y el cambio climático; es decir, no está ocurriendo de un modo independiente. Sin embargo, lo que llamamos crisis alimentaria tiene sus causas inmediatas y sus consecuencias específicas, como veremos a continuación.

## CAUSAS

Según los expertos, la crisis alimentaria va a ser duradera y obedece a factores múltiples, tales como las oscilaciones del precio del petróleo, las devaluaciones del dólar, el bajo nivel de reservas alimentarias, las presiones especulativas del mercado de futuros, el incremento de la población y del consumo per cápita, las políticas de importación y exportación de algunos países, el desvío de una parte sustancial de la producción agraria hacia la fabricación de biocombustibles, la dismi-

nución de los rendimientos por el estrés debido al cambio climático y la falta de inversión en innovación agropecuaria, están entre los factores citados con más frecuencia como desencadenantes. Distintas instituciones, incluidas la *Food and Agriculture Organization* (FAO), el Fondo Monetario Internacional (FMI) y el *Internacional Food Policy Research Institute* (IFPRI), difieren poco a la hora de señalarlas, aunque discrepan al establecer la importancia relativa de cada una. En términos generales, parece como si el éxito relativo de las últimas décadas hubiera hecho bajar la guardia. En particular, la tasa de crecimiento de la producción de alimentos ha ido por detrás de la del crecimiento de la población durante la última década, justo el tipo de comportamiento relativo que propuso Malthus hace más de dos siglos y que no se ha acabado produciendo. Hasta mediados del siglo XX, la amenaza maltusiana no se cumplió por la continua expansión de la frontera agropecuaria y, en menor grado, por el incesante desarrollo de nuevas variedades más productivas. En el último medio siglo, ha sido la mejora del rendimiento de las nuevas variedades, la que ha tenido el protagonismo técnico de la derrota de la amenaza maltusiana.

A la complejidad causal del fenómeno contribuye el hecho de que los factores involucrados no han actuado sincrónicamente sino que se han ido desplegando en distintos momentos a lo largo de más de una década. Así, por ejemplo, el número de demandantes y la demanda per cápita de alimentos han venido ejerciendo una presión continuada y creciente sobre los precios alimentarios, pero estos habían sido relativamente independientes de los de la energía hasta que, a partir de 2002, la rápida expansión de la producción de biocombustibles acopló la evolución de los unos con la de los otros. La importancia cuantitativa de la influencia de la producción de biocombustibles ha sido considerada menor por la FAO e importante por el FMI. Sea como sea, todos coinciden en que, de cumplirse los objetivos y plazos establecidos tanto por Estados Unidos como por la Unión Europea para la expansión de los biocarburantes, el impacto sobre los precios de los alimentos será de gran calado. Parece que además los citados objetivos han abierto la puerta a la especulación, una circunstancia ampliamente citada como verosímil que, sin embargo, resulta difícil de demostrar, a juzgar por un estudio reciente realizado en el IPFRI. Por otro lado, la depreciación

del dólar respecto a otras monedas ha estimulado la demanda de los granos de cereales por parte de los países importadores.

Ya se ha mencionado que la tasa de aumento de la producción de alimentos se ha mantenido por debajo de la del crecimiento de la población en la última década, una tendencia a la que, con seguridad, ha contribuido el hecho de que las inversiones en innovación agropecuaria han ido declinando en ese tiempo. Este descuido deberá ser subsanado a escala global y, muy especialmente, en relación con los problemas específicos de los países más azotados por la crisis. En este contexto, es en África donde se concentran buena parte de los retos. Al desfase entre el crecimiento de la población y la disponibilidad de alimentos han contribuido también negativamente otros factores más aleatorios, como son los fallos de las cosechas debidos a circunstancias meteorológicas adversas (2006-2008). Más allá de la coyuntura concreta están las tendencias generales de cambio climático que, más rápidamente de lo que se pueda pensar, pueden influir en la disminución de los rendimientos de las cosechas que no se adapten a ellos.

En relación con las políticas comerciales, han operado una serie de circunstancias negativas que han contribuido a elevar los precios alimentarios, tales como la restricción a las exportaciones por parte de los países productores, lo que ha afectado a los precios internacionales del trigo y del arroz; la bajada de tasas de importación por parte de los países consumidores, contrarrestando así la restricción de la demanda que hubiera resultado de la subida de precios; el declive deliberado de las reservas de grano y los intentos de recuperar éstas en momentos de tensión alcista en el mercado.

Entre los máximos de los precios alimentarios de 2008 y 2010 se produjo una drástica bajada en 2009, cuyo análisis causal ilustra algunos aspectos de los mecanismos que rigen el ti vivo alimentario. La fuerte subida de 2008 estimuló el aumento de la superficie sembrada y el de los insumos agrícolas, de un modo más tímido en los países en desarrollo y de una forma más decidida en los países de OCDE, lo que dio lugar a una cosecha record en 2009. Como consecuencia, los precios empezaron a bajar, con la excepción del arroz, probablemente porque hubo un aumento puntual de la demanda para reponer las reservas. La

bajada llevó a que los países productores que habían restringido las exportaciones relajaran dichas restricciones, aumentando así la oferta y acelerando la bajada de precios.

## CONSECUENCIAS DE LA CRISIS ALIMENTARIA

El gasto alimentario puede representar tan poco como el 15% del presupuesto familiar en un país desarrollado y tanto como el 50-90% en los países en desarrollo. En este último caso, la subida de precios resulta devastadora, ya que agota fácilmente los posibles ahorros, fuerza a pedir préstamos allí donde está implantado algún sistema de microcréditos y se traduce en aumentos sustanciales del número de personas que no cubren el mínimo diario de calorías alimentarias. Más de una treintena de países africanos, más de una docena de países asiáticos y algunos países americanos han sido especialmente afectados por este problema, junto a sectores importantes de las poblaciones con rentas per cápita intermedias e incluso altas.

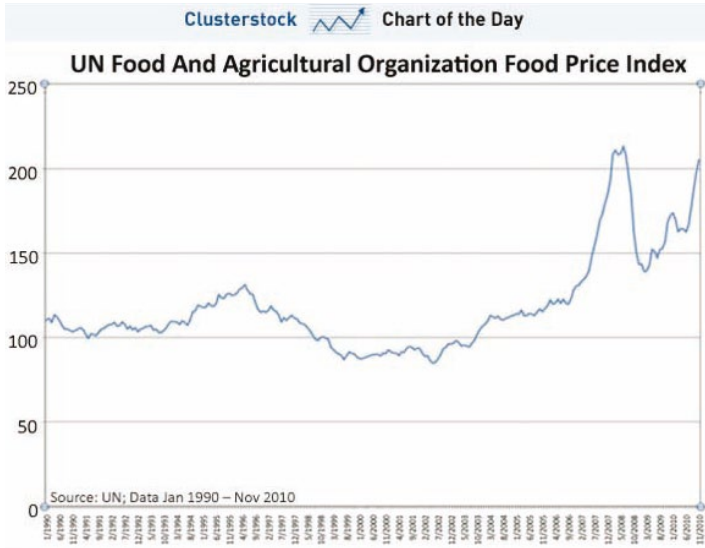
En principio, los precios altos podrían haber beneficiado a los agricultores de los países en desarrollo, pero sólo una minoría puede considerarse que lo hayan sido, ya que una mayoría de las familias rurales son compradores netos de alimentos básicos y muy pocas tienen suficiente suelo y capital para generar un exceso de alimento para vender, más allá del necesario para cubrir sus necesidades. Un mantenimiento prolongado de los precios podría llegar a estimular la producción, pero la volatilidad del mercado impide que esta respuesta lenta llegue a producirse. En cualquier caso, los pobres rurales han sufrido menos que los urbanos, especialmente en aquellos países donde el mercado local está más desligado del internacional.

Algunos gobiernos respondieron vigorosamente a la subida de precios, poniendo en marcha medidas orientadas a paliar los efectos. Entre éstas, cabe enumerar las siguientes: control de precios y subsidios de los alimentos básicos; distribución de reservas a precios bajos; frenado de las exportaciones de grano y reducción de las tarifas a las importaciones; distribución de alimentos o de dinero para comprarlos a grupos vulnerables y subsidios a los insumos agrícolas para fomentar la producción local. Existe bastante controversia sobre la oportunidad, ventajas e inconvenientes de algunas de estas medidas, como por

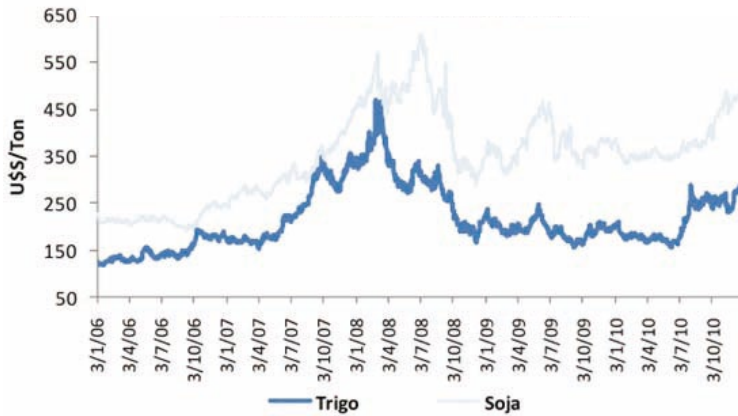
ejemplo, la distribución de dinero para alimento, el fomento de la autosuficiencia frente a la especialización productiva, la conveniencia o no de que los países mantengan grandes reservas de grano o la posibilidad de reservas estratégicas para emergencias.

A escala internacional, la crisis ha puesto de manifiesto la incapacidad de las instituciones de ámbito global especializadas en estos temas frente a la crisis alimentaria. Ante la emergencia, se ha constatado que ninguna de dichas instituciones, ni siquiera la FAO, dispone de las capacidades y recursos para actuar con eficacia, que muchas de las instituciones tienen objetivos que solapan y redundan y que, a la hora de buscar recursos acaban encontrándose en la misma cola ante los mismos donantes. Algunos pasos se han empezado a dar para reorganizar el sector bajo un organismo que pueda estar a la altura de los problemas.

Se ha señalado que la crisis alimentaria y energética de 2008 ha sido la avanzadilla de una crisis económica en toda regla que, a corto plazo, va a hacer muy difícil responder específicamente a las demandas alimentarias de la humanidad. La reducción del empleo y la disponibilidad de crédito, junto a los aumentos de la inflación, están reduciendo los presupuestos familiares y la capacidad tanto de comprar como de producir alimentos. La crisis económica se cierne sobre hogares cuyas reservas y ahorro han sido ya profundamente erosionados y cuya vulnerabilidad es ya extrema.



### EVOLUCIÓN DE PRECIOS TRIGO Y SOJA





## 6. RETOS ALIMENTARIOS DEL MEDIO SIGLO

### HORIZONTE DEL 2050

Ante la sombría situación actual, de cuya complejidad y dificultad de análisis hemos tratado de dar una idea sucinta, resulta especialmente difícil tratar de especular sobre cuál será la situación hacia la mitad del presente siglo. Trataremos de concretar cuáles son los retos alimentarios en los horizontes del 2030 y del 2050, partiendo de las proyecciones actuales de factores relacionados con la población, tanto con su aumento como con la demanda *per cápita*.

A pesar de las turbulencias que acabamos de describir puede concluirse que la humanidad está mejor alimentada que nunca, en términos relativos, y que los precios están oscilando en torno a un mínimo histórico. Sin embargo, la volatilidad actual, que se debe a condicionantes objetivos, hace muy difícil conjeturar cuál será el futuro del sistema alimentario global hacia el año 2030 y sobre todo el 2050. Para tratar de horquillar, en términos cuantitativos, los retos del medio siglo es preciso establecer cuál será la magnitud de la demanda y hasta qué punto vamos a disponer de los recursos necesarios para satisfacerla. Debemos considerar primero el crecimiento de la población, la evolución de los patrones geográficos de consumo *per cápita* y de ingresos per cápita y la influencia del proceso de urbanización sobre el sistema alimentario (oferta y demanda). En segundo lugar, deberemos explorar las limitaciones que las disponibilidades de los factores de producción —suelo, agua, energía y otros insumos— pueden plantear a la consecución de los objetivos alimentarios.

Hay quienes consideran el horizonte del 2050 como demasiado lejano y vaticinan ya una 'tormenta perfecta' para el 2030 si no se consiguen cumplir para ese momento los objetivos de aumentar un 50% la disponibilidad de alimentos, otro 50% la de energía y un 30% la de agua dulce asequible.

## LA POBLACIÓN EN 2050

Resulta crítico entender las futuras tendencias de la población para estimar la demanda futura de alimentos. Las poblaciones se componen de cohortes de diferentes edades y distinto sexo, a cada una de las cuales le corresponden tasas de mortalidad, fertilidad o crecimiento que son distintas en los diferentes países, al igual que su distribución rural/urbana y su nivel educativo. Existe una correlación negativa de este último factor con la malnutrición y la inseguridad alimentaria, así como también con el acceso a la contracepción, siendo la educación creciente un factor determinante del declive en fertilidad que caracteriza las transiciones demográficas.

La demanda global de alimentos no crece sólo por el crecimiento de la población sino también por el aumento de la demanda per cápita. Cuando la accesibilidad del alimento mejora para un malnutrido, se produce un mero incremento del consumo per cápita de los mismos alimentos que venía consumiendo en precario (granos de cereales y leguminosas, raíces y tubérculos, principalmente). En una segunda fase, se produce una sustitución por alimentos de mayor contenido calórico, tales como diversos tipos de carne, aceites y azúcar, los cuales requieren en general una mayor inversión de recursos. Así por ejemplo, la sustitución del consumo directo de grano por el de carnes, en principio, más costoso porque se necesitan varias calorías de grano para producir una de carne, aunque esta cuestión se suele interpretar de un modo simplista y es más compleja de lo que parece. A su análisis dedicaremos el capítulo 11. Aparte de las repercusiones sobre la demanda, la transición alimentaria está teniendo consecuencias adversas sobre la salud, ya que aumenta la proporción de obesos en las poblaciones y, según algunos expertos, propicia una disminución de la esperanza de vida, un parámetro que había crecido ininterrumpidamente desde que se inició su registro.

## EVOLUCIÓN DE LOS PATRONES DIETÉTICOS

Los patrones dietéticos globales están también sujetos a cambios que resultan de procesos socio-económicos tales como la migración del campo a la ciudad, y la expansión y globalización de la industria alimentaria y de sus redes de distribución, lo que ha propiciado una dieta más

variada en los países desarrollados. En este contexto, por ejemplo, los expertos llaman la atención sobre el ritmo con que la comida rápida y los supermercados se han expandido al sur de Estados Unidos a lo largo de una década. Para predecir cómo evolucionará la demanda de alimentos de un país se requiere conocer cómo lo hará la distribución de la renta per cápita y cómo se relaciona dicha renta con la compra de alimentos. Estas relaciones son distintas para cada país, de modo que, por la política de desincentivar las dietas occidentales en Corea del Sur, este país tiene menores tasas de obesidad que otros de similar poder adquisitivo y, por razones culturales y religiosas, la transición alimentaria en la India ha conducido a una dieta menos hipercalórica que en la China.

Las proyecciones al año 2050 del consumo de alimentos están sujetas a considerables incertidumbres, principalmente por la dificultad de discernir los posibles cambios cualitativos y cuantitativos en las dietas, así como en la renta *per cápita*, de los distintos países. En la primera mitad del siglo XXI, se estima que el consumo calórico *per cápita* a escala global crecerá desde las 2.789 kcal/persona/día a las 3.050 kcal/persona/día.

## CRECIMIENTO LOCALIZADO

En el momento en que la población del planeta ha superado los 7.000 millones de habitantes, existe una considerable incertidumbre sobre el tamaño que podrá alcanzar hacia la mitad de este siglo, pero se suele considerar que su crecimiento la situará en una horquilla de entre 8.000 y 10.000 millones de habitantes, el 70% de ellos en áreas urbanas. La incertidumbre se deriva de la variación de las tendencias de la fertilidad y la mortalidad, pero dado que la fertilidad es todavía muy alta en África y en el Oeste de Asia, así como la juventud de la población actual, parece inevitable que se superen los 8.000 millones en 2050, y muy probable que se pase de los 9.000. Prácticamente todo el incremento de la población tendrá lugar en los países en desarrollo y es probable que en la segunda mitad del siglo el crecimiento se estanque y se inicie un lento declive.

No es muy sabido que Antón van Leeuwenhoek (1632-1723), el hábil pulidor de lentes, cuya fama se debe a que nos desveló el mundo

microscópico, también se interesó por lo muy grande, por el universo, y planteó por primera vez la cuestión de cuál sería el tamaño máximo que podría alcanzar la población humana. Cifró este máximo en unos 12.000 millones, una cifra nada descabellada a la luz de las estimaciones que se barajan en la actualidad. Las Naciones Unidas, el Banco Mundial, el *Population Reference Bureau* (Washington), o el *World Population Programme* of the Internacional Institute for Applied Systems Analysis (IIASA, Viena) son algunas de las principales instituciones que se ocupan del problema periódicamente, incluyendo distintos escenarios posibles y siguiendo diferentes metodologías.

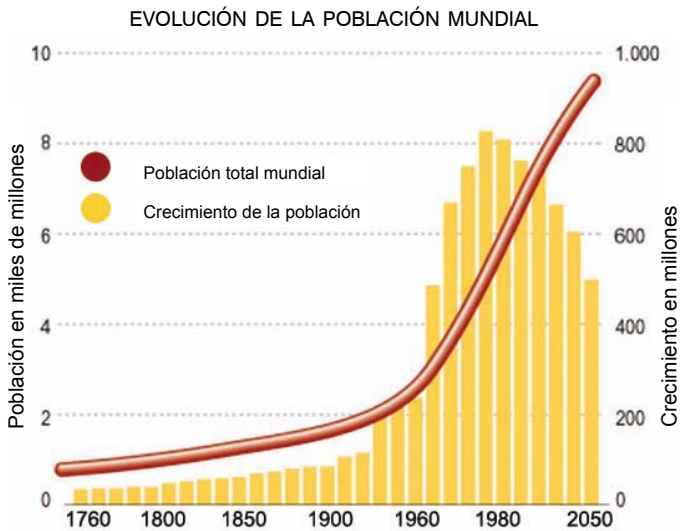
TABLA 6-1. PROYECCIONES DE LA POBLACIÓN PARA 2050  
(millones de personas)

Área Sub-área	2010	2050
Mundo	6.865	9.021
África	1.032	1.998
Sub-Sahara	687	1.861
Asia	4.145	5.095
China	1.330	1.235
India	1.220	1.658
Europa	730	664
Unión Europea	495	479
América del Norte	349	445
Iberoamérica/Caribe	594	769
Brasil	199	254
Oceanía	35	49

Entre todas estas estimaciones, se suele adoptar la denominada variante media de las proyecciones de Naciones Unidas como referente en el tratamiento de la seguridad alimentaria. En la Tabla 6-1 se consignan algunos datos de interés extraídos de dicha proyección.

A la vista de las proyecciones más probables del tamaño de la población y del consumo *per cápita*, se considera que la producción de alimentos tendrá que crecer en torno al 70% para el año 2050, un reto que ignoramos si podremos afrontarlo con los conocimientos tecnológicos actuales. Esta estimación sería mucho mayor si se hace

gravitar sobre la producción vegetal la de cosechas destinadas a la producción de biocombustibles, tal como se estipula por ahora en los planes vigentes tanto en la Unión Europea como en Estados Unidos. Otras dificultades añadidas se derivan de la necesidad de aumentar la compatibilidad de la actividad agrícola con las demandas medioambientales, así como del hecho de que las áreas donde aumentará más la demanda de alimentos no serán necesariamente aquellas en las que será más fácil aumentar la producción, algo crucial a pesar de la creciente globalización del comercio alimentario y de las sombrías predicciones respecto al cambio climático.





## 7. SUELO Y AGUA

### FACTORES DE PRODUCCIÓN LIMITADOS

El reto de aumentar la disponibilidad de alimentos en un 70% para el año 2050 no es ni mucho menos exclusivamente técnico, aunque no hay duda de que para responder a él no basta con aplicar el actual estado del arte sino que habrá que realizar una serie de avances técnicos cuyo buen fin es por ahora incierto. La dificultad radica en las limitaciones que ya han surgido y seguirán surgiendo en las disponibilidades de factores esenciales para la producción agrícola, como son el suelo laborable, el agua, la energía y los nutrientes, así como el continuo cambio de las reglas del juego que lleva consigo el cambio climático.

Las mencionadas limitaciones han de situarse en el marco actual de la dominación humana de los ecosistemas de la Tierra (Tabla 7-1). Nuestro conocimiento del hábitat global y nuestra capacidad técnica para explotarlo no están en consonancia con nuestra habilidad para gestionarlo de una forma sostenible, ante el aumento incesante de la población y del consumo *per cápita*. La transformación del territorio supone ya el 40% del disponible y ha ocurrido como consecuencia de actividades de diversa intensidad y distintas consecuencias, pero de forma prominente por la necesidad de producir alimentos. Por encima del 10% del suelo ha sido destinado a la práctica agrícola y otro 6-8% ha sido convertido en pastizales. Consumimos ya el 40% de la producción vegetal (en suelo cultivado, pastos y bosques); somos responsables del 20% del CO<sub>2</sub> generado, y el nitrógeno fijado artificialmente es ya el 58% del fijado de modo natural. Dentro de este panorama general, la especie humana se apropia de más del 54% del agua dulce renovable que es accesible. Detengámonos brevemente a considerar los distintos factores.

TABLA 7-1

## MAGNITUD APROXIMADA DE LOS IMPACTOS HUMANOS SOBRE LA TIERRA

Alteración de los ecosistemas terrestres	Fracción alterada
Transformación del territorio por el ser humano	42% de la superficie
Consumo humano de la biomasa vegetal (incl. bosques)	40% del total
Invasión de hábitats por plantas foráneas	20% de las especies
Extinción de pájaros en los dos últimos milenios	22% de las especies
Pesquerías explotadas al máximo, en exceso, o extintas	60% de la marinas
Emisiones de CO <sub>2</sub> de origen antropogénico	20% del total emitido
Fijación artificial de nitrógeno	58% de la biológica
Agua dulce renovable apropiada por el ser humano	> 54%

\*Basado en Vitousek *et al.* *Science* 277, 294 (1997)

## SUELO LABORABLE

Es sabido que, hace más de dos siglos, Robert Malthus supuso que mientras la población humana iba a crecer según una progresión geométrica, la producción de alimentos lo iba a hacer según una progresión aritmética. La realidad se ha encargado de desmentir a Malthus, al menos hasta recientemente, ya que, aunque la población creció más deprisa de lo predicho, la producción de alimentos aumentó a una tasa mayor que la del crecimiento de la población. Hasta mediado el siglo XX, fue el aumento de la superficie cultivada el que resolvió principalmente el problema, aunque también se produjeron variedades mejoradas genéticamente que aumentaron el rendimiento por hectárea. A partir de ese momento, el aumento de la producción de alimentos ha dependido casi exclusivamente del aumento del rendimiento por unidad de superficie, ya que para esas fechas se habían puesto en cultivo todas las tierras idóneas para tal fin, junto a millones de hectáreas que jamás debieron cultivarse. Desde hace medio siglo, el suelo es un factor de producción limitado: si entonces se disponía de media hectárea por persona para alimentarnos, en el 2050, si nos fiamos de las predicciones, dispondremos de menos de un tercio de esa cifra. Por supuesto que todavía puede ponerse nuevo suelo en cultivo, sobre todo en África y América del Sur, con algunas enmiendas técnicas,

pero el suelo laborable se destruye a mayor velocidad de la que se crea, debido a la expansión de las ciudades y las infraestructuras, la erosión, la desertización o la salinización.

El suelo agrícola se ha convertido en un bien de carácter estratégico que hace bastante tiempo atrae las inversiones de los grandes especuladores financieros. Así por ejemplo, son numerosas las grandes fortunas que han comprado considerables extensiones en países tales como Namibia, Chile o Argentina, país este último en el que una docena de propietarios han acaparado más de una docena de millones de hectáreas que cubren más de la mitad de sus acuíferos subterráneos. Posteriormente, países como China, Corea del Sur, Arabia Saudí, Emiratos, Qatar o incluso Suráfrica, andan comprando o arrendando a largo plazo millones de hectáreas en otros países, sobre todo africanos. Así por ejemplo, la venta fallida de miles de hectáreas a Corea del Sur hizo caer el gobierno de Madagascar. Este nuevo fenómeno ha tomado por sorpresa incluso a instituciones especializadas como la FAO, que han debido apresurarse a estudiarlo para poder tomar decisiones apropiadas a sus objetivos. La limitación del factor suelo hace gravitar sobre otros factores el cumplimiento del objetivo antes enunciado de aumentar un 70% la producción de alimentos para el año 2050.

## AGUA DE RIEGO

Las necesidades humanas de agua componen una demanda global cuya dimensión obliga a considerarla como un recurso natural que puede resultar limitante para el desarrollo económico. No es sencillo establecer cuál es el umbral de la pobreza respecto a la disponibilidad de agua dulce (limpia o contaminada), ya que si bien las necesidades fisiológicas para beber se establecen de forma objetiva, el mínimo necesario para mantener una adecuada calidad de vida es más elusivo. Algunos expertos han cifrado en 100 litros por persona y día las necesidades mínimas para bebida, cocina, higiene y otros fines domésticos. A esta cifra hay que añadir la del agua necesaria para la actividad agrícola, la producción industrial y la generación de energía, lo que supone varios centenares de litros adicionales. Una situación se considera como de escasez extrema si las disponibilidades totales de

agua dulce no superan los 1.000 metros cúbicos por persona y año, mientras que la ausencia de estrés hídrico se sitúa por encima del límite de 1.700 metros cúbicos por persona y año. De forma aproximada, el 15% del agua se destina a fines domésticos, otro 15% a usos industriales y la mayor parte, el 70%, a la producción agrícola. En España, país cuya pluviosidad es limitada, se dedica a regadíos una proporción del agua disponible bastante superior a la media europea. Además, éste es uno de los países con mayor número de embalses para la producción hidroeléctrica, un uso que es compatible con el agrícola.

En contraste con la proporción de la población mundial que pasa hambre, que viene disminuyendo, aunque no de forma satisfactoria, la de los que padecen escasez extrema de agua va en aumento, del 3% en 2000 al 7% que se predice para 2025, análogamente a la de los que padecen estrés hídrico, del 5% al 31% en el periodo señalado.

El agua dulce es el principal factor limitante de la producción agrícola. A diferencia de otros recursos naturales, el agua no tiene sustitutos para la mayor parte de sus usos y su transporte es costoso e impracticable más allá de unos cientos de kilómetros. El agua dulce representa menos del 3 % del volumen total de agua que hay en el planeta y, además, dos tercios de ella se encuentran atrapados en forma de hielo en polos y glaciares, mientras que el tercio restante se distribuye entre seres vivos, atmósfera, ríos, lagos, zonas pantanosas, acuíferos subterráneos y poros del suelo. No toda el agua dulce es renovable, ya que existen vastos depósitos de agua fósil subterránea, acumulada en tiempos pretéritos sin que se explote o se renueve. Éste es el caso del depósito existente en el subsuelo de la desértica Libia, a partir del cual se está procediendo a crear un río artificial que se secará cuando el citado depósito se agote.

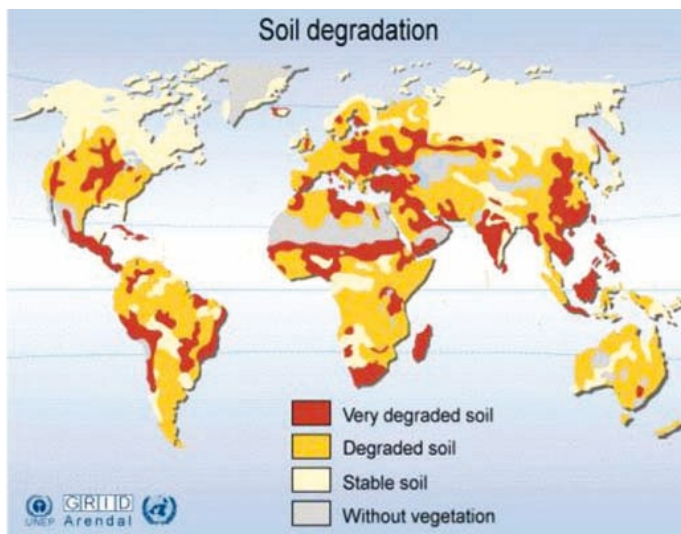
Lo que llueve sobre tierra es del orden de 110 *mkmc* (*mkc*, mil kilómetros cúbicos), de los que 70 *mkc* vuelven a la atmósfera en forma de vapor y 40 *mkc* fluyen hacia el mar, ya sea en corrientes superficiales —ríos y escorrentías— o subterráneas, completándose así el ciclo hidrológico. Se estima que un 26% de los 70 *mkc* de agua dulce que vuelven a la atmósfera desde tierra, corresponden a la evapo-transpiración de la masa vegetal de los cultivos, pastos y bosques bajo dominio humano.

De los 40 *mkc* que fluyen hacia el mar, sólo 12,5 *mkc* nos serían accesibles geográfica y temporalmente, ya que el resto corresponde a flujos remotos y a inundaciones no captables. En toda la biosfera, sólo la especie humana se apropia de más de la mitad del agua dulce accesible, entre los usos substractivos (35%), que son la mayoría, y la utilización en flujo (19%), que incluye, entre otros, los usos recreativos y los relacionados con el transporte. Para el 2025, algunos expertos estiman que la apropiación humana podría representar el 75% del agua accesible, lo que no evitaría que entre 3.000 y 4.000 millones de personas estuvieran bajo un régimen de escasez extrema o de estrés hídrico.

Ante esta situación de demanda prioritaria de agua, difícilmente se podrá dedicar una mayor proporción a la producción agrícola, respecto a la cual sólo cabe una mejor gestión y aprovechamiento de la fracción que ya se dedica a este fin. Es cierto que todavía hay localidades en las que es posible la implantación del riego, pero el proceso de degradación de los regadíos, por salinización o por contaminación de acuíferos, supera con creces al proceso creativo. De hecho, el agua dedicada a la agricultura puede verse disminuida en el futuro por la competencia de las demandas para otros fines, especialmente por la de los requerimientos de flujos mínimos para el mantenimiento de los ecosistemas y el medio ambiente, un agua que no ha venido entrando en los cálculos hasta ahora.

La desalinización del agua de mar es un proceso que, a pesar de la mejora progresiva de su eficiencia y de su abaratamiento, sigue siendo prohibitivamente costoso tanto en términos económicos como energéticos, por lo que no puede proponerse como solución para las demandas agrícolas. Además, el cambio climático está modificando la geografía de la lluvia y la sequía, lo que alterará las fracciones dedicadas a los distintos usos en cada región, y por otra parte, inducirá un aumento de las temperaturas que incrementará la evapotranspiración.







## 8. ENERGÍA, NUTRIENTES Y MEDIO AMBIENTE

### ENERGÍA

La agricultura moderna depende en gran medida de la energía fósil. El progreso de la actividad agrícola a lo largo del siglo XX ha llevado asociado un incremento notable de la energía consumida tanto de modo directo, en la realización de las distintas operaciones, como indirectamente, en la producción de los insumos necesarios para dicha actividad, tales como los fertilizantes, los productos fitosanitarios o la maquinaria agrícola. Este incremento de la energía consumida ha sido uno de los factores responsables del notable aumento de la producción de alimentos que ha tenido lugar, especialmente desde los años sesenta. Como ejemplo ilustrativo puede utilizarse el caso del maíz en Estados Unidos: en 1910, el consumo directo de combustible por tonelada de grano era desdeñable frente a los 20 litros que se consumían en 1980, lo mismo que el consumo indirecto imputable a los fertilizantes (5 kg/Tm), los fitosanitarios (0,5 kg/Tm) o la maquinaria. En contraste, la mano de obra necesaria bajó de más de 60 horas/Tm a menos de 2 horas/Tm. El rendimiento de maíz por hectárea se multiplicó por 3 entre 1940 y 1980. La relación entre el insumo de energía y el rendimiento no es lineal, de modo que un menor consumo de energía no sólo disminuye el rendimiento sino que aumenta el consumo de energía por tonelada de alimento producido.

La disminución de la mano de obra necesaria ha contribuido a mejorar la eficiencia de la producción de alimentos y ha liberado al ser humano del duro trabajo en el surco, hasta el punto que una sola persona pueda manejar hasta 300 hectáreas de maíz de un modo altamente mecanizado y tecnificado. Sin embargo, el precio creciente de la energía, las previsibles limitaciones en el uso de los combustibles fósiles y la necesidad de limitar las emisiones de anhídrido carbónico, hacen de la mejora de la eficiencia energética de la producción agrícola y

el aumento de su dependencia de energías renovables una prioridad imperiosa. La producción de fertilizantes nitrogenados representa más de la mitad del consumo agrícola de energía.

## NUTRIENTES

Las plantas contienen los elementos nitrógeno, fósforo y potasio en unas proporciones fijas que están determinadas genéticamente, de tal modo que si falta alguno de ellos como nutriente (en forma de nitrato, amonio, urea, fosfato, potasa, etc.) el crecimiento queda detenido y el más escaso de los tres se convertirá en limitante del crecimiento. Es sencillo calcular las cantidades de estos elementos contenidas en la totalidad de la producción anual de alimentos y es obvio que deberemos devolver al suelo aquello que hemos extraído, en la debida forma y momento, si queremos cosechar año tras año. El volumen de lo producido ha alcanzado tal dimensión que dicha devolución plantea problemas en la actualidad y, sobre todo, los planteará en el futuro. Estos problemas son específicos para cada uno de los elementos y nos referiremos a ellos de forma sucesiva.

El nitrógeno puede aportarse al suelo como componente del abono orgánico (materia vegetal, estiércol, compost) o en forma inorgánica (fertilizantes nitrogenados), pero las plantas sólo pueden absorberlo en forma inorgánica, por lo que el abono orgánico deberá degradarse (mineralizarse), para liberar en forma inorgánica el nitrógeno que contiene y poder ser útil a la planta. Puede decirse que la planta necesita nitrógeno inorgánico (nitrato, amonio...) y lo absorbe sin importarle su procedencia, sea ésta la fabricación por síntesis química a partir del nitrógeno atmosférico, la lenta mineralización de la materia orgánica o el contenido en el agua de lluvia.

Además ciertas plantas, como las leguminosas, pueden fijar el nitrógeno atmosférico en simbiosis con ciertas bacterias, notablemente especies bacterianas del género *Rhizobium*. En la fijación simbiótica de nitrógeno se consume una considerable cantidad de energía fotosintética, lo que va en claro detrimento de la producción de grano y, en definitiva, de las calorías alimentarias generadas por hectárea. En contra de una creencia muy generalizada, la conversión de la planta de

trigo en fijadora de nitrógeno, algo técnicamente casi inimaginable, le haría perder su principal gracia, que es la de ser uno de los principales sustentos de la humanidad, ya que tendría que dedicar gran parte de la energía luminosa captada a la fijación de nitrógeno, en lugar de hacerlo en la producción de biomasa.

La idea de incluir las leguminosas en la rotación de cosechas como modo de enriquecer el suelo en nitrógeno está justamente implantada desde antiguo en la buena práctica agrícola, pero no es una respuesta eficaz a la demanda global de nitrógeno. Sin la síntesis química de fertilizantes nitrogenados, no sería posible alimentar a la humanidad, ni en la actualidad ni en el futuro, pero la cantidad que se necesita fabricar es tal que plantea y planteará importantes problemas en lo que se refiere al gasto energético y a las emisiones de gases con efecto invernadero. Además, el suelo apenas es capaz de retener el nitrógeno aportado, salvo en forma de materia orgánica, por lo que el que no es absorbido por la planta, acaba eutrofizando las aguas de ríos y lagos, con graves consecuencias medio-ambientales. Las dificultades técnicas para paliar estos problemas son considerables.

Para aportar fósforo a los cultivos disponemos exclusivamente de fosfatos minerales cuyos yacimientos se distribuyen irregularmente por el planeta. Existen regiones, como China y el Norte de África, que son especialmente ricas en estos minerales, pero no cabe duda que estamos ante un recurso natural finito cuyo plazo de agotamiento definitivo dependerá de la tasa de uso y de la magnitud de las reservas. La estimación de estas reservas es incierta por el momento, ya que su estimación se basa en un inventario basado en las declaraciones de los países que las poseen, lo que le resta fiabilidad. Como con todo recurso finito, parte de la incertidumbre se debe al desconocimiento de cuáles serán las dificultades crecientes para su extracción. Los más pesimistas alertaron de que el máximo de extracción se produciría ya en 1989, aunque esa predicción catastrofista no se confirmó. Las posturas de la FAO o de la industria de fertilizantes tienden a ser menos pesimistas, y una estimación más reciente y aquilatada sitúa el pico del fósforo hacia el 2030, un plazo que muchos no creen que está tan cerca.

Sea como sea, la calidad del fosfato roca que va quedando es cada vez menor y sus costes de extracción y producción, cada vez mayores. La planta sólo aprovecha una fracción del fosfato que se aporta al suelo y la mayor parte del no aprovechado es retenido en el suelo al transformarse en fosfatos insolubles. Existe un cierto margen para mejorar el aprovechamiento eficiente del fosfato por la planta cultivada, mediante técnicas de solubilización y por la vía genética, mientras que son prioritarias las investigaciones para mejorar la gestión de este nutriente, incluida su recuperación de aguas residuales, tanto animales (purines) como humanas, y a partir de las aguas marinas.

Los suelos en general van liberando lentamente cierta fracción del potasio que las plantas necesitan para desarrollarse, el resto de esta necesidad debe cubrirse mediante la aportación de potasa, un mineral del que existen amplias reservas en distintos países del mundo, notablemente en Canadá, y respecto al cual no existe una preocupación tan acuciante como en el caso del fosfato.

Aparte de nitrógeno, fósforo, potasio, y otros macronutrientes (magnesio, azufre), las plantas necesitan en menores proporciones otros elementos minerales, los micronutrientes (p.ej., hierro), que en el futuro pueden convertirse en limitantes de la producción y cuyo acopio puede presentar problemas.

## MEDIO AMBIENTE Y CAMBIO CLIMÁTICO

La práctica agrícola ha sido contraria al medio ambiente desde su implantación y, de hecho, tanto más contraria al medio ambiente cuanto más primitiva y menos eficiente. No se van a resolver los problemas del futuro recurriendo, como postulan algunos, a las técnicas del pasado, técnicas que fueron responsables hasta de la desaparición de más de una cultura. Buena parte del debate actual sobre el impacto ambiental de la producción de alimentos está desenfocado por el errado empeño de referir los impactos a la hectárea de suelo laborable, cuando en realidad deben referirse a la tonelada de alimento producida, como se hace, por ejemplo, con el acero al consignar la energía o el agua consumidas para producirlo. El impacto ambiental causado por la producción de una tonelada de trigo es tanto menor cuanto más eficiente es el sistema productivo, cuanto mejor se aprovechen los

insumos necesarios: si abonamos por debajo del nivel óptimo, seguramente necesitemos más abono por tonelada de grano, y una variedad moderna de trigo necesitará menos suelo, menos energía y menos productos químicos para producir una tonelada de grano que una de hace 30 años. Una mayor eficiencia de la producción evitará tener que invadir suelo virgen para aumentar el tonelaje total producido. La agricultura moderna es más compatible con el medio ambiente que la tradicional, pero todavía queda mucho por andar para hacerla aún menos contaminante.

A las constricciones medioambientales que las veleidades del clima imponen en la actualidad a la producción de alimentos vienen a sumarse nuevas demandas derivadas del proceso de cambio climático en que estamos inmersos. Según los modelos de cambio climático, se espera un cierto incremento de las temperaturas entre el momento actual y el año 2050, incremento que puede cambiar la geografía agrícola actual, al tener como consecuencia una redistribución de las sequías y las lluvias, de la frecuencia e intensidad de los acontecimientos meteorológicos de dimensión catastrófica y, en fin de las regiones favorables y desfavorables para la agricultura. La elevación del nivel del mar amenaza con inundar suelos óptimos para el cultivo, y la aumentada fusión de los hielos polares, con cambiar drásticamente la hidrología de los regadíos actuales. En la ruleta del cambio habrá ganadores y perdedores, y unos y otros tendrán que adaptarse a las nuevas circunstancias, especialmente en lo que se refiere a la mejora genética para adaptar las variedades cultivadas a los nuevos entornos.







## 9. MEJORA CLÁSICA Y PLANTAS TRANSGÉNICAS

### LA PLANTA CULTIVADA

De la planta cultivada nos viene el alimento, lo que significa que en ella deben anudarse todos los avances técnicos dirigidos a aumentar la producción agrícola global. En el último capítulo nos referiremos a las distintas combinaciones o alternativas agrícolas en las que pueden organizarse dichos avances, aquí nos referiremos brevemente a la planta cultivada.

Ya vimos que los incrementos de producción en la revolución verde se basaron en la mejora del índice de cosecha, el manejo de la resistencia a plagas y enfermedades o el acortamiento del ciclo vital. A la vuelta del siglo, los avances técnicos que caracterizaron a la citada revolución flaquearon en su capacidad de aumentar los rendimientos, por lo que en la actualidad es imperativo adoptar estrategias adicionales.

Los rendimientos récord de las distintas cosechas son difíciles de superar, pero existe todavía un amplio margen para acercar los rendimientos medios a dichas marcas. Los rendimientos medios en la imperfecta realidad de las explotaciones actuales son más bajos que los que se obtienen en los campos experimentales, donde supuestamente se aplica el estado del arte, y éstos están a su vez muy por debajo de los récord, tanto por causas que sería posible modificar o paliar mediante innovaciones, tales como la resistencia o tolerancia a los distintos estreses bióticos y abióticos, como por causas frente a las cuales será difícil encontrar soluciones. La mera difusión generalizada del estado del arte acercaría significativamente los rendimientos medios a los experimentales, mientras que en el acercamiento de los rendimientos experimentales a los rendimientos récord deberán desempeñar un papel destacado tanto la mejora genética tradicional como en las innovaciones aportadas por la genómica y la ingeniería genética. Las plantas transgénicas constituyen una vía segura y eficaz para solucionar muchos

problemas que se plantean entre la planta cultivada y su entorno.

Las cosechas transgénicas que se han ido introduciendo en los últimos 20 años, cuya seguridad está ampliamente contrastada, alcanzaron ya en 2013 una extensión global de 175 millones de hectáreas, un 12% de los 1.500 millones de hectáreas del suelo laborable que se explota. Se trata de una nueva tecnología cuyo potencial para mejorar aspectos concretos de la planta cultivada está ya fuera de duda. Únicamente en Europa estas plantas están sujetas a un rechazo de raíz ideológica, no basado en los datos científicos.

La ingeniería genética permite realizar alteraciones puntuales en el genoma de una variedad obtenida por los métodos clásicos de la mejora vegetal, de modo que si se practica en una mala variedad se obtendrá una mala variedad y si se aplica a una buena variedad se conseguirá mejorarla en alguna característica agronómica de interés. La mejora clásica y la ingeniería genética son tecnologías complementarias para elevar los rendimientos medios de las cosechas.

## MEJORA GENÉTICA VEGETAL

Estudios a escala global de las producciones de las cosechas básicas, trigo, arroz y maíz, muestran como se han ido incrementado sus rendimientos de un modo casi lineal, a tasas de hasta 33 kg por hectárea y año. Estos incrementos han dependido del desarrollo de nuevas variedades que responden bien al abono nitrogenado y de la mejora de la protección de los cultivos mediante productos fitosanitarios adecuados. Los incrementos de producción obtenidos al optimizar la eficiencia del uso de los abonos nitrogenados o por el control de plagas, enfermedades o malezas, tienen límites concretos y, una vez alcanzados, no cabe llevarlos más allá. Por esta razón, los incrementos obtenidos en el pasado no pueden necesariamente servirnos de guía para los que habremos de obtener en el futuro si queremos mantener e incluso aumentar el alimento disponible *per cápita*. De hecho, para muchas cosechas se está constatando un estancamiento en los incrementos anuales de sus rendimientos.

Los mejoradores deben operar sobre distintos aspectos funcionales de la planta para mejorar su rendimiento: la captura de energía solar por parte de la fotosíntesis, la eficiencia del uso de la radiación y el

desvío preferente de la materia fotosintetizada hacia las partes comestibles de la planta. Recuerden, como ejemplo de esto último, que en los trigos semienanos de la Revolución Verde, una mayor proporción de la biomasa producida acababa en el grano en comparación con los que los precedieron: su índice de cosecha era mayor.

En comparación con las variedades actuales, el incremento del rendimiento de las futuras variedades vendrá probablemente de un aumento de la capacidad de captura de energía solar mediante el retraso genético de la senescencia (aumento del periodo de captura de luz). Esto sería especialmente relevante en relación con el calentamiento global, ya que un tiempo atmosférico más cálido tendería a acortar el periodo de maduración de los granos, con pérdida de rendimiento, lo que se evitaría con plantas de senescencia más tardía.

Un amplio horizonte para mejorar los rendimientos es el representado por la mejora genética de la resistencia o tolerancia a factores adversos, tanto bióticos como abióticos, que causan cuantiosas pérdidas a las cosechas. Nos referimos a la resistencia a enfermedades y plagas, a temperaturas extremas, a la acidez o la salinidad del suelo y, de modo prominente, a la sequía. La resistencia a enfermedades causadas por microbios es una característica altamente relevante en un momento en el que se están prohibiendo por razones ambientales muchos de los productos fitosanitarios de mayor utilidad. Aunque la mejora genética convencional ha hecho y seguirá haciendo contribuciones notables a la resistencia o tolerancia de las plantas a factores adversos, es la ingeniería genética la que en el futuro tendrá mayor protagonismo.

Así como las principales cosechas han sido objeto de intensos programas de mejora genética, hay muchas especies cultivadas, poco importantes a escala global pero decisivas en regiones concretas, a las que no se les ha prestado tanta atención y para las que existe un amplio margen para la mejora clásica. Así por ejemplo, la yuca es el alimento básico de millones de personas en zonas tropicales y subtropicales que, sin embargo, apenas ha sido sometida a un proceso de mejora. Algo parecido ocurre con la quinoa, una planta de origen suramericano, que, aunque no tiene las propiedades mágicas que le atribuyen algunos, podría aportar más a la alimentación en ciertas regiones.

## BIOTECNOLOGÍA MOLECULAR. PLANTAS TRANSGÉNICAS

El término biotecnología alude a cualquier tecnología que tenga un componente biológico, sea un ser vivo completo, como una bacteria, una levadura o un organismo superior, sea una parte de un organismo, tal que una enzima como la que está presente en el cuajo. Esta definición engloba procesos milenarios, desde la producción de vino, cerveza o queso, hasta la propia producción agrícola. En las últimas décadas ha irrumpido una nueva forma de biotecnología en la que los elementos biológicos son los genes y las moléculas, principalmente el ADN y las proteínas. El potencial utilitario de la biotecnología molecular ha acabado alcanzando de lleno a la producción agroalimentaria a través de la posibilidad de modificar microorganismos y plantas mediante técnicas moleculares, tales como el aislamiento y caracterización de genes y la transgénesis. Estas técnicas han sido, antes que nada, poderosas herramientas de conocimiento, y más tarde, fundamento de aplicaciones de interés agronómico.

Una planta transgénica es aquella cuyo genoma, que puede contener en torno a 30.000 genes, ha sido modificado mediante ingeniería genética, por adición de uno o varios genes o por alteración e incluso inutilización de uno o más genes propios. El propósito de esta operación es corregir de una forma apropiada los caracteres agronómicos de una variedad cultivada. El gen añadido o alterado se transmitirá a la descendencia como uno más del genoma.

Una variedad transgénica es indistinguible de la no transgénica de partida excepto por la característica añadida. Nadie es capaz de distinguir en el campo un maíz transgénico resistente al taladro frente al sensible de partida, salvo cuando aparece la plaga.

El pasado mes de febrero se publicaba un informe sobre la difusión de las cosechas transgénicas en 2013, elaborado por el *International Service for the Acquisition of Agri-Biotech Applications* (ISAAA). En el mencionado año se sembraron plantas transgénicas en un total de 27 países, 19 en desarrollo y 8 desarrollados, que representan casi el 60% de la población mundial. De los 18 millones de agricultores que adoptaron esta tecnología, el 90% fueron pequeños agricultores de países en vías de desarrollo, países en los que la implantación ha

crecido rápidamente hasta superar en superficie sembrada a la de los desarrollados.

El cultivo de cosechas biotecnológicas ha crecido vertiginosamente durante los últimos 18 años, siendo sin duda la tecnología agrícola reciente de más rápida adopción. El 27% del total sembrado (47,1 millones de hectáreas) lo ha sido con variedades con más de un gen añadido por transgénesis (stacked traits, eventos apilados). Los cinco países líderes en el cultivo de variedades transgénicas fueron Estados Unidos, con el mayor repertorio (70,1 millones de hectáreas de maíz, soja, algodón, colza, remolacha, alfalfa, papaya y calabacín), Brasil, el país con mayor crecimiento de superficie sembrada con transgénicos (40,3 millones de hectáreas de soja, maíz y algodón), Argentina (24,4 millones de hectáreas de soja, maíz y algodón), India (11 millones de hectáreas de algodón), Canadá (10,8 millones de hectáreas de colza, maíz, soja y remolacha) y China (4,2 millones de hectáreas de algodón, papaya, chopo, tomate y pimiento dulce). Cinco países en desarrollo, Argentina, Brasil, China, India y Suráfrica, con el 41% de la población mundial, cultivaron el 47% de las cosechas transgénicas. África continúa avanzando en su apuesta por estos cultivos: Burkina Faso y Sudán aumentaron la superficie de algodón bt en un 50% y un 300%, respectivamente. Camerún, Egipto, Ghana, Kenia, Malawi, Nigeria y Uganda realizaron ensayos de campo. De las 148.013 hectáreas de maíz transgénico resistente al taladro (Maíz Bt) que se sembraron en la UE, 15% más que en 2012, a España le correspondieron 136,962 hectáreas.

De 1996 a 2012, los cultivos biotecnológicos aumentaron la producción en 116,9 mil millones de dólares y disminuyeron el uso de plaguicidas en 497 millones de kg de materia activa. Debido a las altas cifras actuales de penetración, los incrementos futuros de estos cultivos se irán haciendo más moderados.

En cuanto al tipo de cosecha, los cuatro grandes cultivos transgénicos fueron la soja tolerante a herbicida (73,3 millones de hectáreas), el maíz Bt resistente al taladro (46,8 millones de hectáreas), el algodón resistente a plagas (21 millones de hectáreas) y la colza modificada (7 millones de hectáreas). En los 18 años de implantación generalizada de estos cultivos se han incrementado significativamente las produc-

ciones: la soja, 83,5 millones de toneladas, el maíz, 130,5 millones, algodón, 10,5 millones, y colza, 5,5 millones.

## RENDIMIENTOS

El rendimiento récord de una cosecha se obtiene de la mejor variedad, en la hectárea más favorable para el cultivo, en el año meteorológico más propicio y según el tratamiento y el manejo más apropiados. En contraste, el rendimiento medio es muy inferior, hasta en un 80%, debido a que la actividad agrícola se realiza habitualmente en condiciones subóptimas. Algunos factores que determinan el desfase entre el rendimiento máximo potencial, representado por el récord, y el rendimiento medio pueden ser más o menos sometidos al control humano, mientras que otros no. Entre los primeros están una serie de factores adversos frente a los cuales es posible actuar mediante la modificación genética de la planta, y entre los segundos estarían factores como los climáticos o las características básicas del suelo, de difícil control. La mejora genética tradicional ha venido manipulando las características relacionadas con la tolerancia a factores adversos con mayor o menor éxito, pero, al depender muchas de ellas de uno o pocos genes, la ingeniería genética y la transgénesis pueden ser muy eficaces para realizar las modificaciones necesarias.

Entre los primeros éxitos indudables de la ingeniería genética de plantas hay que mencionar la soja tolerante a herbicida, que ha facilitado la doble cosecha anual, por ejemplo soja y trigo en la pampa húmeda argentina, y el cultivo sin laboreo; el maíz resistente al taladro, que blindó a dicha cosecha frente a una plaga devastadora; el algodón resistente a las tres especies de insectos que destruyen la cápsula, y la colza híbrida, que sería imposible de obtener sin esta tecnología y que permite aprovechar el vigor híbrido o heterosis. Tras el probado éxito de estas aplicaciones, existen centenares de otras posibles que ya han salido de los laboratorios, que están más o menos lejos de llegar al mercado y que se encuentran ante un injustificado clima de rechazo ideológico. Antes de referirnos a dicho rechazo, lo haremos brevemente a los beneficios ya obtenidos.

Las ganancias económicas a nivel de explotación fueron aproximadamente de 116.900 millones de dólares en 17 años, de los cuales el 58%

se debieron a la reducción de costes de producción (menos labores, menos fitosanitarios y menos mano de obra) y el 42% a ganancias en el rendimiento. Además de estos beneficios económicos, los transgénicos han propiciado importantes reducciones del impacto medio-ambiental de la producción de alimentos: en el periodo considerado, se redujo el uso de productos fitosanitarios en 393 millones de toneladas, un 8,7% del consumo total que no fue vertido al medio ambiente. Como esta reducción en el tonelaje ha ido acompañada de la sustitución de los productos en uso por otros más compatibles con el medio ambiente, la reducción del impacto ambiental debido a los fitosanitarios se redujo en realidad en un 17%. La introducción del maíz Bt resistente al taladro ha supuesto no sólo beneficios para los que lo han cultivado, por disminución de pérdidas y aumento del rendimiento medio, sino que ha producido beneficios aún mayores para los que no lo han adoptado, ya que se han beneficiado de la notable reducción de la plaga sin haber pagado por ello. En cuanto a las emisiones de anhídrido carbónico a la atmósfera, sólo en 2009, los cultivos transgénicos supusieron una reducción de 17.700 millones de kg de CO<sub>2</sub>, emisión equivalente a la anual de casi 8 millones de automóviles. Si en 2009 no se hubieran cultivado variedades transgénicas, se hubiera necesitado sembrar casi 25 millones de hectáreas adicionales para conseguir la producción obtenida.

Han transcurrido tres décadas desde la obtención de la primera planta transgénica sin que se haya producido un solo incidente adverso a la salud humana, mientras que la incidencia negativa de su cultivo sobre el medio ambiente ha sido claramente inferior a la de las cosechas convencionales. No hay razón alguna para el irracional rechazo que sufren por parte de ciertos sectores ecologistas. Rechazo ideológico aparte, las plantas transgénicas reúnen todos los requisitos para ser integradas en cualquiera de las opciones productivas, desde la mal llamada agricultura ecológica hasta la más sofisticada agricultura de precisión. En el próximo capítulo abordaremos en detalle el asunto de la bioseguridad.

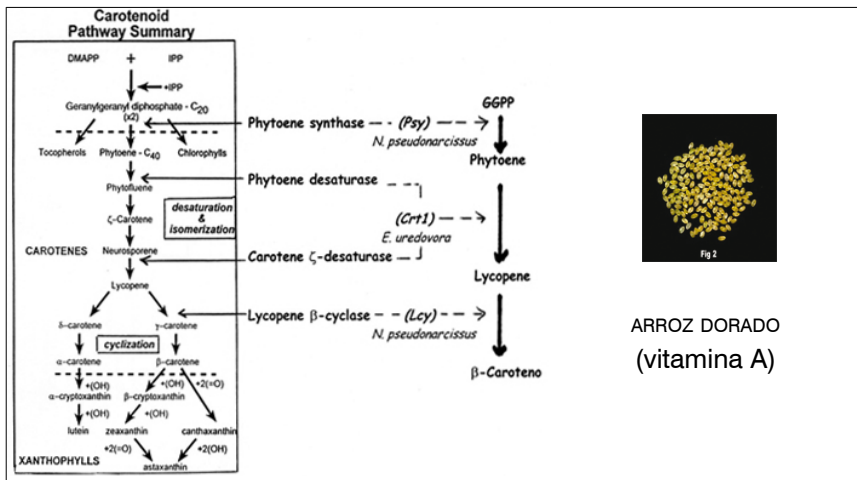
## LA BIOTECNOLOGÍA AGRARIA EN ESPAÑA

Dentro de esta descripción a grandes rasgos del marco general, la contribución española ha sido ciertamente modesta, pero nada desde-

ñable. Nuestro país ha sido desde el principio el principal productor de transgénicos en Europa, lo que está justificado porque es también el principal importador de granos para piensos de todo el continente, principalmente soja y maíz. Consumimos productos cárnicos por encima de la media europea y, por razones climáticas, no disponemos de los pastos que tan abundantes son al norte de nuestras fronteras. No producimos soja, pero sí maíz en zonas en las que estas cosechas son sensibles al taladro, una plaga de insectos que destruye por completo la cosecha en algunas regiones de Aragón, Cataluña o la Mancha. De ahí que el maíz Bt, resistente al taladro, haya tenido una entusiasta acogida en esas regiones.

La moratoria de facto que afecta directamente a Europa ha dañado seriamente la investigación básica en el área y el desarrollo de nuevas aplicaciones. A pesar de todo, las innovaciones potenciales han seguido produciéndose a la par con la investigación básica.

1 - 2 MILLONES DE MUERTES INFANTILES/AÑO  
 >1 MILLÓN DE NIÑOS CON CEGUERA TOTAL  
 5 MILLONES DE NIÑOS CON CEGUERA NOCTURNA  
 120 MILLONES CON DEFICIENCIA DE VITAMINA A



ARROZ DORADO (vitamina A)

MAÍZ BT EN EL NORTE DE ESPAÑA





## 10. BIOSEGURIDAD

### UNA OPOSICIÓN IDEOLÓGICA

La oposición a los cultivos transgénicos en Europa tiene una raíz estrictamente ideológica, ya que no se han formulado contraindicaciones objetivas que diferencien a estos cultivos de los convencionales. Esta oposición justifica que hagamos un inciso en nuestra narración para referirnos brevemente a este asunto, resumiendo los argumentos relativos a las tres vertientes de la bioseguridad: la que afecta directamente al ser humano, la que afecta a otros organismos vivos y la que incide sobre el medio ambiente.

### SEGURIDAD PARA EL SER HUMANO

Hablar de los riesgos de las plantas transgénicas y de los alimentos derivados de ellas —como de los de cualquier otra tecnología, sea la eléctrica o la del acero— no cabe hacerlo más que aplicación por aplicación. De hecho, la aprobación del cultivo y consumo de plantas transgénicas se hace caso por caso, según un riguroso proceso en el que se tienen en cuenta todos los riesgos imaginados, por desdeñables que parezcan. Nunca en la historia de la innovación se han tomado precauciones tan extremas. En todo caso, el cultivo aprobado es sometido a seguimiento y la autorización puede ser revocada en cualquier momento en que surja una alarma fundada.

No existe el riesgo nulo. Toda actividad humana conlleva un cierto riesgo que ha de ser siempre evaluado en función de los beneficios que dicha actividad reporta: la vacuna de la viruela causó problemas serios a algunos individuos, pero salvó millones de vidas. Las aplicaciones de los nuevos avances biológicos pueden comportar algunos riesgos, pero éstos son evitables mediante la restricción o la prohibición de aquellas aplicaciones que sean peligrosas.

Además, la manipulación genética de las plantas cultivadas ha tenido

como uno de sus objetivos, desde el neolítico hasta la actualidad, la eliminación de algunos riesgos de los productos naturales, tales como la presencia de sustancias tóxicas: la cereza silvestre posee sustancias nocivas que fueron eliminadas por selección gracias a que el sabor amargo asociado a ellas o su toxicidad manifiesta permitían detectar su presencia sin recurrir al análisis bioquímico. Por otra parte, en algunos casos se ha seleccionado a favor de la presencia de sustancias nocivas: en ciertas variedades picantes de pimiento —algunas muy apreciadas— se encuentran concentraciones altas de capsaicina, una sustancia citotóxica que destruye las membranas celulares empujando por las de las propias papilas gustativas.

Es evidente que las proteínas codificadas por los genes ajenos que se introducen en una planta transgénica, o las sustancias cuya síntesis pueda depender de dichas proteínas, deben carecer de toxicidad para el hombre. Si expresamos en el tomate el gen de la toxina botulínica, incurrimos en un riesgo cierto y de graves consecuencias. De aquí que la aprobación de productos transgénicos deba hacerse caso por caso y que la carencia de toxicidad se deba averiguar en los antecedentes bibliográficos e investigar según ensayos bien establecidos.

Otro aspecto a considerar es la posible alergenicidad de las plantas transgénicas. El polen del ciprés o del chopo, la harina de trigo o de soja, las almendras y otros frutos secos, las frutas, los mariscos y tantos otros alimentos habituales con los que estamos en contacto pueden causar reacciones alérgicas en individuos susceptibles. La introducción de genes ajenos implica añadir nuevos componentes que se irán a sumar a las decenas de miles que ya componen cualquier alimento. Algunos de estos componentes ajenos pueden poseer propiedades alérgicas notables y en ese caso debe evitarse su incorporación por expresión transgénica.

No sólo se excluye transferir genes que codifiquen alérgenos conocidos sino que también se evita, en principio, transferir genes procedentes de organismos de los que se derivan alimentos que producen alergia, a no ser que se demuestre que el gen en cuestión codifica una proteína que no es responsable de la alergia observada.

Finalmente, carece de fundamento en términos reales el miedo a que

los genes incorporados al alimento transgénico puedan incorporarse a nuestro propio organismo. Después de todo, llevamos consumiendo durante cientos de milenios células animales que poseen los genes necesarios para fabricar cuernos y no se ha observado ningún ser humano con tal característica.

## SEGURIDAD GENÉTICA

Una preocupación muy generalizada es la de que los genes añadidos a un organismo transgénico se transfieran a otros organismos. Los genes (uno o unos pocos) foráneos añadidos se incorporan al genoma de la planta que, como ya se ha dicho, contiene entre 20.000 y 30.000 genes. Una vez incorporados, estos genes corren la misma suerte que los preexistentes en el genoma. El flujo génico de unos genomas a otros es muy limitado, pero ocurre en ciertas circunstancias. Veamos en cuáles es improbable y en cuáles no puede descartarse.

No debemos temer la transferencia de genes desde el genoma vegetal —transgénico o no— a los microorganismos del tracto digestivo. No se ha observado dicha transferencia en experimentos especialmente diseñados para tal propósito y, por otra parte, tampoco es ésta de esperar desde el punto de vista teórico. Los genes de resistencia a antibióticos, que se emplean como auxiliares en la ingeniería genética, han sido especialmente señalados en este contexto, ya que de transferirse, interferirían con el uso clínico del antibiótico correspondiente. A pesar de no existir un riesgo objetivo y de que los antibióticos afectados ya no se usan en clínica, se ha acordado no utilizar en el futuro dichos genes y sustituirlos por otros como auxiliares.

Una segunda vía de posible flujo génico es la transmisión por polen a plantas cultivadas de la misma o de distinta especie y a plantas de especies silvestres taxonómicamente próximas. Para que dicha vía opere es preciso que se den las siguientes circunstancias: que el polen sea transportado, que la planta receptora esté en el momento apropiado para ser polinizada, que el polen sea compatible, que la planta resultante sea fértil y que su descendencia sea viable.

En el caso de plantas no transgénicas de la misma especie, el riesgo es desdeñable si son autógamias (autofertilizables), y medible, si no lo son. Si la semilla es híbrida, como en el maíz, no hay riesgo de

transmisión a la descendencia, por lo que basta con rodear la parcela de maíz transgénico con varias filas de maíz no transgénico, para que las parcelas próximas no reciban polen transgénico por encima de los límites legales. De todas formas, existen soluciones tecnológicas que, por así decirlo, pueden hacer inviable el polen en plantas distintas de la transgénica.

No hay posibilidad de que el polen transgénico fertilice plantas cultivadas de otras especies y, aunque de forma restringida, sí la hay de que lo haga a especies silvestres taxonómicamente próximas. Como ya hemos dicho, una vez incorporado a un genoma, el gen foráneo corre la misma suerte que el resto de los miles de genes de dicho genoma. La transferencia a otras especies ocurre con muy baja frecuencia y hay que distinguir entre distintas situaciones.

Si la planta es alógama (polen transportado por el viento o por insectos), se pueden dar circunstancias de distinta probabilidad según la mayor o menor facilidad con que se produzca la fertilización cruzada entre flores distintas de la misma especie. Así por ejemplo, la colza representa una situación de probabilidad más baja que la alfalfa. En Canadá se han sembrado varios millones de hectáreas de colza transgénica y se lleva a cabo un seguimiento exhaustivo. Hasta ahora no hay motivo para la alarma. La posibilidad de que se generen “supermalezas” al hacer las plantas cultivadas resistentes a ciertos herbicidas carece de fundamento, aunque la maleza que recibiera el gen de resistencia no sería controlable por el herbicida concreto en la parcela de cultivo, pero no le supondría ventaja alguna fuera de ella. Por otra parte, es muy improbable que la adición de uno o pocos genes a una planta cultivada la asilvestren. El proceso de domesticación es complejo y supone cambios radicales en el genoma, por lo que en esencia no es reversible por la introducción de características agronómicas adicionales.

Se han expresado dudas sobre la estabilidad y localización de los genes foráneos que se incorporan a una planta transgénica. Esto no son más que problemas técnicos de fácil solución que en ningún caso suponen un riesgo. Si debe someterse a un escrutinio cuidadoso la incorporación de genes que codifican proteínas de virus, ya que, aunque confieren resistencia al virus, pudieran en algunos casos dar lugar a cepas virales recombinantes.

## SEGURIDAD MEDIO-AMBIENTAL

Aparte de los flujos génicos que acabamos de considerar, el riesgo que las plantas transgénicas podrían suponer para el medio ambiente tiene dos vertientes principales: la inducción de resistencia a los productos transgénicos por parte de los patógenos y de las plagas que se quieren controlar con dichos productos y los posibles daños de la planta transgénica a otros organismos que entren en contacto con ella.

La posible inducción en un organismo de resistencia al principio activo que se usa para combatirlo es un problema común a los antibióticos, a los productos fitosanitarios convencionales y, por supuesto, a las plantas transgénicas. El uso de estrategias de aplicación que retrasen al máximo la aparición de dicha resistencia es de interés tanto para la empresa de semillas como para el agricultor.

En cualquier caso, la posibilidad de aparición de resistencia no justifica dejar de usar un sistema de protección mientras funcione, del mismo modo que el que un antibiótico vaya a dejar de ser eficaz no implica que no lo usemos mientras pueda salvar millones de vidas. Debemos usarlo con buen juicio para alargar su vida útil. En el caso de las plantas transgénicas, se sigue una estrategia de refugios no transgénicos que dificultan la aparición de resistencia y, por otra parte, es importante recordar que pueden ser un elemento más en la lucha integrada.

Los posibles daños que las plantas transgénicas resistentes a un determinado organismo puedan causar a otros organismos que entren en contacto con ellas han sido objeto de debate. En particular, ha dado mucho que hablar el caso concreto del maíz transgénico resistente al taladro europeo y los daños potenciales a la mariposa monarca. Si se fuerza a dicha mariposa a consumir dosis altas de polen de maíz transgénico su viabilidad es menor que si consume polen no transgénico. Sin embargo, la mariposa no consume maíz ni polen en condiciones de campo, ya que vive de una planta euforbiácea, y los daños cuando está próxima a los campos de maíz son mínimos. En contraste, el tratamiento con plaguicidas le afecta significativamente y, si se renuncia a tomar medidas protectoras, los taladros pueden destruir por completo la cosecha de maíz.





¿ES PREFERIBLE UN BOLLO CON LA INDICACIÓN “ACEITE DE SOJA MG” O LOS QUE SOLO INDICAN “GRASAS VEGETALES”?





## 11. ¿CAMBIAR DE DIETA?

### EL MITO VEGETARIANO

Abordamos ahora una particular versión del mito vegetariano, aquélla que propone que si renunciáramos a los alimentos de origen animal, habría comida para todos. Se basa dicha propuesta en el hecho de que cuando alimentamos de modo exclusivo a los animales domésticos con granos y otros alimentos susceptibles de consumo directo por el ser humano, se dilapida alimento, ya que los índices de conversión son desfavorables. Dichos índices, expresados en kg pienso por kg de alimento, pueden ir de 1,6, para el pollo a entre 5 y 7 para las carnes de los rumiantes. Como veremos, sólo parcialmente y en determinadas circunstancias los animales domésticos compiten con los seres humanos por un mismo alimento y las consecuencias de suprimir o disminuir la proporción de alimentos animales en la dieta no admiten un análisis simplista y superficialmente intuitivo a partir de los mencionados índices de conversión. Igualmente simplista es la propuesta de primar los productos hortícolas, las verduras, frente a otros productos vegetales de gran cultivo, como proponen algunos autores auspiciados por el *World Vegetable Center*, sobre la base de los rendimientos por hectárea de las distintas cosechas.

Hay que tener en cuenta que la especie humana ha sido omnívora desde sus inicios y que, aunque el abanico de dietas que le han permitido sobrevivir en distintas circunstancias ha sido ciertamente muy amplio, no es probable que los hábitos alimentarios puedan cambiarse radicalmente de un día para otro. Sin embargo, las dietas cambian más o menos lentamente en respuesta a distintos factores, entre los que destaca la evolución del nivel de vida. Resulta por tanto apropiado que examinemos estos cambios antes de abordar la cuestión de si un cambio de dieta puede favorecer la disponibilidad de alimentos para todos.

## TENDENCIAS DE LA DIETA HUMANA

A escala global se están produciendo cambios notables en la dieta que afectan incluso a los alimentos básicos y que están llevando hacia una mayor diversificación de lo que comemos. Estos cambios no sólo tienen consecuencias en la disponibilidad de alimentos sino que afectan también a la salud humana, muy notablemente en lo que se refiere a la creciente incidencia de la obesidad, además de repercutir sobre el medio ambiente e incidir sobre el problema del cambio climático. Los factores socio-demográficos que rigen los cambios dietéticos son múltiples: los ingresos per cápita, la progresiva urbanización, la liberalización del comercio y la globalización, la creciente elaboración industrial del alimento y los comportamientos de los consumidores.

Los éxitos de las últimas décadas en la producción de alimentos han llevado a un abaratamiento y a una mayor diversidad de la cesta de la compra, junto a una menor dependencia estacional en la disponibilidad de los distintos alimentos. A escala global, la demanda de calorías por persona ha venido creciendo sin pausa y se proyecta que lo siga haciendo durante la primera mitad de este siglo (Tabla 11-1). Esto ha ocurrido tanto en los países desarrollados como en aquellos en vías de desarrollo, habiendo excepciones como la de los países en transición, que han pasado por un bache de escasez, o la de países del África subsahariana, como Somalia, Burundi, Ruanda o Kenia, en los que no sólo no ha habido aumento sino declive, a partir de una situación que era ya de por sí penosa.

TABLA 11-1. CONSUMO DE ALIMENTOS PER CÁPITA  
(kcal por persona y día)\*

Ámbito	1969-1971	1999-2001	2050
Mundo	2.411	2.789	3.130
Países en desarrollo	2.111	2.654	3.070
Países industriales	3.046	3.446	3.540
Países en transición	3.323	2.900	3.270

\*Abreviado de Alexandratos (2006) *World Agriculture 2030/2050* (FAO)

Al considerar estas cifras medias no hay que olvidar que existen notables diferencias regionales en los patrones dietéticos. A título de ejemplo se presenta una comparación del caso español con tres países de distinta área geográfica (Tabla 11-2). Frente a los otros países incluidos en la tabla, en España destaca el consumo de frutas y verduras, pescado, leguminosas de grano y carne, mientras que en Polonia se consumen más carne, patatas y azúcares y, en Finlandia, más del doble de productos lácteos que en España.

TABLA 11-2. CONSUMO MEDIO DE DISTINTOS ALIMENTOS EN CUATRO PAÍSES (gramos por persona y día; *Individual Dietary Surveys, IDS*)\*

ALIMENTO	CANADÁ	FINLANDIA	POLONIA	ESPAÑA
Cereales	193	205	227	166
Carnes	141	134	236	173
Prod. lácteos	337	534	354	226
Huevos	23	26	22	27
Pescado	37	43	ND	74
Frutas	164	307	137	299
Verduras	146	92	288	211
Raíces y tubérculos	103	157	317	74
Leguminosas grano	8	6	6	22
Frutos secos y oleaginosas	6	4	ND	4
Aceites y grasas	33	39	57	30
Azúcares	39	32	56	18

\*Abrev. de Serra-Majem *et al* (2003) *J. Epidemiol. Community Health* 57:74-80

Se ha exportado la dieta mediterránea con las mismas consecuencias que si hubiéramos exportado la Dama de Elche, perdiendo el preciado tesoro. Puede decirse que, en las últimas décadas, la dieta mediterránea se ha ido haciendo más nórdica y la nórdica, más mediterránea (Tabla 11-3). En los países del sur de Europa, incluida España, se ha dado una disminución del consumo de cereales (pan) y un aumento de los de azúcares y carnes, unos cambios que suelen ir asociados al aumento de los ingresos *per cápita*. Sin embargo, el incremento de consumo de carnes en los países mediterráneos puede sorprender, ya que, por ejemplo, en países como España la disponibilidad de pastos y piensos para la producción animal es muy limitada.

Si nos atenemos a un cierto índice empírico, cuyo fundamento no explicaremos aquí, pero que refleja el grado de adecuación de una dieta en comparación con una teórica dieta mediterránea ideal, de modo que, cuanto más alto sea su valor, más se acercará a la ideal la dieta en cuestión, debemos concluir que la dieta de los países mediterráneos se ha deteriorado en general, menos, por ejemplo, en Egipto que en Grecia o, sobre todo, que en España (Tabla 11-4). En contraste, en algunos países europeos ha mejorado tímidamente la dieta según este criterio, siendo la mejora probablemente debida a la insistente difusión de los criterios para una dieta saludable.

TABLA 11-3. EVOLUCIÓN DEL CONSUMO DE ALGUNOS ALIMENTOS EN DISTINTAS REGIONES DE EUROPA (kcal/persona/año) \*

ALIMENTO	EUROPA MEDITERRÁNEA		EUROPA NÓRDICA		EUROPA CENTRAL	
	1961-65	2000-04	1961-65	2000-04	1961-65	2000-04
Cereales	1.279	1.083	811	874	1.278	1.038
Carnes	148	354	280	420	257	356
Grasa animal	95	131	402	226	263	230
Grasa vegetal	243	418	174	330	170	368
Aceite de oliva	115	127	1,5	13	2,3	7,6
Pescados y mariscos	25	45	41	21	25	18
Frutas	120	135	79	104	12	19
Verduras	73	110	27	59	99	99
Azúcares	225	329	466	416	331	406

\*Abrev. de da Silva et al (2009) *Public Health Nutr.* 12:1676-1684

Globalmente, las dietas se hacen más densas en energía y más dulces, mientras muchos alimentos ricos en fibra están siendo sustituidos por sus equivalentes procesados, pero sigue existiendo gran heterogeneidad entre regiones y entre países. Estas tendencias han llevado asociada una mayor incidencia de la obesidad, esa devastadora “epidemia” del siglo XXI, junto a ciertas enfermedades crónicas, tales como las cardiovasculares, y el cáncer.

TABLA 11-4. EVOLUCIÓN DEL ÍNDICE DE ADECUACIÓN MEDITERRÁNEA DE DISTINTAS DIETAS\*

País(es)	1961-1965	2000-2003
Países mediterráneos	3,44	1,28
Egipto	4,81	4,09
Grecia	5,54	2,04
España	3,35	1,19
Alemania	0,82	0,76
Dinamarca	0,67	0,76
Reino Unido	0,68	0,87

\*Datos de da Silva et al (2009) *Public Health Nutr.* 12:1676-1684

## LAS VELEIDADES DEL WORLD VEGETABLE CENTER

Basándose en datos como los reflejados en su libro, *The coming famine*, J. Cribb concluye que se puede obtener 12 veces más alimento de las verduras que de las leguminosas de grano y cinco veces más que de los cereales. Dicho autor se suma así a una propaganda manifiestamente errónea apoyada en datos ciertos pero irrelevantes, generados por el *World Vegetable Center* (Tabla 11-5). Los datos son irrelevantes porque las producciones están expresadas en toneladas de peso fresco ( $Tm_f/ha$ ) y lo que alimenta no es el agua contenida en el producto fresco sino la materia seca ( $Tm_s/ha$ ). Es sabido que las coles o las espinacas contienen casi un 90% de agua mientras que los granos apenas tienen un 15%, por lo que cuando los datos de la Tabla 4-5 se completan con los de rendimiento de materia seca, de calorías alimentarias (kcal/ha) o, incluso, de proteínas ( $Tm_{prot}/ha$ ), la propuesta de J. Cribb resulta por completo infundada, ya que, por ejemplo, el trigo produce por unidad de superficie en torno al doble de calorías alimentarias que las coles, las espinacas o los tomates, no entre la quinta o la décima parte, como aduce Cribb.

Conviene señalar también que una dieta de 1.700 kcal/persona/día a base de tomates, que sería una dieta de adelgazamiento, requeriría el consumo de 10 kg diarios por persona, una cifra inviable para la fisiología de nuestra especie. En cambio, es precisamente la baja densidad calórica de las verduras la que las hace útiles, en su debida proporción, para regular la densidad calórica de la ingesta, aparte de su capacidad para aportar vitaminas y minerales esenciales.

TABLA 11-5. RENDIMIENTOS MEDIOS POR HA Y POR M<sup>3</sup> DE AGUA REQUERIDA PARA SU PRODUCCIÓN DE ALGUNOS ALIMENTOS, REFERIDOS A PESO FRESCO Y A PESO SECO; RENDIMIENTOS DE CALORÍAS Y PROTEÍNAS POR HECTÁREA\*

ALIMENTO	Tm <sub>f</sub> /ha	Tm <sub>s</sub> /ha	10 <sup>6</sup> kcal/ha	Tm <sub>prot</sub> /ha	kg <sub>f</sub> /m <sup>3</sup>	kg <sub>s</sub> /m <sup>3</sup>
<i>Verduras</i>						
Coles	22,5	1,6	5,9	0,38	11,3	0,8
Espinacas	15,7	1,3	3,9	0,43	3,4	0,34
Tomates	27,3	1,9	4,6	0,19	5,9	0,41
<i>Granos</i>						
Lentejas	1,0	0,9	3,0	0,24		
Trigo	2,8	2,4	10,1	0,35	0,6	0,51

\*Datos referidos a peso fresco, Tm<sub>f</sub>/ha y kg<sub>f</sub>/m<sup>3</sup> extraídos de Tabla 12, p 190, de *The coming famine*<sup>8</sup>, cuya fuente original es J. Hughes *et al. World Vegetable Center*, 24 de septiembre, 2008, p 2. Los datos restantes han sido calculados por el conferenciante a partir de tablas de composición de alimentos.

El enfoque erróneo de J. Cribb no se restringe a lo que acabamos de señalar sino que se extiende a otros detalles técnicos importantes. Las verduras y los granos no son cultivos agrónomicamente intercambiables, no vienen a cultivarse, en general, en los mismos tipos de suelo, ya que sus exigencias son distintas, y además, en la tabla no se hacen distinciones entre lo que se cultiva en secano y en regadío, una omisión que hace irrelevante la comparación de los kilos de alimento por metro cúbico de agua consumida en su producción que se obtengan en cada caso: unas espinacas cultivadas bajo riego en suelo óptimo no pueden compararse con los trigos cultivados en los secanos de Castilla porque en el primer caso usamos un bien limitado, el agua de riego, y en el otro se aprovecha un bien que de otro modo se desperdiciaría, el agua de lluvia. Además, Cribb parece ignorar una ventaja esencial de los granos, como es la de que, siendo productos prácticamente secos, su recolección, transporte a grandes distancias, almacenamiento a largo plazo y manejo en general son factibles con una facilidad y eficiencia inimaginables en el caso de las verduras. El papel nutritivo de los granos de leguminosas, que tienen un elevado contenido proteico, es el de complementar cualitativa y cuantitativamente la proteína del cereal básico (trigo, arroz, maíz). Como ya hemos dicho, desde el punto de vista agrónomico, el interés de las leguminosas es el de fijar simbiótica-

mente nitrógeno atmosférico, haciéndolo asequible para la planta.

Si no fuera por lo ampliamente difundido que está siendo este tipo de propuestas, no merecería que le dedicáramos el espacio que aquí le dispensamos, pero es importante resaltar que su aceptación no haría sino complicar en extremo las difíciles soluciones del problema de alimentar a 9.000 millones de personas en 2050. Para hacer el asunto más complicado aún, el rechazo de la propuesta de J. Cribb no quiere decir que discrepemos de la recomendación de consumir una mayor proporción de frutas y verduras en nuestra dieta, una de las recomendaciones dietéticas más claras y contundentes que pueden hacerse, a la que nos adherimos con entusiasmo. Bien entendido que se trata de sustituir los excesos de grasa, en especial de grasa saturada, y de azúcar libre, no de sustituir al grano básico. El fundamento en este caso tiene que ver con la salud, la variedad de la dieta y el suministro de micronutrientes y de fibra, así como con la regulación de la ingesta calórica, no con la eficiencia agronómica de la producción del alimento.

### ¿TODOS VEGETARIANOS?

Se ha argumentado con frecuencia que la producción de proteína animal (carnes, huevos, lácteos, pescados de piscifactoría) a partir de los vegetales es un proceso ineficiente, en términos del aprovechamiento de la energía solar captada, los nutrientes inorgánicos consumidos y el anhídrido carbónico fijado, y que, en la medida en que prescindiéramos de estos productos animales, se podría liberar una mayor cantidad de proteína vegetal para consumo humano directo. En su forma más simplista, el argumento se respalda señalando que para producir 1 kg de pollo se necesitan 1,6 kg de grano (factor 1,6), grano que podría ser consumido directamente por el ser humano, con mayor beneficio dietético. La ineficiencia sería mayor para los huevos (factor 2), la carne de conejo (factor 3) y, sobre todo para la carne de rumiantes (factor 5-7).

Aunque, a primera vista, este argumento parece irrefutable, en la realidad está lejos de serlo porque ignora que grandes extensiones de la superficie terrestre no son aptas para la agricultura intensiva y sólo llegan a aprovecharse gracias a la ganadería, siendo el pastoreo el modo más eficiente de su explotación. Adicionalmente, la gana-

dería es un complemento esencial para la supervivencia de muchos agricultores en los países en desarrollo. Una visión más equilibrada debe tener en cuenta el valioso papel de la producción animal en los sistemas de agricultura sostenible.

En términos globales, se vienen dedicando un total de 77 millones de toneladas anuales de proteína vegetal, que serían susceptibles de consumo directo por el ser humano, para producir un total de 58 millones de toneladas de proteína de mucha mejor calidad, lo que supone además un alto rendimiento cuantitativo, el 75%, en lugar del 14-25% que se obtendría si la alimentación animal se efectuara exclusivamente con grano.

La ganadería produce anualmente 280 millones de toneladas de carne, 60 de huevos y 600 de leche. La eficiencia de la producción radica en que sólo una parte de lo que consumen los animales podría haber sido consumido directamente por el ser humano. En el caso más desfavorable, el de la carne de los rumiantes (factor 5-7), sólo el 6% de la producción total, lo ha sido a partir de pienso exclusivamente. Los rumiantes siguen una dieta menos concentrada energéticamente que los animales monogástricos, su potencial de crecimiento es menor y el gasto energético de mantenimiento mayor. Su gracia consiste en su gran capacidad para aprovechar como alimento los más diversos materiales, algo esencial en muchos sistemas de agricultura sostenible.

Otras cifras globales son elocuentes: la ganadería consume anualmente un tercio de la producción de cereales, unos 742 millones de toneladas, pero el resto de su alimentación procede de pastos que ocupan 3.350 millones de hectáreas; harinas de las oleaginosas (girasol, soja, colza), que son subproductos de la producción de aceite, pulpa de remolacha, bagazo de cervecería y subproductos fibrosos (pajas, uva, aceituna, cáscaras). El uso de granos de cereales en la alimentación de los rumiantes es un elemento esencial para la eficiencia y la productividad de estas especies domésticas y sin este uso todas las otras fuentes de alimentación animal serían mal aprovechadas y la eficiencia económica sería perjudicada.

Los análisis coste/beneficio de los diversos sistemas de producción de energía y proteínas para consumo humano indican que los índices y beneficios del vacuno y de otros rumiantes varían considerablemente

según el sistema de explotación. Así por ejemplo, en los Estados Unidos la eficiencia de la producción de proteína de leche varía entre los factores 0,96 y 2,76. En el caso de la carne de vacuno, el valor del factor depende del tiempo que las reses permanecen en estabulación confinada, comiendo pienso, en relación con el tiempo que están en estabulación libre, pastando, pero en general, los valores de conversión son favorables.

La producción animal en general es un elemento integral de cualquier sistema de agricultura sostenible, que debe aprovechar todas las posibles fuentes de alimentación animal, y parte esencial de cualquier estrategia para alimentar a una población humana en expansión. Esto ha sido una constante de la cultura humana durante varios milenios. Por otra parte, el progresivo aumento de la renta *per cápita* genera una mayor demanda de alimentos de origen animal y hemos visto cómo en España, por ejemplo, el consumo de carne se ha más que duplicado en pocas décadas. El ejemplo es particularmente relevante porque, al no abundar los pastos en nuestro país, buena parte de la producción se hace a partir de grano importado. Tal vez será deseable que llegáramos a reducir dicho consumo.

Las consecuencias prácticas de reducir el consumo de productos animales no son obvias ni intuitivas y, además, se producen no sólo en el plano de la dieta humana (disponibilidad y sanidad), sino en otros tales como el económico, el de la producción de gases con efecto invernadero y el de la disponibilidad y gestión del agua para la producción animal. M. Rosegrant y colaboradores (IPFRI) han aplicado un modelo denominado IMPACT para analizar lo que ocurriría para el 2020 si los países prósperos redujeran su ingesta de carne a la mitad, lo que supondría ahorrar sólo un sexto de la producción de cereales. Según el citado modelo, la carne se abarataría al disminuir la demanda y aumentaría su consumo en los países en desarrollo, pero, sorprendentemente, la disponibilidad de cereales para estos países apenas aumentaría en 1,5%. Una disminución del consumo de productos animales, que puede estar justificada para algunos individuos, por razones de salud, o para algunas regiones, por la escasez de agua, no parece que pueda contribuir de modo general a la seguridad alimentaria.







## 12. PÉRDIDA Y DESPERDICIO

### ALIMENTO DESAPROVECHADO

El énfasis en la necesidad de incrementar la producción de alimentos para cumplir los objetivos del medio siglo no debe llevarnos a olvidar que una fracción importante del alimento producido nunca llega a cumplir el objetivo de nutrir al ser humano, ya que se pierde de una forma u otra en las distintas fases de la cadena alimentaria. Según la FAO, casi un tercio del alimento producido para consumo humano, unos 1.300 millones de toneladas al año, no llega utilizarse por pérdidas en las distintas etapas de la producción y la distribución o por desperdicio en los puntos de consumo privados o públicos (pérdida y desperdicio de alimentos; PDA). Mejorar la gestión alimentaria para disminuir la magnitud de la PDA es imprescindible para un mejor aprovechamiento de la producción agraria.

La PDA se cuantifica en términos de masa perdida, cualquiera que sea la razón. Cuando las pérdidas tengan por causa el deterioro físico, químico o microbiológico del producto, la pérdida de masa se entenderá como una pérdida de calidad (PDCA). Las etapas de la cadena alimentaria en las que principalmente se produce la PDA y su magnitud son distintas en las diferentes regiones del planeta. Así por ejemplo, en EEUU y en la UE, se alcanzan cifras de 280-300 kg/cápita/año, mientras que en el África subsahariana y en el sur/sureste de Asia, estas cifras se reducen a 120/170 kg/cápita/año. Además, en los países más prósperos las pérdidas ocurren en las fases de consumo y en los menos prósperos en las de post-cosecha (EEUU, 115 kg/cápita/año de PDA imputable a las fases de consumo; África subsahariana, 7 kg/cápita/año).

Un sistema alimentario sostenible debe atender no sólo a la seguridad alimentaria y la nutrición de todos los individuos de la región correspondiente sino también a las bases sociales y ambientales que

aseguren su continuidad o sostenibilidad. La PDA incide negativamente sobre estos objetivos en la medida en que reduce la disponibilidad de alimentos global y localmente, da lugar a pérdidas económicas y de ingresos a los involucrados en la producción y a subidas de precios para el consumidor y, a más largo plazo, contribuye a la insostenibilidad del sistema alimentario.

## CAUSAS DE LA PDA

Las causas de la PDA son múltiples y todas son relevantes en relación con el objetivo de reducirla. Algunos estudios han identificado hasta varios cientos de ellas que son de variada naturaleza: biológica, microbiológica, química, bioquímica, mecánica, física, tecnológica, logística, psicológica o comercial, entre otras. Las causas son además interdependientes, de modo que deben ser abordadas de forma integral. La escala causal es también variable, según dependa de la acción o falta de ella de un solo actor en una fase concreta, bajo la influencia o no de factores externos, o involucre a más de un actor o a más de una fase. Las causas, en fin, pueden llegar a ser sistémicas, cuando afectan al conjunto del sistema productivo.

Las causas puntuales pueden encontrarse a todo lo largo de la cadena alimentaria, del campo a la mesa, empezando por la inadecuación de las fechas de siembra y recolección o el manejo brusco de los productos, siguiendo por un mal control de la temperatura, la composición de la atmósfera, la humedad y la iluminación en las distintas fases, la inadecuada gestión del tiempo de transporte y almacenamiento, y, finalmente, las malas prácticas de la comercialización y el consumo en los hogares o en los distintos tipos de restauración pública. En estas últimas fases inciden factores psicológicos y de comportamiento que afectan a los hábitos de compra y elaboración, así como a la calidad de la coordinación. Son causas notorias de este tipo el destrío de productos perfectamente sanos y sabrosos cuando tienen defectos superficiales, los márgenes estrictos de caducidad y la comercialización de lotes mayores de los que requiere un tipo de consumidor dado.

Las causas más complejas suelen tener que ver con la inadecuación de las infraestructuras, la organización y la comercialización, o también

con prácticas de la cosecha y post-cosecha que afectan a la calidad y la vida del producto en fases más tardías. Otras causas importantes son de carácter sistémico y son más elusivas, ya que tienen que ver con el marco comercial, normativo y de política agraria en el que está implantada la cadena alimentaria, factores que pueden determinar incluso que parte de lo producido no se coseche o que, una vez cosechado, se descarte por razones que nada tienen que ver con su situación sanitaria o su potencial nutritivo. Así por ejemplo, en los países menos favorecidos se incurre en importantes pérdidas por falta de infraestructuras de almacenamiento, transporte y procesamiento, lo que obliga a una comercialización instantánea que influye negativamente sobre los precios y conduce eventualmente a la pérdida de la salubridad y las propiedades organolépticas de una fracción importante de la cosecha. En otro plano, la política y las normativas alimentarias mal orientadas son causa importante de pérdidas en las fases terminales de la cadena.

## HACIA UNA MEJOR GESTIÓN DE LA PDA

No cabe duda de que una mejor gestión de la PDA tendría un impacto considerable sobre el presente y el futuro de la disponibilidad de alimentos. Otro factor, que no se suele mencionar en este contexto, es el de que el mero ajuste de las dietas hipercalóricas actuales a niveles más saludables también podría, en principio, aumentar la disponibilidad de alimentos.

Las grandes soluciones son a menudo el resultado de la implementación de un buen número de pequeñas soluciones. Un ejemplo claro sería la mejora de la asepsia en todas las etapas del proceso alimentario. Así por ejemplo cuando se implementaron las primeras centrales lecheras en nuestro país, en los pasados años sesenta, los conteos microbianos con que salía la leche de estas instalaciones era equivalente a los del producto que llegaba a ellas en EEUU, donde la leche se ordeñaba mecánicamente y se mantenía refrigerada hasta su procesamiento.

Aparte de las múltiples mejoras técnicas que son posibles para disminuir la PDA, existe otro gran ámbito de actuación representado por la posible modificación del comportamiento del consumidor, a veces en

contra de los incentivos y señuelos generados por la industria alimentaria. En este contexto resulta fundamental que se adecuen los tamaños y formatos a las muy variadas necesidades del consumidor. Un buen ejemplo de solución puntual viene representada por el recomendable uso del *doggy bag* para aprovechar el uso del alimento sobrante en una comida de restaurante. Muchos somos testigos de con qué timidez se ha ido implantando esta costumbre en España, cuando lleva décadas siendo de uso generalizado en EEUU.

Algunas soluciones prácticas requieren del concurso de actores públicos y privados. A pesar de que no todo el público lo percibe así, la industria alimentaria está desempeñando un papel fundamental en mantener sin rotura la cadena de frío, en mejorar constantemente la logística y en desarrollar técnicas que alargan significativamente la vida útil de los alimentos. En sentido parecido se ha movido la producción agrícola al desarrollar nuevas variedades que toleran mejor el transporte a larga distancia y la conservación durante periodos más largos. En una etapa en la que una fracción importante de la humanidad habita en grandes ciudades en las que la producción local es por completo insuficiente y el suministro global, inevitable, los ciudadanos tienden a subestimar el valor indudable de estos alimentos baratos y nutritivos, disponibles dentro y fuera de estación, en contraste con variedades de antaño muy mitificadas que costaban hasta cuatro veces más y estaban disponibles unas pocas semanas al año. Muchas de estas variedades antiguas siguen siendo cultivadas y comercializadas, pero para consumirlas hay que estar alerta a su fugaz aparición en el mercado y pagar lo que cuesta producirlas en cada caso.

Una importante causa de pérdida es la imposición tanto por la industria como por el consumidor de productos de tamaño uniforme y de coloraciones homogéneas. La solución de este problema es compleja, ya que involucra a actores diversos y a cambios técnicos y de comportamiento. Finalmente, las soluciones de los problemas de mayor calado implican a todos los niveles políticos (en Europa, de Bruselas a Lepe), al sector industrial, al productor agrario y al consumidor.

## NUEVOS AIRES

Cada día, los ciudadanos son más conscientes de la necesidad urgente de reducir la PAD tanto en países en desarrollo como desarrollados. En estos últimos resultan nuevas y elocuentes las imágenes de grupos de personas empobrecidas atesorando alimentos obtenidos de los contenedores de desecho de los supermercados y de los restaurantes o las escenas de comedores repletos de niños y adolescentes que apenas tienen acceso a una comida de caridad al día. No hay noticiero que no dé cuenta del desbordamiento de los bancos de alimentos. Poco a poco estas experiencias cotidianas están poniendo esta nueva conciencia colectiva en la agenda política, aunque se está todavía lejos de abordar la PDA de una forma integral y coordinada por las autoridades de todos los niveles (UE, estados centrales, autonomías, ayuntamientos).

Es indudable que invertir en una mejor gestión de la PAD sería una forma rápida de acercar a disposición de los hambrientos alimentos baratos y perfectamente consumibles que de otra forma estarían destinados al vertedero. Aunque tímidamente, empiezan a aflorar debates constructivos sobre asuntos tales como una nueva gestión de las fechas de caducidad y de uso preferente o las políticas que aseguren que ciertos desechos en buen estado de la plantas de clasificación de frutas y verduras vayan a parar a consumidores que de otra forma padecerían hambre.







## 13. COMERCIO, MERCADO Y OTROS FACTORES

### INTRODUCCIÓN

Antes de examinar las posibles respuestas al problema técnico de aumentar los rendimientos de las cosechas de forma tan compatible con el medio ambiente como sea posible, revisaremos sucintamente otros aspectos insoslayables que deben considerarse para estar a la altura del reto que supone alimentar a la humanidad hacia el 2050. Me refiero a cuestiones tales como el ordenamiento del comercio agrícola internacional, el acceso a los mercados de los países más pobres, las trabas económicas a la innovación o el corsé normativo que a veces se interpone, más que ayuda, al cumplimiento del mencionado objetivo.

Una idea muy difundida es la de que hay y habrá alimentos para todos y que el hambre es un mero problema de reparto, idea que así expresada da a entender que una mera redistribución gratuita del alimento producido erradicaría de modo inmediato la horrible lacra, sin necesidad de salvar trabas físicas, técnicas y político-económicas importantes. Esta idea puede parecer razonable en un mundo virtual, pero no lo es en absoluto en el real. Basta considerar las insalvables dificultades y consecuencias adversas del reparto a pequeña escala, tal como se practica en las emergencias, para darse cuenta de que el de alimentar a la humanidad es un problema complejo para cuya solución deben converger y concatenarse distintos tipos de acciones. No conviene confundir lo necesario con lo suficiente, de modo que los avances técnicos, las innovaciones, son imprescindibles pero no constituyen por sí solos la solución.

### COMERCIO

Si consultamos a los economistas, aprenderemos que es imprescindible el crecimiento agrícola para mitigar la pobreza rural y que en el medio agrícola no puede generarse un crecimiento sostenido si éste no

se abre al mundo, próximo y lejano. Además, se viene observando que el crecimiento del comercio de productos agrícolas y agroindustriales es más lento que el del comercio en general y, además, que los países en desarrollo van a la cola del crecimiento del comercio agroalimentario. Esto es así en gran parte porque los países desarrollados han ido erigiendo a lo largo del pasado siglo una serie de barreras comerciales masivas en el sector agrícola y agroindustrial que constriñen el destino agroalimentario de los países en desarrollo, barreras que apenas se han empezado a dismantelar en las políticas nacionales de los países industriales y en la primera ronda de negociaciones al respecto. Esta situación deteriora de un modo continuado el bienestar de los países más pobres, hasta el punto que el daño causado supera ampliamente en magnitud la totalidad de la ayuda externa recibida.

No está claro si las aludidas barreras van a ser reducidas en la medida necesaria y lo suficientemente rápido para que las actuaciones para reducir la pobreza del mundo rural en desarrollo, sobre la base del crecimiento agrícola y del empleo rural no agrícola, vayan a primar frente a otras posibles estrategias. Por supuesto, los países en desarrollo deberán proseguir con los avances de sus políticas agrarias, pero es aún más urgente que durante la presente ronda de negociaciones de la Organización Mundial del Comercio se reduzcan drásticamente dichas barreras, se prohíban los subsidios a la exportación, se reduzcan y reorienten los subsidios internos al productor y se eliminen toda una serie de tarifas.

## ACCESO A LOS MERCADOS

A pesar de que las ideas liberalizadoras imperantes pueden ser una receta útil y aceptable para muchos países en desarrollo, son muchos los que opinan que no se puede aplicar una fórmula general a todas las situaciones y que muchos países podrían salir perjudicados, más que beneficiados, por la panacea liberal. Se impone por tanto que los distintos países en desarrollo reciban un trato especial y diferenciado, especialmente en lo que se refiere a las medidas que en cada caso afecten a la seguridad alimentaria y la vida de las sociedades rurales. El acceso a los mercados para ciertos países resulta en extremo difícil, como lo muestra el hecho de que mientras estos países han casi dupli-

cado en las últimas dos décadas su cuota en el mercado internacional de manufacturas, su participación en el mercado agrícola internacional ha permanecido estancada e incluso en algunos países concretos la cuota ha ido declinando.

Dada la globalización de las fuentes alimenticias, se da un cierto conflicto entre la calidad gustativa y la necesidad comercial, ya que el momento óptimo de recolección de un producto dado es distinto si atiende a las propiedades organolépticas o si se adapta a las necesidades de transporte, distribución, almacenamiento y comercialización. Esta divergencia de intereses ocurre en menor medida cuando se trata de alimentos producidos para consumo local, mientras que la recolección adelantada de productos que se consumen, dentro y fuera de estación, después de un transporte a larga distancia y un almacenamiento prolongado, da lugar, para una fruta o verdura determinada, a una inevitable disminución de la calidad organoléptica.

Un mercado globalizado prioriza variedades de alto rendimiento (bajo precio por unidad de peso), que además sean susceptibles de ser transportadas a larga distancia y almacenadas durante un tiempo. Esto ha hecho que en los mercados predominen a lo largo de todo el año un reducido número de variedades más baratas que eclipsan a otras más caras por su menor rendimiento, las cuales se venden en estación o sencillamente dejan de cultivarse. Si fuera posible como solución global, se podría proponer el consumo local como recomendación prioritaria, pero el abastecimiento local de alimentos hace mucho tiempo que dejó de ser posible como solución general, ya que la población actual es mayoritariamente urbana y para el 2050 lo será aún más, ya que se estima que más del 70 % de la población vivirá en mega-urbes.

## ECOSISTEMAS NATURALES Y AGRÍCOLAS

Si bien el suelo laborable ocupa en torno al 12% del suelo terrestre del planeta, el ecosistema agrícola del que forma parte representa un espacio mucho más amplio que puede cifrarse por encima del 40% de la superficie terrestre. Los ecosistemas agrícolas nos proveen de alimentos, piensos, forrajes, biocombustibles e incluso productos farmacéuticos, y son esenciales para el bienestar humano. Si el suelo

laborable no es operativo sino en el contexto del ecosistema agrícola, este último depende de modo inevitable del ecosistema natural e interactúa con él de modo recíproco, pudiendo las interacciones ser favorables o no serlo. Los ecosistemas naturales proveen servicios valiosos a la actividad agrícola, tales como la biodiversidad vegetal y animal, que actúa como reservorio genético, la polinización, el control biológico de plagas, el mantenimiento de la estructura y la fertilidad del suelo, el reciclado de nutrientes y los servicios hidrológicos. En contraste, la práctica agrícola puede resultar perjudicial para los sistemas ecológicos naturales por degradación o pérdida de hábitats para la vida salvaje, eutrofización de acuíferos, emisiones de gases con efecto invernadero o aumento de la exposición a productos químicos de las distintas especies, incluida la humana.

En las últimas décadas se ha ido adquiriendo plena consciencia de la importancia de los servicios no productivos, reguladores y culturales, que pueden proveer los ecosistemas agrícolas. Esta tendencia ha sido muy marcada en regiones como la europea —y como la península Ibérica, en particular— en las que la actividad agrícola ha ido decreciendo rápidamente, poniendo en peligro la ocupación del territorio. Los servicios reguladores pueden incluir el control de inundaciones, la regulación del clima mediante el almacenamiento de carbono y la reducción de las emisiones de gases con efecto invernadero, la regulación de las enfermedades de las plantas o el tratamiento de desechos, mientras que los servicios culturales se refieren a aspectos tales como la belleza del paisaje y a elementos educativos, recreativos y turísticos que deben tenerse en cuenta para una gestión moderna y eficaz de los agro-ecosistemas y de los ecosistemas naturales, de un modo que resulte mutuamente beneficioso.

## IMPACTO AMBIENTAL DE LA PRODUCCIÓN DE ALIMENTOS

Hemos repetido insistentemente que la práctica agrícola ha sido contraria al medio ambiente desde que se implantó hace unos diez milenios y que de hecho ha sido tanto más contraria cuanto más primitiva. Si en el pasado su impacto global ha sido menor que en la actualidad ha sido porque el volumen de actividad ha sido menor, al tener que servir a una población mucho más reducida. Es utópico

pensar en la posibilidad de un sistema agrícola que pueda implantarse en nuestro medio sin romperlo ni mancharlo, como parecen pensar algunos ecologistas de salón, pero sí podemos y debemos aspirar a minimizar los impactos ambientales de la producción y consumo de alimentos, especialmente cuando pensamos en alimentar a una población mundial por encima de los 9.000 millones de habitantes.

Hay que recordar una vez más que en el análisis comparativo de las distintas alternativas productivas, el impacto ambiental de cada una de ellas debe referirse a la tonelada de alimento producido o consumido, no a la unidad de superficie sembrada, como erróneamente se hace con frecuencia para llegar a conclusiones a veces descabelladas. La extensión de suelo necesaria para producir una tonelada de un alimento dado es uno de los factores más relevantes del impacto ambiental de un cultivo, de aquí la clara desventaja general de la agricultura mal llamada ecológica u orgánica, ya que necesita más suelo que sus alternativas para producir una misma cantidad de alimento. La comparación de alternativas es compleja porque ninguna es superior a otra en todos los aspectos que deben considerarse en la comparación.

Pasaremos revista sucintamente a algunos ejemplos cuantitativamente importantes que ilustran esta idea. Las comparaciones deben realizarse según el análisis del ciclo completo que lleva del campo a la mesa y al vertedero. Los alimentos básicos, ricos en carbohidratos, tales como el pan, las patatas, el arroz y la pasta, tienen efectos significativos sobre el agua y la eutrofización. El impacto ambiental del trigo orgánico o ecológico es superior al del que no lo es, y las emisiones de gases con efecto invernadero son prácticamente las mismas para las distintas opciones productivas. El requerimiento de energía es menor en el trigo orgánico que en el no orgánico, mientras que el de las patatas es independiente de la alternativa productiva.

En el caso de las frutas y verduras, el impacto ambiental depende en gran medida de su destino post-cosecha, según se consuman frescas, congeladas o enlatadas, y según los desperdicios producidos y el tratamiento que se dé a los residuos. Los productos lácteos contribuyen de modo significativo al impacto ambiental alimentario en la Unión Europea, ocurriendo el 90 % de dicho impacto en la fase agrícola. La leche orgánica requiere menos energía que la obtenida por

otros métodos, pero, aparte de necesitar más suelo, produce más efecto de calentamiento climático por litro de producto que las formas alternativas. En el caso de la carne, el impacto de la producción orgánica es menor para la de rumiante y para la de porcino, pero más alta para la producción avícola. Como en el caso de las frutas y verduras, el impacto ambiental de los productos animales depende en gran medida de si se someten o no a procesamiento industrial y a la naturaleza de dicho procesamiento.

En España, el impacto ambiental de la actividad agrícola y ganadera hay que considerarlo en relación con la evolución de la producción final agraria por habitante, que tras aumentar ininterrumpidamente hasta 2003, viene disminuyendo considerablemente desde esa fecha (Plataforma Técnica de Agricultura Sostenible. 1<sup>er</sup> Informe, marzo de 2011). Algo parecido a lo ocurrido con la productividad (renta agraria por unidad de trabajo agrario, UTA), que tras aumentar entre 1980 y 2003, ha empezado a disminuir, a pesar de la disminución del empleo agrario.

Dentro de este marco general, los indicadores agrícolas y ganaderos de impacto ambiental vienen evolucionando favorablemente a lo largo de las últimas décadas, de modo que la agricultura española cada vez necesita menos suelo, menos agua (lluvia o riego) y menos energía, pierde menos suelo y emite menos gases de efecto invernadero por tonelada o por euro de producto. Esto se debe a los aumentos de productividad de cosechas como el maíz, la remolacha, el olivar, el melón o el tomate. En el ámbito de la ganadería se observa una tendencia similar (Tabla 13-1).

TABLA 13-1. REDUCCIONES PORCENTUALES DEL AGUA Y DE LAS EMISIONES DE GASES CON EFECTO INVERNADERO POR TM DE PRODUCTO (periodo 1990-2008)\*

PRODUCTO	AGUA (%)	EMISIÓN DE GASES (%)
Carne de porcino	21,54	17,85
Carne de pollo	16,15	12,50
Huevos	3,50	4,34

\*Plataforma Técnica de Agricultura Sostenible. 1<sup>er</sup> Informe, marzo de 2011.

## INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO

Hemos referido ya cómo el aumento de la productividad, por encima del de la demanda, ha hecho declinar los precios de los alimentos en el último medio siglo. Esto ha ocurrido gracias a la investigación biológica y al desarrollo agronómico llevados a cabo principalmente en el sector público de los países industriales, para luego ser difundido también en los países menos favorecidos. Este esfuerzo innovador ha ido perdiendo apoyos a medida que se ha ido adquiriendo consciencia del relativo éxito alcanzado. El éxito nos ha hecho complacientes y las inversiones públicas en I+D han ido decreciendo en las últimas dos décadas, hasta el punto de que la tasa de aumento de la producción de alimentos ha llegado a ir por detrás de la de crecimiento de la población. La crisis alimentaria, a la que nos hemos referido en el Capítulo 5, ha despertado la atención sobre el abandono de la innovación en materia agraria y sobre la importancia de la investigación pública a la luz de las presentes y futuras demandas de alimentos.

Existe todo un entramado de relaciones entre la investigación agrícola básica y aplicada, pública y privada, en los países desarrollados y en los en vías de desarrollo, la extensión, la tecnología y la productividad, de tal modo que todos los componentes resultan esenciales para el funcionamiento general, y que la mutilación o la hipertrofia de cualquiera de las partes conduce a una disfunción. El progresivo declive de la inversión pública en investigación agraria ha sido acompañado por un creciente protagonismo del sector privado en la innovación, especialmente en el sector de las semillas que, como tantos otros sectores industriales, ha acabado por concentrarse en un número reducido de agentes. Esta situación es más resultado de la ceguera política de los gobiernos que de un maquiavelismo industrial y no debe resolverse fustigando a la inversión privada sino a los responsables de la política agraria pública. Las innovaciones biotecnológicas en la agricultura han sido y continuarán siendo altamente beneficiosas, y lo que debe preocuparnos es cómo dichas innovaciones han de llegar a quienes las necesitan, estando fuera de lugar la cerril oposición a que lleguen a sus destinatarios por parte de sectores tanto institucionales como no gubernamentales, cuyos argumentos carecen de base científica y tienen una base ideológica fundamentalista.

Las distintas estimaciones de los incrementos que debería sufrir la inversión en I+D agrario arrojan cifras comparativamente modestas y asumibles, mientras que existe un cierto consenso respecto a las prioridades, siendo el África sub-sahariana y el sur asiático las regiones donde mayor efecto tendrían estas inversiones.

Se suelen presentar como antagónicas la agricultura y ganadería intensivas frente a las pequeñas explotaciones. Esta es una falsa batalla, ya que unas y otras necesitarán ser más productivas y más compatibles con el medio ambiente si queremos responder al reto del año 2050. Es cierto que la inversión privada en investigación ha incidido inicialmente sobre las grandes cosechas y producciones, lo que no quiere decir que los avances no hayan sido aprovechados también por los pequeños agricultores. Pero las futuras investigaciones deberán prestar una decidida atención a las producciones en pequeña escala de los sistemas agrícola-ganaderos integrados. Estos sistemas producen en la actualidad la mitad del alimento y son susceptibles de mejorar su eficacia mediante el acceso a la tecnología, el agua, los fertilizantes, los mercados y la gestión ambiental.





## 14. UNA INTENSIFICACIÓN SOSTENIBLE

### SOSTENIBLE, UN TÉRMINO AMBIGUO

La ausencia de los términos sostenible/sostenibilidad en el Diccionario de la Real Academia Española era insostenible, dado el protagonismo que habían alcanzado en el discurso cotidiano, siendo raro el día que no formaran parte de títulos de nuevos libros e informes o de titulares de periódicos. Cuando por fin se decidió incluirlos en sus páginas, se ha hecho de un modo tan contundente que es incompatible con el uso que venía haciéndose de ellos: «Sostenible. Dicho de un proceso: Que puede mantenerse por sí mismo, p.ej. un desarrollo económico sin ayuda exterior ni merma de los recursos existentes.» y «sostenibilidad. Calidad de sostenible.» Según esta definición, ningún proceso del mundo real, incluido el de producción de alimentos, sería sostenible.

Por su esencia misma, una explotación agraria jamás cumpliría el citado criterio, ya que debe exportar cantidades considerables de un producto cuya generación requiere cantidades igualmente notables de insumos materiales, tales como agua, nutrientes, productos fitosanitarios y maquinaria, así como energía, ninguno de los cuales pueden generarse plenamente en la explotación, por lo que deben ser necesariamente importados a ésta. *Sustainable*, la palabra más parecida en lengua inglesa, se define de un modo más sensato y acorde con su uso universal, como dicha de un proceso que transcurre con el mínimo impacto posible sobre el medio ambiente. En general, todo proceso de desarrollo comporta una cierta degradación del medio, de modo que cuando se habla de desarrollo o de agricultura sostenibles sólo podemos aludir a procesos que se pretenden realizar con una degradación ambiental y un consumo de recursos que sean los mínimos posibles. Es esta definición más realista la que usaremos en este texto. En suma, lo sostenible representa el mal menor, que es a lo más que podemos aspirar los humanos.

Como ya se ha señalado, hay pocas oportunidades para poner nuevos suelos en cultivo, por lo que es imperativo producir más por hectárea para alimentar a una población creciente: Existe falta de equidad en la distribución de alimentos, por lo que habría que priorizar el desarrollo agrícola en las regiones más deficitarias, y el proceso productivo debe hacerse lo más sostenible que sea posible, con especial referencia al uso del agua y la energía, a la emisión de gases con efecto invernadero y a la contaminación ambiental.

Reiteremos que la llave para minimizar el impacto ambiental por tonelada de alimento es la eficiencia, dado que la aportación de insumos por debajo de los niveles óptimos conduce inexorablemente a un mayor gasto para una misma cantidad de alimento producida. De aquí que se postule una “intensificación sostenible” como respuesta a estos retos.

## CLIMA Y RENDIMIENTOS

Desde un punto de vista científico-técnico, la dificultad de conjeturar cuáles puedan ser los incrementos de los rendimientos de las cosechas hacia el 2050 se agrava por el hecho de que el clima está cambiando. Si se asume un escenario concreto, como por ejemplo el resultante del curso de desarrollo designado A1B (*Special Report on Emissions Scenarios*. Nakicenovic & Stewart, 2000, Cambridge University Press), la concentración de CO<sub>2</sub> podría aumentar de 370 a 550 partes por millón, la de ozono alcanzaría las 60 partes por mil millones y la temperatura subiría en casi 2 °C. Estos cambios tendrían efectos múltiples y a veces contrapuestos sobre los rendimientos. Así por ejemplo, el aumento de la concentración de anhídrido carbónico aumentaría la eficiencia de la fotosíntesis y el rendimiento de algunas cosechas (técnicamente, tipo C3), tales como trigo, arroz, soja, girasol, colza, patata, remolacha y judía, mientras que no afectaría a otras (tipo C4) como maíz, caña de azúcar o sorgo. En uno y otro caso, la elevación de la concentración de CO<sub>2</sub> disminuiría el consumo de agua, pero la elevación de la temperatura tendría el efecto contrario.

La concentración de ozono, que puede tener consecuencias adversas sobre los rendimientos a partir de las 20 partes por mil millones, alcanza en la actualidad medias veraniegas de hasta 50 partes por mil millones, y para el año 2050 se estima que se producirían descensos

de los rendimientos de entre el 4 y el 12%, según la especie cultivada. Estos cambios ambientales medios esconden unos cambios drásticos en las distribuciones geográficas de las temperaturas y de la pluviosidad, lo que hace aún más difícil la integración de estos datos en modelos predictivos que puedan dibujarnos el mapa productivo en el horizonte del año 2050. Sin embargo, los datos climáticos proyectados sí permiten marcar el camino a seguir en la obtención de nuevas variedades cultivadas, sea mediante la mejora genética convencional o a través de la moderna ingeniería genética.

## NO SÓLO GENÉTICA

Hemos señalado ya cómo las plantas pueden y deben ser modificadas para mejorar la eficiencia con que utilizan los nutrientes y la capacidad para defenderse de plagas y enfermedades. Pasaremos ahora revista brevemente a algunos aspectos extra-genéticos relacionados con esos dos objetivos.

El suelo laborable sufre un expolio de nutrientes en muchas regiones, por extraerse más de lo que se aporta, practicándose lo que se llama “minería de nutrientes”, o porque sean sub-óptimas las cantidades de fertilizante nitrogenado que se aplican, lo que supone rendimientos sub-óptimos y un mayor consumo de abono por tonelada de alimento producida.

Los datos en la Tabla 14-1 muestran grandes diferencias inter-regionales en el abonado. El mayor nivel de aplicación en el Este Asiático se debe a la práctica común de la doble cosecha. En los países en transición, por ejemplo, en la antigua Unión Soviética y su entorno, descendieron drásticamente los niveles de aplicación durante el cambio de régimen y ahora empiezan a recuperarse. Los países industrializados han ajustado sus aplicaciones a niveles más próximos al óptimo, después de unos ciertos excesos, y en el África Subsahariana es urgente que se subsane la pobreza que limita su acceso a un mayor nivel de fertilización del suelo agrícola. En general, de cara al 2050 hay margen para incrementar ésta, pero hay que tener en cuenta el extremado coste energético del abono nitrogenado y la necesidad de gestionar con extremo cuidado las reservas de fosfato, posiblemente no tan amplias como cabría desear.

TABLA 14-1. APLICACIÓN ANUAL MEDIA DE FERTILIZANTES  
(N+P+K)\*

REGIÓN	CANTIDAD (kg/ha)
Mundo	92
Este Asiático	195
Países industrializados	118
Sur Asiático	102
Oriente Próximo & África del Norte	71
Iberoamérica	56
Países en transición	28
África Subsahariana	5

\*FAO, 2003

Los productos fitosanitarios (herbicidas, insecticidas y fungicidas) han tenido un papel importante en la consecución de los pasados incrementos de producción y los seguirán teniendo en el futuro. Los retos de la protección vegetal son los de combatir nuevas cepas de patógenos y nuevas variantes de las plagas que tal vez plantearán problemas de dificultad creciente debido al cambio climático. Los nuevos productos fitosanitarios deberán ser más compatibles con el medio ambiente, es decir, más activos, selectivos y biodegradables.

## AGRICULTURA, UN NOMBRE CON VARIOS APELLIDOS

Puede afirmarse que, para conseguir la seguridad alimentaria hacia la mitad del siglo XXI, la agricultura habrá de ser más intensiva y más compatible con el medio ambiente de lo que es ahora. Conseguir este objetivo requiere desarrollar nuevos modos en todas las facetas y tecnologías de la producción, así como en el comercio y la distribución. La conciencia ambiental ha dado paso a la formulación de programas de actuación que no son muy distintos entre sí, aunque sus promotores propongan nombrarlos mediante la adición de distintos apellidos a la palabra "Agricultura". Así por ejemplo, se usan los términos 'ecológica', 'orgánica', 'integrada', 'sostenible', 'de conservación' y 'de precisión', para adjetivar el concepto central.

Difícilmente la agricultura mal llamada ecológica u orgánica puede ser una respuesta al problema global, entre otras razones porque necesita

más suelo y le afectan mayores precios que sus alternativas, aparte de que sus principales pretensiones no están respaldadas científicamente. La llamada agricultura integrada no es más que un sistema de certificación inspirado por la iniciativa de la agricultura ecológica, si bien proponiendo una buena práctica fundamentada para una producción intensiva y competitiva. Ya nos hemos referido a la ambigüedad del término “sostenible”, que a la hora de la verdad no describe otra cosa que una práctica intensiva que tiene en cuenta lo más posible la conservación del medio ambiente. Más afortunado me parece el apelativo “de conservación”, que alude a la necesidad de la conservación del medio productivo y de su entorno.

A la hora de encarnar la necesidad de una intensificación sostenible, me inclino por lo que se denomina una agricultura de precisión, que busca rendimientos óptimos (no necesariamente máximos) mediante un conjunto de tecnologías que incluyen y combinan elementos tales como sensores específicos, drones especializados, tracción sin conductor, guiada por GPS, sistemas de información integrales, maquinaria avanzada inteligente y gestión informática para tener en cuenta la variabilidad y las incertidumbres inherentes a los sistemas agrícolas. Al poderse ajustar los insumos a las características de cada punto dentro de una parcela, o al animal individual dentro de la explotación, se consigue un mejor uso de los recursos para mantener la calidad del medio y una mejora de la sostenibilidad de la producción de alimentos.

Es de esperar que, con un esfuerzo considerable, podamos alimentar a una población humana en continua expansión, provisto que, más allá del aprovechamiento de la lignocelulosa y los subproductos, no desviemos una parte de los recursos a la producción de biocarburantes.





## 15. HOJA DE RUTA EN FORMA DE DECÁLOGO

1. No destruirás más bosque tropical para producir biocarburantes y cruasanes. La producción de bioetanol y biodiesel en terrenos hurtados al bosque tropical o al cultivo de alimentos debería prohibirse. Solamente los subproductos agrícolas y los lignocelulósicos deberían destinarse a la producción alternativa de energía. A los cultivos bioenergéticos deberían destinarse sólo suelos no susceptibles de otros usos. La producción de aceite de palma, altamente saturado, destinado a la producción de biodiesel y de bollería industrial está destruyendo los pulmones del planeta y contribuyendo a la devastadora 'epidemia' de obesidad.
2. Restringirás la producción de alimentos a suelos óptimos ya destinados a ello o a nuevos suelos apropiados que se identifiquen en África o en América. La mayor agresión al medio ambiente de la producción de alimentos es sin duda la invasión de suelo silvestre.
3. Perfeccionarás todas las artes para producir más por hectárea. El suelo laborable es un bien escaso de alto valor estratégico. Habrá que usarlo al máximo, sin destruir su capacidad productiva.
4. Gestionarás el agua como la misma esencia de la vida. El agua de riego es aún más escasa que el suelo laborable. La práctica agrícola supone ya el consumo de una fracción muy alta del agua dulce fluyente y accesible, por lo que no hay margen para aumentar el regadío, excepto en regiones muy concretas del planeta. Sí podemos y debemos conservar los regadíos existentes y gestionar mejor el agua actualmente disponible. La disponibilidad de ésta puede verse afectada por el cambio climático.
5. Considerarás a los macro y micronutrientes como si fueran recursos limitados, aunque su disponibilidad no esté a punto de extinguirse. La aplicación de los abonos nitrogenados debe ajustarse lo más posible al desarrollo fisiológico del cultivo para evitar pérdidas que ocasionan la eutrofización de ríos y lagos. La fabricación de estos fertilizantes supone uno de los principales gastos energéticos

de la actividad agrícola y una fracción importante de su huella ecológica. La disponibilidad de fosfato no está fiablemente inventariada a escala global y, contra el decir de los agoreros, no parece que vaya a producirse una crisis de suministro a medio plazo, aunque no sería descartable hacia el medio siglo.

6. Bajarás las barreras arancelarias a aquéllos países en desarrollo que puedan beneficiarse con dicha medida, pero diseñarás medidas especiales a los que serían devastados con ellas. El daño causado a muchos países con las trabas comerciales son muy superiores al total de las ayudas vigentes. Estos países no quieren que los ayuden sino que no los perjudiquen.
7. Aligerarás la dieta de alimentos edulcorados y densos en energía. Este mandato emana no tanto de su potencial para liberar alimentos vegetales para consumo directo por el ser humano como para disminuir el exceso calórico y la 'epidemia' de obesidad, así como en relación con el control de la emisión de gases con efecto invernadero.
8. Reducirás pérdidas y desperdicios en la cadena alimentaria. Se pierde en torno a un 30% del alimento producido. Una disminución de estas pérdidas aumentaría de modo inmediato el alimento disponible.
9. Investigarás cómo superar los impedimentos para cumplir con los mandatos aquí enunciados. El estado del arte no basta para solucionar los problemas planteados, por lo que la disminución del apoyo a la investigación agraria que se ha producido en la última década no puede sino llevarnos al desastre.
10. Perfeccionarás todas las artes agrícolas para producir más limpio. La agricultura ha sido contraria al medio ambiente desde su invención; de hecho, tanto más adversa cuanto más primitiva. No vamos a resolver los problemas del futuro retomando los métodos del pasado.

# ÍNDICE GENERAL

1.	PREÁMBULO EN EL HIMALAYA	7
	Nada parece haber cambiado en Nepal	
	La seguridad alimentaria	
	Declaración de intenciones	
	Referencias	
2.	LAS ÚLTIMAS DÉCADAS	13
	Conversación en Tucumán	
	Logros del reciente medio siglo	
	Una iniciativa de la Fundación Bill y Melinda Gates	
3.	LA REVOLUCIÓN VERDE	19
	Contribución de la Genética	
	Las royas del trigo	
	La revolución verde en Asia	
	El olvidado continente africano	
4.	ÉXITOS TÉCNICOS, ECONÓMICOS Y POLÍTICOS	25
	Siembra directa en Argentina	
	Entre India y Pakistán	
	Acciones político-económicas	
	Lecciones aprendidas	
	Si comés chancho, no necesitás viagra	
	Antecedentes cercanos	
5.	LA CRISIS AGROALIMENTARIA	33
	En la montaña rusa	
	Precios	
	Causas	
	Consecuencias de la crisis alimentaria	
6.	RETOS ALIMENTARIOS DEL MEDIO SIGLO	41
	Horizonte del 2050	
	La población en 2050	
	Evolución de los patrones dietéticos	
	Crecimiento localizado	
7.	SUELO Y AGUA	47
	Factores de producción limitados	
	Suelo laborable	
	Agua de riego	
8.	ENERGÍA, NUTRIENTES Y MEDIO AMBIENTE	55
	Energía	
	Nutrientes	
	Medio ambiente y Cambio Climático	

9. MEJORA GENÉTICA Y PLANTAS TRANSGÉNICAS	63
La planta cultivada	
Mejora genética vegetal	
Biotecnología Molecular. Plantas transgénicas	
Cosechas principales	
Rendimientos	
La biotecnología agraria en España	
10. BIOSEGURIDAD	73
Una oposición ideológica	
Seguridad para el ser humano	
Seguridad genética	
Seguridad medio-ambiental	
11. ¿CAMBIAR DE DIETA?	81
El mito vegetariano	
Tendencias de la dieta humana	
La veleidades del World Vegetable Center	
¿Todos vegetarianos?	
12. PÉRDIDA Y DESPERDICIO	93
Alimento desaprovechado	
Causas de la PDA	
Hacia una mejor gestión de la PDA	
Nuevos aires	
13. COMERCIO, MERCADO, OTROS FACTORES	101
Introducción	
Comercio	
Acceso a los mercados	
Ecosistemas naturales y agrícolas	
Impacto ambiental de los alimentos	
Investigación y desarrollo	
14. UNA INTENSIFICACIÓN SOSTENIBLE	111
Sostenible, un término ambiguo	
Clima y rendimientos	
No sólo genética	
Agricultura, un nombre con varios apellidos	
15. HOJA DE RUTA EN FORMA DE DECÁLOGO	118
ÍNDICE GENERAL	120
RESEÑA BIOGRÁFICA DEL AUTOR	125



## AGRADECIMIENTOS

Al excelentísimo señor D. Javier Rui-Wamba Martija, por su amable invitación a escribir este libro y por su oferta de editarlo bajo los auspicios de la Fundación ESTEYCO. A Pilar Carbonero, sus constantes consejos, críticas de estilo y corrección final del texto. A Pilar Carrizosa por su labor editorial.



## RESEÑA BIOGRÁFICA DEL AUTOR



FRANCISCO GARCÍA OLMEDO. CÁDIZ, 1938

Dr. Ingeniero Agrónomo y Licenciado en Química. Catedrático de la Universidad Politécnica de Madrid (1970-2008). Miembro del Colegio Libre de Eméritos (2007- ). Ha investigado sobre ingeniería genética vegetal y, más concretamente, sobre la inmunidad innata de las plantas. Ha sido autor de las primeras patentes sobre plantas transgénicas realizadas en España y vendidas en el mercado internacional. Becario post-doctoral y profesor visitante en la Universidad de Minnesota.

Miembro de la Real Academia de Ingeniería y de la *Academia Europaea*. Doctor Honoris causa por La Universidad Nacional de Tucumán (Argentina) y por la Universidad Miguel Hernández de la Comunidad Valenciana. “Premio de la Real Academia de Ciencias”, “Premio a las Ciencias de la CEOE”, “Premio Columela de la Fundación del COIAA” y Premio ANTAMA.

Ha publicado libros, ensayos y artículos en periódicos y revistas sobre temas científicos, crítica, narrativa y poesía. Su libro de divulgación más reciente ha sido *El ingenio y el hambre* (Ed. Crítica, 2009). Escribe un blog semanal, titulado *Ciencia al alioli* en la Revista de *Libros*.





FUNDACION  
ESTEYCO

Menéndez Pidal, 17. 28036 Madrid  
[fundacion@esteyco.com](mailto:fundacion@esteyco.com)  
[www.fundacionesteyco.com](http://www.fundacionesteyco.com)





FUNDACION  
ESTEYCO