

Aporte de la ciencia al desarrollo sustentable*

Francisco García Olmedo**

La especie humana es la única que se ha creado a sí misma mediante el artificio y que mediante el artificio se seguirá creando hasta el mismo día de su extinción. El concepto de Agricultura Sustentable representa una utopía necesaria, aunque encierre en su esencia un imposible termodinámico. El mundo ha estado superpoblado un cierto número de veces, situaciones en las que la población se ha visto frenada por una limitación en la disponibilidad de alimentos, según el desarrollo científico-tecnológico de cada momento. Los avances tecnocientíficos han ido resolviendo los momentos de estancamiento. Así se logró inicialmente romper el cerco de lo blando y de lo inocuo y así se resurgió tras la revolución neolítica o tras la revolución industrial. Sin embargo, dichos avances clave han actuado más como estimulantes de la espiral demográfica que como herramientas de sostenibilidad. Solo avances científicos concretos han contribuido y contribuirán a conseguir un sistema de producción de alimentos que sea más sostenible, a la vez que suficiente. A la luz de esta idea básica examinaremos ejemplos concretos de innovaciones realizadas en el pasado inmediato y se harán conjeturas respecto a los retos futuros a los que nos enfrentamos. Desde mediados del siglo XX, los retos de la producción de alimentos vienen siendo el de producir más por hectárea y el de producir de un modo más compatible con el medio ambiente. Además, con la amenaza del cambio climático, la producción de alimentos se ve abocada a competir con la de biocombustibles. A pesar de los avances tecnológicos producidos, se necesitará un considerable esfuerzo tecnocientífico para estar a la altura de las nuevas demandas. El marco de referencia de la producción de alimentos en el siglo XXI ha sufrido un cambio brusco como consecuencia de diversas circunstancias: el avance tecnocientífico que supone el desarrollo de la tecnología transgénica, junto a la automatización y el control por satélite de las tareas agrícolas, el auge de la mal llamada agricultura ecológica y las

nuevas demandas derivadas del cambio climático. Me propongo comentar brevemente la coyuntura tecnocientífica y examinar los retos actuales de la producción agrícola, a la luz de la nueva tecnología, y los propósitos y objetivos de la mejora genética vegetal.

Retos actuales

Hacia la mitad del siglo XX, el incumplimiento de las predicciones maltusianas respecto a la producción de alimentos se debió en primer lugar a la progresiva puesta en cultivo de nuevas tierras y, en mucho menor grado, a la mejora genética del rendimiento de las variedades cultivadas. Para entonces ya se habían convertido en laborables la mayoría de los terrenos óptimos para tal fin, junto a millones de hectáreas que jamás debieron cultivarse. Incluso en los suelos óptimos, las pérdidas anuales por erosión pueden representar varias toneladas de suelo por hectárea, mientras que en muchos suelos tropicales dichas pérdidas pueden alcanzar a decenas e incluso centenares de toneladas por hectárea, de tal forma que la funcionalidad de muchos suelos deforestados apenas dura uno o dos años. Aunque todavía es posible crear nuevo suelo laborable si se introducen algunas enmiendas técnicas, especialmente en África y en Suramérica, la tasa de destrucción del ya existente supera a la de creación, especialmente por invasión urbana, erosión y desertización. Estas circunstancias determinan que si hace nada disponíamos de media hectárea de suelo laborable por persona, el crecimiento demográfico ha reducido esa cifra a la mitad y en poco tiempo podría reducirse hasta unos escasos 1.500 m² por persona. Esto significa que, para mantener el actual nivel de producción de alimentos y sin tener en cuenta otras demandas que examinaremos más tarde, tanto la mejora genética como el resto del repertorio técnico agrícola deben encaminar su progreso hacia una mayor producción por hectárea, conclusión que sigue en pie incluso si, como postulan algunos, decidiéramos hacer una dieta más

*Trabajo presentado en el Foro Internacional Científico Tecnológico EEAOOC 2009

**Real Academia de Ingeniería de España y Colegio Libre de Eméritos
francisco.golmedo@upm.es

vegetariana y prescindieramos de una parte de la producción animal mediada por piensos.

La especie humana ya utiliza de modo directo o indirecto casi el 60 % del agua dulce renovable que es accesible, por lo que difícilmente podrá aumentar de un modo significativo su consumo para fines agrícolas. Aunque todavía es posible convertir algunas tierras de secano en regadío, la destrucción de los regadíos es superior a la de su posible creación, circunstancia que impide basar el incremento de la producción agrícola en el aumento de la superficie regada. Respecto a este factor, el reto no es tanto el de aumentar el regadío como el de mejorar la gestión del agua disponible, una opción para la que existe un amplio margen.

A estos retos que venimos arrojando durante más de medio siglo hay que añadir otros que han surgido muy recientemente como consecuencia del cambio climático provocado por la actividad humana, incluida la producción agrícola, cambio del que ya no cabe dudar y ante el cual es preciso adoptar medidas de prevención y adaptación. En este nuevo contexto, los retos son formidables: por un lado, las plantas cultivadas deberán adaptarse a nuevas condiciones climáticas, lo mismo que las prácticas de cultivo; y, por otro lado, a la producción de alimentos como objetivo se le viene a sumar la de biocombustibles. Como veremos, hacer frente a estos nuevos retos requerirá un esfuerzo considerable.

Evolución de la agricultura tradicional

En respuesta a los retos antes aludidos, la agricultura tradicional ha evolucionado hacia una inevitable intensificación, inicialmente sin tener en cuenta las consecuencias para el medio ambiente y luego con una conciencia creciente de la necesidad de respetar lo más posible el medio ambiente y de conservar el suelo laborable como elemento productivo esencial. Las nuevas técnicas sin laboreo o con laboreo mínimo, o de la mecanización y automatización de labores que deben realizarse con un fraccionamiento y una dosificación precisas, vienen encauzándose hacia la difícil tarea de compatibilizar un incremento de los rendimientos con una disminución de los impactos ambientales.

La agricultura ecológica no puede responder al reto global

El ideal de Steiner, "la finca agropecuaria como un gran organismo que debe autoabastecerse", es solo superficialmente posible en entornos favorables, fijando nitrógeno atmosférico mediante cosechas de leguminosas, que se introducen en la rotación de cultivos, y devolviendo al suelo las deyecciones de los animales de la explotación. Sin embargo, la fijación simbiótica como única aportación neta de nitrógeno a la explotación es en extremo limitante incluso en los sitios más favorables y la inmensa mayoría de los suelos que hoy nos dan de comer no permiten ni siquiera

una aproximación cosmética al ideal antes enunciado. Además, existen importantes plagas de insectos y enfermedades vegetales para las que la AE carece de soluciones.

Como ha señalado Vaclav Smil, investigador de la Universidad de Manitoba, el nitrógeno procedente de la fijación por las leguminosas y del estiércol, disponible a escala global, es menos de la mitad de los 85 millones de toneladas que se consumen anualmente por la agricultura mundial. El premio Nobel Norman Borlaug ha hecho el sencillo cálculo de cuántas cabezas de vacuno se necesitarían para producir una cantidad de estiércol que suministrara la citada cantidad anual de nitrógeno: se necesitarían 14.500 millones de cabezas, que tendrían que estar distribuidas de modo uniforme por todo el suelo laborable del planeta, ya que el transporte de estiércol a larga distancia sería ruinoso. ¿De dónde saldría el nitrógeno para producir el alimento de una población vacuna cuyo número doblaría el de la población humana? Está claro que estamos ante un imposible termodinámico, ante un equivalente del llamado "móvil perpetuo de segunda especie". Sin el antes mencionado proceso Haber-Bosch de fijación química de nitrógeno, más de media humanidad no tendría qué llevarse a la boca.

Es cierto que una fracción importante del grano producido se dedica a la fabricación de piensos para el ganado y que la producción de 1 kg de carne magra de pollo requiere alrededor de 3 kg de grano, unos 4 kg si es de cerdo y en torno a 8 kg si es de vacuno. El pienso necesario para producir 1 caloría en forma de carne representa unas 7 calorías, por lo que una disminución del consumo de carne per capita podría liberar calorías en forma de alimentos vegetales. Sin embargo, aún en el hipotético caso de que nos hiciéramos más vegetarianos, algo de lo que los chinos no quieren ni oír hablar, difícilmente se podrá alimentar a una población humana creciente volviendo a un sistema de producción que rinde entre un 20 % y un 50 % menos que el convencional y que desde luego no sería aplicable en una parte mayoritaria del suelo laborable del que disponemos.

Las plantas transgénicas

La ingeniería genética vegetal se ha desarrollado con éxito y sin incidentes adversos durante el último cuarto de siglo. Hace más de un década que sus primeras aplicaciones prácticas llegaron al campo y en la actualidad la superficie dedicada a cosechas transgénicas es ya próxima a los 120 millones de hectáreas, distribuida por 23 países. Más del 90 % de los 12 millones de agricultores que cultivan plantas transgénicas están en países en desarrollo.

Nunca antes, en la historia de la innovación tecnológica, se han tomado tantas precauciones en el proceso de autorizar el uso de una nueva tecnología. Alcanzada ya

una etapa de consolidación de los cultivos transgénicos, no se ha producido un solo incidente adverso para la salud humana o para el medio ambiente. La aprobación caso a caso de las nuevas aplicaciones parece haber asegurado que la gran difusión de los cultivos transgénicos haya ocurrido sin riesgos significativos.

La tecnología transgénica, que permite añadir o inactivar uno o varios genes en un genoma que tiene en torno a 30.000, no viene a sustituir a la mejora genética tradicional sino a enriquecerla, de tal modo que una mala variedad lo seguirá siendo por mucha ingeniería que se practique en ella, mientras que en una buena variedad se podrá corregir algún defecto específico y mejorar su comportamiento agronómico. Se han desarrollado numerosas aplicaciones prácticas, la mayoría de las cuales no han alcanzado la fase de explotación por objeciones infundadas de índole ideológica. Las principales aplicaciones en explotación consisten en la expresión transgénica de genes que confieren tolerancia a herbicidas, para facilitar el control de malas hierbas, y resistencia a los insectos causantes del taladro del maíz, que causan grandes pérdidas en muchas zonas europeas, incluidas varias regiones españolas.

Objetivos tradicionales

La nueva tecnología está ya incidiendo sobre los objetivos que tienen que ver con un aumento de la productividad y con la práctica de una agricultura más compatible con el medio ambiente, así como con demandas sociales diversas que están plenamente justificadas, tales como la mejora de los distintos tipos de calidad.

Las innovaciones de la ingeniería genética relacionadas con la obtención de plantas transgénicas resistentes a herbicidas, microorganismos patógenos y plagas de insectos inciden sobre el rendimiento, al evitar pérdidas importantes sobre los costes de producción, al ahorrar mano de obra y productos químicos; y sobre el impacto ambiental, al disminuir el uso de estos últimos y paliar la erosión. En efecto, el uso de productos fitosanitarios (herbicidas, plaguicidas, fungicidas, etc.) representa no solo un capítulo de gastos importante en la producción agrícola sino que plantea serios problemas de contaminación del medio ambiente, y la ingeniería genética permite reducir dicho uso.

Bioreactores y agentes de remediación ambiental

Entre los objetivos nuevos se incluyen todos aquellos que implican la introducción de genes que proceden de fuera del reino vegetal para obtener aplicaciones o productos distintos de los tradicionales, usando las plantas como biorreactores o como agentes de remediación industrial: nuevos productos industriales no alimentarios – como por ejemplo, plásticos biodegradables – que pueden suponer

una significativa demanda potencial de suelo laborable; productos farmacológicos, de alto valor añadido y baja demanda de suelo; plantas útiles para la descontaminación ambiental (fitoremediación) o para otras aplicaciones medioambientales).

Adaptación de las plantas cultivadas al calentamiento global

El calentamiento global tiene importantes efectos directos e indirectos sobre la biosfera. La actividad agrícola está íntimamente ligada al marco climático y tendrá que adaptarse a los cambios que éste sufra. Además, unos modelos climáticos suficientemente precisos en sus predicciones deberían permitir que los planes de política agraria y las decisiones productivas anuales se adoptaran más racionalmente. Por avanzado que esté el conocimiento agronómico actual, las conjeturas que podamos hacer sobre los posibles efectos del cambio climático sobre la producción de alimentos no pueden ser más que hipótesis basadas en hipótesis.

Es evidente que una elevación de la temperatura podría llevar hacia el declive a las más prósperas regiones agrícolas actuales, mientras que áreas del globo que eran inhóspitas hasta ahora podrían convertirse transitoriamente en óptimas para la agricultura. También la distribución geográfica de los espacios naturales sufriría un cambio radical. El aumento de la concentración atmosférica de CO₂ podría favorecer el crecimiento y la producción vegetal, al mejorar la eficiencia del proceso de fotosíntesis, pero la elevación conjunta del CO₂ y la temperatura podría alterar profundamente el abanico de plagas, enfermedades y malas hierbas, aumentando su efecto adverso sobre las plantas cultivadas. El previsto aumento de la concentración superficial de ozono también sería adverso para la producción agrícola. Siga el curso que siga el calentamiento global, más o menos refrenado, es evidente que necesitaremos variedades cultivadas más resistentes al estrés abiótico para gestionar las transiciones climáticas; es decir, plantas más tolerantes a la sequía y a las temperaturas extremas, objetivos respecto a los cuales se han realizado ya avances notables.

El espejuelo de los biocombustibles

Aunque, en un hipotético caso extremo, los biocombustibles podrían cubrir todas nuestras necesidades energéticas, en la práctica sólo llegarían a sustituir a una fracción muy limitada, aunque no desdeñable, de la energía fósil que consumimos, y precisamente por las limitaciones de su producción, esta no debe servir de coartada para seguir despilfarrando energía como hasta ahora.

La productividad y la composición de las especies y variedades vegetales utilizadas con fines energéticos no han sido todavía optimizadas para esa aplicación (técnicas

de cultivo, mejora vegetal, ingeniería genética) y cabe esperar progresos sustanciales en estos componentes del problema.

El desarrollo de métodos para la conversión industrial de biomasa en biocarburantes está todavía en su infancia, especialmente la liberación de azúcares fermentables a partir de lignocelulosa. Los incentivos son grandes, pero las dificultades también. En la medida que tanto EE.UU. como la UE han incluido los biocombustibles de segunda generación en sus objetivos obligatorios, se han tirado a una piscina vacía que no es seguro que se llene a tiempo.

Aparte de los escollos de su desarrollo tecnológico, las principales limitaciones de la producción de biocombustibles son su posible competencia por el suelo labora-

ble con las cosechas alimenticias y la invasión de habitats naturales, degradados o no.

El actual uso de granos de maíz y otros cereales para producir alcohol adolece de unos costes elevados, un balance de emisiones y un balance energético desfavorables, y de unos futuros efectos económicos perniciosos sobre el precio de alimentos básicos y sobre el problema del hambre en el mundo. La producción de biodiésel es cara por ineficiente, salvo en el caso de las plantaciones de palma. Sin embargo, dichas plantaciones suponen un verdadero problema ecológico y una dudosa ventaja económica para los países donde se establecen.

La producción de biocombustibles es por ahora un método muy caro de ahorrar emisiones de gases con efecto invernadero.