



***ALIMENTAR A LA  
HUMANIDAD EN 2050:  
ESPAÑA Y EUROPA EN  
EL CONTEXTO  
GLOBAL***

**Director: Francisco García Olmedo**



# **Una intensificación sostenible**

**(Conferencia VI)**

### **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, por ejemplo, un desarrollo económico sin ayuda exterior ni merma de los recursos existentes» y «sostenibilidad: cualidad 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 equivalente 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 esta conferencia. 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 las aportaciones de

insumos por debajo de los niveles óptimos conducen 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. En esta última conferencia examinaremos los aspectos científicos y técnicos de dicha respuesta.

### **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, el resultante del curso de desarrollo designado A1B (*Special Report on Emissions Scenarios*. Nakicenovic & Stewart, 2000, Cambridge University Press), la concentración de dióxido de carbono 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 y sorgo. En uno y otro caso, la elevación del anhídrido carbónico disminuiría el consumo de agua, pero la elevación de la temperatura tendría el efecto contrario. La concentración de ozono, que puede tener efectos adversos 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 el aumento predicho para el año 2050 se estima que produciría descensos de los rendimientos de entre el 4 y el 12 por ciento, 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.

## **Mejora genética vegetal**

En la primera conferencia nos hemos referido a los incrementos de la producción de alimentos en el último medio siglo. Así, por ejemplo, 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 anuales de hasta 33 kg por hectárea. 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 del abono nitrogenado o al controlar plagas, enfermedades o malezas, tienen límites concretos y, una vez obtenidos, 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 capita*. Sin embargo, para muchas cosechas existe evidencia de que se está produciendo un estancamiento en los incrementos de rendimiento.

Para aumentar el rendimiento, los mejoradores deben operar sobre distintos aspectos funcionales de la planta: la captura de energía solar por parte de las partes activas en 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 acaba en el grano en comparación con los que los precedieron: su índice de cosecha es 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 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 microorganismos 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. En el siguiente apartado nos referiremos específicamente a este asunto.

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. 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 podría aportar más a la alimentación en ciertas regiones y que se empieza tímidamente a tener en cuenta.

### **Biología molecular. Plantas transgénicas.**

El término biología molecular alude a cualquier tecnología que tenga un componente biológico, sea un organismo 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 biología molecular en la que los elementos biológicos son los genes y las moléculas, principalmente el ADN y las proteínas. El potencial utilitario de la biología molecular ha acabado alcanzando de lleno a la producción agroalimentaria a través de la posibilidad de modificar microorganismos y plantas mediante técnicas moleculares 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 de la función o por inutilización de un gen propio. 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. La nueva tecnología añade una importante dimensión a la mejora vegetal tradicional, pero no viene a sustituirla, de tal modo que si se hace ingeniería genética con una mala variedad se obtendrá una mala variedad y si se practica con una buena variedad se conseguirá una buena variedad, mejorada en algún aspecto relevante, como pueda ser la resistencia a una nueva cepa patogénica o a algún factor adverso del suelo o del clima. 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 salvo cuando aparece la plaga.

Según el *Internacional Service for the Acquisition of Agri-Biotech (ISAAA)*, en su "Informe Anual sobre la situación mundial de la comercialización de cultivos genéticamente modificados en 2010.", la superficie mundial de cultivos transgénicos alcanzó los 148 millones de hectáreas, una extensión equivalente a tres veces la de España. Esta cifra representa un crecimiento de 14 millones de hectáreas con respecto a 2009 (10,5 por ciento), una superficie equivalente al conjunto de Castilla y León, Galicia, Asturias y Cantabria.

En un total de 29 países, que representan casi el 60 por ciento de la población mundial, se sembraron plantas transgénicas en 2010. De los 15,4 millones de agricultores que adoptaron esta tecnología, 14,4 millones (el 93,5 por ciento) eran pequeños agricultores de países en vías de desarrollo, países en los que la implantación ha crecido rápidamente hasta casi igualar en superficie sembrada a la de los desarrollados. 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 catorce años de implantación generalizada de estos cultivos se han

incrementado significativamente las producciones: la soja, 83,5 millones de toneladas, el maíz, 130,5 millones, algodón, 10,5 millones, y colza, 5,5 millones.

La Unión Europea ha sido el único ámbito refractario a la implantación de los cultivos transgénicos: en seis países se cultivaron 91.193 hectáreas de maíz Bt resistente al taladro, y en tres países, la República Checa, Suecia y Alemania, se incorporó tímidamente el cultivo de la patata transgénica Amflora. España ocupa continuamente la vanguardia europea en esta cosecha, ya que se han cultivado 76.575 hectáreas de maíz Bt resistente al taladro, un 23,8 por ciento del total de maíz sembrado en España y la mayor parte del territorio en que esta plaga es un problema recurrente. Esta es la razón por la que Aragón (31.396 hectáreas) y Cataluña (29.218 hectáreas) son las regiones en las que el cultivo está más extendido. El liderazgo de España a este respecto en la Unión Europea es comprensible porque somos los mayores importadores de grano en dicho ámbito, debido a que nuestra producción animal depende de los piensos en mucha mayor medida que el resto de los países miembro.

El rendimiento récord de una cosecha se obtiene en la hectárea más favorable para el cultivo de la mejor variedad, 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 por ciento, 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 record, y el rendimiento medio pueden ser más o menos sometidos al control humano, mientras que otros no. Entre los primeros están una serie 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 y el cultivo sin laboreo; el maíz resistente al taladro, que blindo 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 y que están más o menos lejos de llegar al mercado, aunque se encuentran ante un injustificado clima de rechazo ideológico. Antes de referirnos a dicho rechazo, lo haremos brevemente a los beneficios ya obtenidos.

Los beneficios adicionales imputables a los cultivos transgénicos han sido recientemente cuantificados por los economistas ingleses Graham Brookes y Peter Barfoot ([www.pgeconomics.co.uk](http://www.pgeconomics.co.uk)). Según este estudio, que abarca desde 1996 hasta 2009, los cultivos transgénicos han logrado unos beneficios adicionales para los agricultores de 64.700 millones de dólares, un 57 por ciento de éstos gracias al incremento de los rendimientos medios y un 43 por ciento debido a la reducción de los costes de producción. 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 por ciento 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 por ciento. 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 kilogramos, 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.

Ha transcurrido un cuarto de siglo 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 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.

### **No sólo genética**

Hemos señalado 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 en muchas regiones sufre un expolio de nutrientes, al extraerse más de lo que se aporta, practicándose lo que se llama “minería de nutrientes”, o se le aportan cantidades subóptimas de fertilizante nitrogenado, lo que supone rendimientos subóptimos y un mayor consumo de fertilizante por tonelada de alimento producida.

Los datos en la Tabla 6-1 muestran las 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, es decir, 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. En general, de cara al 2050 hay margen para incrementar la fertilización, pero hay que tener en cuenta el extremado coste energético del abono nitrogenado y la necesidad de gestionar con extremo cuidado las reservas limitadas de fosfato, siendo urgente el desarrollo de métodos de reciclado de este nutriente.

**Tabla 6-1.** Aplicación anual media de fertilizantes (N+P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>+K<sub>2</sub>O)\*

Región	Cantidad de fertilizante (kg/ha)
<u>Mundo</u>	<u>92</u>
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. Como en toda lucha biológica, 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: más activos, selectivos y biodegradables.

### **Agricultura: un nombre con varios apellidos.**

A modo de conclusión de este ciclo de conferencias, 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 combinan sensores, sistemas de información, maquinaria avanzada y gestión informada 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.

En conclusión, 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.