

# SEGURIDAD ALIMENTARIA MUNDIAL: EL PAPEL DE LAS CIENCIAS BIOLÓGICAS<sup>1</sup>

Rafael Pineda

Universidad de Córdoba

Manuel Pineda

Académico Numerario

---

## RESUMEN

---

### PALABRAS CLAVE

Biotecnología.  
Población mundial.  
Producción de alimentos.  
Seguridad alimentaria.

La población mundial ha aumentado a una tasa alarmante en las últimas décadas y se prevé que supere los 9.700 y los 11.000 millones a mediados y finales de siglo, respectivamente. Este crecimiento será desigual en las diferentes regiones, y más elevado en las más pobres. No es de extrañar, por tanto, que se oigan muchas voces alertando de una posible falta de alimentos. Sin embargo, las nuevas tecnologías biológicas y agrícolas han hecho que la producción de alimentos haya crecido a un ritmo aún mayor que la población: mientras que la producción de alimentos en 1960 era inferior a las 2.200 kcal. por persona y día, en el 2000 se superaban las 2.700 kcal. No obstante, en el mundo pasan hambre más de 815 millones de personas, y desgraciadamente en 2016 se ha roto la tendencia bajista de años anteriores. El problema no es, evidentemente, de producción de alimentos sino de distribución de la riqueza y de decisiones políticas.

### ABSTRACT

---

### KEYWORDS

Biotechnology.  
Food production.  
Food security.  
World population.

The world's population has risen at an alarming rate in recent decades and is expected to exceed 9.700 and 11.000 million by the middle and the end of the century, respectively. This growth will be unequal in the different regions, and higher in the poorest ones. It is not surprising, therefore, that many voices are heard warning of a possible lack of food. However, new biological and agricultural technologies have made food production grow at a faster rate than that of the population: while food production in 1960 was less than 2.200 kcal per person per day, in 2000 exceeded 2.700 kcal. However, more than 815 million people are starving in the world, and unfortunately in 2016 the downward trend of previous years has been broken. Of course, the problem is not food production but distribution of wealth and political decisions.

---

Boletín de la Real Academia  
de Córdoba.  
BRAC, 167 (2018)  
205-212

---

<sup>1</sup> El presente documento responde a la participación en la Mesa Redonda organizada por la Real Academia de Córdoba el 16 de octubre de 2017 con motivo del Día Mundial de la Alimentación e incluye varias actualizaciones de una versión más amplia de los mismos autores en *Biotecnología: aplicaciones y controversias*, UCOPress, Córdoba, 2017.

---

**INTRODUCCIÓN: CRECIMIENTO DE LA POBLACIÓN Y SUMINISTRO DE ALIMENTOS**

---

La población mundial ha aumentado, y aún hoy lo hace, a una tasa alarmante: era de unos 250 millones de personas hace 2000 años, tardó 16 siglos en duplicarse, pasó de mil a dos mil millones entre 1804 y 1927 y se volvió a duplicar entre 1960 y 2000, en tan solo 40 años, pasando de tres a seis mil millones. El 30 de octubre de 2011 se alcanzaron los 7.000 millones (7 millardos) y en marzo de 2017 la de 7.500 millones de personas. Se prevé que la población mundial supere los 9.700 y los 11.000 millones, respectivamente, a mediados y finales de siglo (ONU, 2015). Según la OCDE, este crecimiento será desigual en las diferentes regiones, y más elevado en las más pobres o en vías de desarrollo, que soportarán el 97% de ese crecimiento mientras que será solo del 2,3% en los 35 países miembros de la OCDE.

La preocupación por una **alimentación suficiente**, lo que internacionalmente se denomina **seguridad alimentaria**, es tan vieja como la humanidad. A finales del siglo dieciocho, el economista y político británico Thomas Malthus especulaba, en tono fatalista, casi apocalíptico, que el crecimiento de la población superaría muy pronto la producción y suministro de alimentos y que esto se convertiría en el mayor problema de la humanidad. Sin embargo, la realidad de los últimos decenios, en los que se ha dado el mayor crecimiento demográfico de toda la historia humana, ha desmentido totalmente las predicciones de Malthus: a comienzos del decenio de 1960 (con una población de 3 millardos) la producción mundial de alimentos para consumo humano era inferior a 2.200 kilocalorías por persona y día, mientras que en el 2000 (cuando la población era de 6 millardos) había sobrepasado las 2.700 kcal., suficientes para permitir la correcta alimentación de toda la población humana. En este sentido, Norman E. Borlaug y Christopher R. Dowsell afirmaban que la humanidad disponía ya en 2002 de la tecnología requerida para alimentar a una población futura de 10.000 millones de personas sobre una base productiva sostenible. Una cuestión que no debería pasar desapercibida es la cantidad de alimentos que se pierden o se estropean desde que se planta la semilla hasta que el alimento llega a la mesa y es consumido, cantidad que la FAO cifra en un tercio del total. Es decir, debe considerarse que una parte de las semillas no llega a producir alimentos y, cuando se producen, una parte se estropea en el transporte o almacenamiento y, por último, una parte de lo que llega a la mesa se desperdicia; esta parte es mayor en países industrializados que en países en desarrollo, mientras que las pérdidas porque no lleguen a desarrollarse o porque se estropeen es mayor en los países en desarrollo (<http://www.fao.org/food-loss-and-food-waste/es/>).

Sin embargo, en el mundo aún padecen hambre más de 800 millones de personas, lo que representa una población mayor de la que vive en Europa (unos 740 millones). Y lo que es peor, el Director General de la FAO, José Graziano da Silva, anunciaba que la cifra de personas que padecen hambre en el mundo había aumentado en 2016, llegando hasta los 815 millones, 38 millones más que en 2015, y revirtiendo los progresos alcanzados durante los últimos años y la tendencia descen-

dente. Este anuncio lo hacía el pasado 3 de julio de 2017 en Roma con motivo de la apertura de la Conferencia bienal de la Organización de la ONU (<http://www.fao.org/news/story/es/item/902598/icode/>). Además, las personas desnutridas son la mitad de las que tienen problemas de sobrepeso, que crecen constantemente, y todavía mueren unas 30.000 cada día por falta de alimentos. La nutrición deficiente es la causa de casi la mitad (45%) de las muertes en niños menores de cinco años. El mundo ha hecho enormes avances para reducir las muertes infantiles, disminuyendo un 53% la tasa de mortalidad de niños menores de cinco años entre 1990 y 2015, pero aún queda mucho por hacer. Esta mejora en la reducción del número de muertes infantiles se ha debido a la disminución de las muertes por neumonía, diarrea, malaria, sarampión y durante el nacimiento.

## EL PAPEL DE LAS CIENCIAS BIOLÓGICAS

---

Ante este panorama caben muchas preguntas, una de las cuales es ¿qué ha hecho y qué puede hacer la ciencia y la tecnología, particularmente las ciencias biológicas y más concretamente la Biotecnología? Nos referiremos a tres aspectos fundamentales, la revolución verde, el papel de la Mejora Vegetal clásica y, por último, el de las ciencias biológicas modernas, la Biotecnología.

Malthus había considerado una ecuación simple con solo dos variables, la producción de alimentos y la tasa de crecimiento de la población. En esas condiciones, sus predicciones eran lógicas y pensar lo contrario era de ser un tonto o un economista, como reflexionara Kenneth Boulding, uno de los más significados economistas, en los años 1950. Sin embargo, Malthus y otros no habían incluido variables clave como la capacidad humana y el poder de la tecnología, que traerían como consecuencia lo que se ha dado en llamar la “revolución verde”. Se trata de un fenómeno que se inicia en Sonora, México, en 1943 y se desarrolla en las décadas siguientes, y que se basa en la obtención de variedades de trigo de alto rendimiento y con tallo acortado, lo que no solo mejora la producción sino que evita el encamado, y en un cambio de paradigma en las prácticas agrícolas al introducir los sistemas de riego, la mecanización y el uso de los fertilizantes. Conviene recordar que los fertilizantes a base de nitrógeno fueron introducidos por Justus von Liebig en 1840, un momento en que no se conocía bien la importancia del nitrógeno para el crecimiento de las plantas. Bajo el paraguas de esta revolución se mejoraron también arroz, maíz y otros cultivos. La variedad de arroz que se consiguió, una variedad semienana, sirvió para incrementar los rendimientos de forma alarmante en la India, casi un orden de magnitud, lo que evitó la hambruna asiática ampliamente anunciada y salvó la vida a millones de personas. También se produjo una reducción considerable de su precio, convirtiéndose así en un producto más asequible para los países pobres o en vías de desarrollo. La revolución verde fue debida al trabajo de un puñado de científicos y sus equipos, pero especialmente al del mejorador americano Norman E. Borlaug, reconocido como el padre de esta revolución y por lo que le sería otorgado el Premio Nobel de la Paz.

La **Mejora Genética clásica** ha dedicado un gran esfuerzo y ha tenido gran éxito en conseguir plantas con mejores rasgos agronómicos como adaptación a condiciones bióticas o abióticas adversas, mayor producción, facilidad de recolección, alargamiento de la vida postcosecha, etc. De hecho, la gran mayoría de los cultivos actuales son fruto de este campo de la Biología. El “HarvestPlus, better crops, better nutrition” es el programa estrella del Grupo Consultivo para la Investigación Agraria Internacional (CGIAR), una alianza internacional sobre investigación agrícola que pone la atención en mejorar los elementos nutricionales de los alimentos en la lucha contra el hambre. Esta alianza fue creada en 1971, entre otros, por Norman E. Borlaug y Robert McNamara con el objetivo anterior y de mejorar las condiciones de vida en el mundo rural, y España pertenece a la misma desde 1981. Este programa ha conseguido ya obtener cultivos biofortificados en provitamina A ( $\beta$ -caroteno) como la batata, la yuca (mandioca o tapioca) y el maíz, y en hierro y zinc como la judía, el mijo perla, el arroz y el trigo. Estos programas de mejora buscan también incrementar otros rasgos agronómicos como resistencia a plagas y enfermedades y tolerancia a diversos factores adversos, especialmente sequía, acidez del suelo, encharcamiento, etc. Conviene recordar que la fortificación de los alimentos se puede obtener adicionando el nutriente fortificador directamente al alimento, mediante alimentación de los animales con los elementos a fortificar esperando que sean incorporados en la parte que será usada como el alimento (huevos, leche, carne), incorporando estos micronutrientes en la estructura de los alimentos mediante impregnación al vacío, usando estrategias de fertilización y condiciones de cultivo y mediante ingeniería genética; estas dos últimas son las que se denominan como biofortificación (Serpa-Guerra et al., 2016). La OMS describe la biofortificación como el proceso por el que la calidad nutricional de los cultivos para alimentación se mejora a través de prácticas agronómicas, mejora genética convencional o Biotecnología moderna.

La **Biotecnología moderna** está contribuyendo desde dos puntos de vista: aumentando la productividad de los cultivos y mejorando las cualidades nutricionales de los alimentos (biofortificación). A pesar de todas las controversias y polémicas que rodean el mundo de los cultivos modificados genéticamente, estos cultivos han sido adoptados por los agricultores a una velocidad sin precedentes desde que se iniciaron en 1996 (se cultivaron 1,7 millones de hectáreas). En 2016, la superficie mundial cultivada con semillas biotecnológicas superó los 185 millones de hectáreas ubicadas en 26 países de todo el mundo, 7 países industrializados y 19 países en desarrollo; los países industrializados son responsables del 46% de los cultivos modificados genéticamente o biotecnológicos mientras que los países en desarrollo fueron responsables del 54% de esos cultivos (ISAAA, 2016). En la Unión Europea, la superficie de cultivos modificados genéticamente creció un 17% en 2016, alcanzando las 136.000 hectáreas y siendo España el primer país productor destacado con un 95% de esa superficie dedicada a maíz Bt.

Los cuatro cultivos fundamentales son la soja, el maíz, el algodón y la colza. El 78% de la soja cultivada en 2016 en el mundo fue de tipo biotecnológico, cifra que

alcanzó el 90% en países como Estados Unidos, Brasil, Argentina, Canadá, Sudáfrica y Uruguay; la soja fue seguida por el algodón, que supuso el 64%, el maíz el 26%, y la colza el 24% (ISAAA, 2016). Los rasgos fundamentales de estos GMO son tolerancia a herbicidas y resistencia a plagas, lo que evita pérdidas considerables. De hecho, en el periodo 1996-marzo de 2014, los rendimientos de los cultivos han incrementado un 21,6% y los beneficios medios para los agricultores se han incrementado en un 68%, siendo este beneficio bastante superior en los países en vía de desarrollo que en los industrializados (Klümper y Qaim, 2014). No parece dejar dudas sobre la importancia de estos cultivos para mejorar la producción y rentabilidad. Sin embargo, algunas asociaciones ecologistas, como Greenpeace España, opinan que los cultivos modificados genéticamente no alimentan al mundo, y justifican su afirmación indicando que el 99% de los agricultores no los cultivan y que el 97% de la superficie agrícola mundial sigue libre de ellos (<http://www.greenpeace.org/espana/es/Trabajamos-en/Transgenicos/>). Entonces, si esa es la situación, no entendemos tanto alboroto e intento por desprestigiar los cultivos transgénicos.

La Biotecnología moderna está también mejorando las propiedades nutricionales y saludables de los alimentos. Colegas españoles del Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias han obtenido una naranja enriquecida en carotenos y con mayor poder antioxidante (Pons et al., 2014), y el grupo liderado por la Dra. T. Capell ha obtenido un maíz multivitamínico (Naqvi et al., 2009; Zanga et al., 2016a, b). O el trigo sin gluten conseguido por el grupo del Dr. Francisco Barro, en Córdoba (Gil-Humanes et al., 2010, 2014), y la leche hipoalergénica y de alto contenido en caseína producida por la vaca Daisy, nacida en Nueva Zelanda en noviembre de 2011 (Jabed et al., 2012). Y muchos otros casos. Pero el mayor esfuerzo se está poniendo en evitar o paliar la deficiencia de vitamina A, que es, junto con la de hierro, yodo y zinc, uno de los mayores endémicos en muchos países en vías de desarrollo. En 2012, la OMS cifró en unos 250 millones los preescolares afectados por su deficiencia y en 2.700.000 las muertes de niños de menos de cinco años. El problema es que del arroz, el alimento del que dependen 400 millones de personas pobres, carece de los precursores de la vitamina A. Para estos 400 millones, del sudeste de Asia y África principalmente, las consecuencias son fatales: visión deteriorada que puede terminar, en casos extremos, con ceguera irreversible; alteración de la integridad epitelial, lo que expone a los individuos afectados a infecciones de todo tipo; reducción de la respuesta inmune; alteración de la hematopoyesis y del crecimiento del esqueleto, entre otras. Especialmente grave es en las mujeres embarazadas y en la infancia. Para evitar toda esta serie de problemas, dos investigadores, Peter Beyer e Ingo Potrikus, decidieron colaborar a principios de los 90 con el fin de producir un arroz con provitamina A. Al proyecto se incorporó en 2001 la empresa Syngenta. El fruto de 15 años de investigación es un arroz “dorado” que contiene hasta 37  $\mu\text{g/g}$  de  $\beta$ -caroteno (Paine et al., 2005), que es bioasimilable y que con 50 g. de peso seco se obtiene el 60% de los requerimientos diarios de vitamina A (Tang et al., 2012). A pesar de todo, la polémica sobre el arroz dorado es especialmente alta y los campos experimentales son frecuente y vandálicamente destrozados.

Aunque el arroz dorado es la estrella, no debe olvidarse que el Dr. James Dale, de la Queensland University of Technology (QUT) en Brisbane, Australia, ha conseguido la “superbanana”, que es rica en  $\beta$ -caroteno (hasta 20 mg. por gramo de peso seco). Esta investigación se había iniciado en 2005 dadas las dificultades por las que atravesaba el arroz dorado y ha sido subvencionada por la Fundación Bill y Melinda Gates. En el África subsahariana, hasta un 30% de los menores de 5 años están en riesgo de quedarse ciegos por esta avitaminosis, entre otras cuestiones. Afortunadamente, la oposición de los activistas anti-GM ugandeses ha sido, por ahora, mínima.

Para el futuro, que ya está aquí, la Biotecnología tendrá, además, que conseguir plantas tolerantes de la sequía y adaptadas al cambio climático, cada vez más patente. De hecho, ya están los primeros ensayos, e incluso en el mercado norteamericano, sobre los primeros maíces tolerantes a la sequía conseguidos tanto por mejora tradicional como por transgénesis (Federoff, 2015). O las patatas tolerantes a estreses abióticos como la salinidad y sequía (Zhang et al., 2011), que son los más importantes en el crecimiento y desarrollo normales de las plantas.

En conclusión, puede decirse que el problema del hambre, como fenómeno grave y generalizado, no se debe a la escasez de alimentos sino a la distribución de la riqueza y a la pobreza de las poblaciones afectadas, que carecen de los medios para adquirirlos, y también a intereses poco confesables de algunos o muchos dirigentes. Además, numerosos informes ponen de manifiesto que los picos en los precios de los alimentos están directamente relacionados con la inestabilidad social y política y los disturbios generados por conseguirlos (Lagi et al., 2011). Para el Director General de la FAO, Sr. Graziano da Silva, resulta fundamental contar con un sólido compromiso político para erradicar el hambre, resaltando que solo se vencerá el hambre si los países traducen sus promesas en acción. Este anuncio lo hacía el pasado 3 de julio de 2017 en Roma, donde resaltaba también que casi el 60 por ciento de las personas que padecen hambre en el mundo viven en países afectados por conflictos y por el cambio climático (<http://www.fao.org/news/story/es/item/902598/icode/>). Siendo correcto lo anterior, no debe olvidarse el despilfarro de los países desarrollados en los alimentos de todo tipo.

## BIBLIOGRAFÍA

- FEDEROFF, NV (2015). Food in a future of 10 billion. *Agriculture and Food Security* 4, 11. doi:10.1186/s40066-015-0031-7
- GIL-HUMANES, J., PISTÓN, F., ALTAMIRANO-FORTOUL, R., REAL, A., COMINO, I., SOUSA, C., ROSELL, C. M., BARRO, F. (2014). Reduced-gliadin wheat bread: an alternative to the gluten-free diet for consumers suffering gluten-related pathologies. *PLoS One* 9, e90898. doi:10.1371/journal.pone.0090898.
- GIL-HUMANES, J., PISTÓN, F., TOLLEFSEN, S., SOLLID, L. M., BARRO, F. (2010). Effective shut down in the expression of celiac disease related wheat gliadin T-cell epitopes by RNA interference. *PNAS USA* 107, 17023-17028. DOI: 10.1073/pnas.1007773107.

- ISAAA (2016). Global Status of Commercialized Biotech/GM Crops: 2016. ISAAA Brief No. 52. ISAAA: Ithaca, NY.
- JABED, A., WAGNER, S., MCCRACKEN, J., WELLS, D. N., LAIBLE, G. (2012). Targeted microRNA expression in dairy cattle directs production of  $\beta$ -lactoglobulin-free, high-casein milk. *PNAS USA* 109, 16811-16816. doi: 10.1073/pnas.1210057109.
- KLÜMPER, W., QAIM, M. (2014). A meta-analysis of the impacts of genetically modified crops. *PLoS One*. 2014; 9:e111629. doi: 10.1371/journal.pone.0111629.
- LAGI, M., BERTRAND, K. Z., BAR-YAM, Y. (2011). The Food Crises and Political Instability in North Africa and the Middle East (August 15, 2011). Disponible en SSRN <http://ssrn.com/abstract=1910031> o <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.1910031>.
- NAQVI, S., ZHU, C., FARRE, G., RAMESSAR, K., BASSIE, L., BREITENBACH, J., PEREZ-CONESA, D., ROS, G., SANDMANN, G., CAPELL, T., CHRISTOU, P. (2009). Transgenic multivitamin corn through biofortification of endosperm with three vitamins representing three distinct metabolic pathways. *PNAS USA* 106, 7762-7767. doi: 10.1073/pnas.0901412106.
- ONU (2015). United Nations Department of Economic and Social Affairs/Population Division. World Population Prospects: The 2015 Revision, Key Findings and Advance Tables.
- PAINE, J. A., SHIPTON, C. A., CHAGGAR, S., HOWELLS, R. M., KENNEDY, M. J., VERNON, G., WRIGHT, S. Y., HINCHLIFFE, E., ADAMS, J. L., SILVERSTONE, A. L., DRAKE, R. (2005). Improving the nutritional value of Golden Rice through increased pro-vitamin A content. *Nat. Biotechnol.* 23, 482-487. doi: 10.1038/nbt1082.
- PONS, E., ALQUÉZAR, B., RODRÍGUEZ, A., MARTORELL, P., GENOVÉS, S., RAMÓN, D., RODRIGO, M. J., ZACARÍAS, L., PEÑA, L. (2014). Metabolic engineering of  $\beta$ -carotene in orange fruit increases its in vivo antioxidant properties. *Plant Biotechnol. J.* 12, 17-27. doi: 10.1111/pbi.12112.
- SERPA-GUERRA, A. M., VÉLEZ-ACOSTA, L. M., BARAJAS-GAMBOA, J. A., CASTRO-HERAZO, C. I., ZULUAGA-GALLEGO, R. (2016). Compuestos de hierro para la fortificación de alimentos: El desarrollo de una estrategia nutricional indispensable para países en vía de desarrollo. – Una revisión. *Acta Agron.* 65, 340-353. <http://dx.doi.org/10.15446/acag.v65n4.50327>.
- TANG, G., HU, Y., YIN, S-A., WANG, Y., DALLAL, G. E., GRUSAK, M. A., RUSSELL, R. M. (2012).  $\beta$ -Carotene in Golden Rice is as good as  $\beta$ -carotene in oil at providing vitamin A to children. *Am. J. Clin. Nutr.* 96:658-64. Retracted *Am. J. Clin. Nutr.* September 2015 vol. 102 no. 3, 715.
- ZANGA, D., CAPELL, T., SLAFER, G. A., CHRISTOU, P., SAVIN, R. (2016a). A carotenogenic mini-pathway introduced into white corn does not affect development or agronomic performance. *Sci. Rep.* 6, 38288. doi: 10.1038/srep38288.
- ZANGA, D., CAPELL, T., ZHU, C., CHRISTOU, P., THANGARAJ, H. (2016b). Freedom-to-operate analysis of a transgenic multivitamin corn variety. *Plant Biotechnol. J.* 14, 1225-1240. doi: 10.1111/pbi.12488.
- ZHANG, N., SI, H-J., WEN, G., DU, H-H., LIU, B-L., WANG, D. (2011). Enhanced drought and salinity tolerance in transgenic potato plants with a BADH gene from spinach. *Plant Biotechnol. Rep.* 5, 71-77. doi:10.1007/s11816-010-0160-1.